

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Comisión de Estudios de Postgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EVALUACIÓN DE CULTIVARES LOCALES Y MEJORADOS DE
CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.) MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE
TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO CONVENCIONAL Y
PARTICIPATIVO Y ANÁLISIS MOLECULAR**

ORALYS COROMOTO LEÓN BRITO

MARACAY, OCTUBRE 2014

INTRODUCCIÓN GENERAL

En el conjunto de las leguminosas comestibles, la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las más importantes a escala mundial, debido a su distribución en los cinco continentes y por su contribución como complemento nutricional en la dieta alimenticia. Esta leguminosa ha sido un elemento tradicionalmente primordial en América Latina y, en general, en muchos países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva. Esto, principalmente, por su valioso contenido en proteínas, minerales como hierro, calcio y zinc, polifenoles, α -galactósidos y fibra soluble, constituyéndose en un alimento beneficioso para la salud (Granito *et al.*, 2006).

Venezuela, es un país con tradición en la producción e ingesta de caraota (*P. vulgaris* L.) siendo su consumo per cápita de 4,6 kg/persona/año en el 2012, según cifras de Instituto Nacional de Nutrición (INN). De acuerdo a las estadísticas del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra (MPPAT), en el año 2013, la producción de caraota fue de 23.870 t, con un rendimiento de 806 kg ha⁻¹, en una superficie cosechada de 31.052 ha (FEDEAGRO, 2014). Las cifras reflejan que para cubrir la demanda de la población actual, correspondiente a 30 millones de habitantes, es necesaria una producción de 112.987 t. Esto representa un déficit superior al 80%, que el Estado cubre con importaciones. Es así como para el periodo 2008-2010 se menciona la importación de aproximadamente 56.000 t anuales de leguminosas de grano, especialmente caraotas (Pérez *et al.*, 2013). Una de las

limitantes de este rubro en el país es su baja productividad, como consecuencia de los bajos niveles tecnológicos y la poca disponibilidad de semilla de calidad de cultivares mejorados genéticamente, adaptados tanto a las condiciones agroecológicas como socioeconómicas (Pérez, *et al.*, 2013).

El mejoramiento genético de la caraota en Venezuela, se ha centrado en la selección de variedades con potencial de adaptabilidad a un rango amplio de condiciones agroecológicas, con el objetivo principal de lograr variedades de rendimientos superiores, bajo condiciones de manejo intensivo. No obstante, este rubro se cultiva en unidades de producción campesinas no mayores de cinco hectárea (5 ha), en todas las regiones del país. En esas áreas, los agricultores tradicionalmente utilizan semilla de sus cosechas anteriores o intercambios con los vecinos; es decir, predominan los cultivares locales y nativos que le permiten superar en alguna medida las limitaciones en el campo (Lacruz, 1994).

La poca influencia que la investigación ha tenido en la mayoría de los pequeños y medianos agricultores, plantea la importancia de reorientar sus políticas y estrategias. Es indiscutible que los pequeños agricultores en las condiciones actuales no son capaces de responder adecuadamente a la demanda de alimentos, justificándose su modernización. Todo esto implica la necesidad de poner en práctica una metodología de investigación que estimule la participación del agricultor, en todas las fases del proceso, a fin de definir las limitantes y potencialidades de los sistemas de producción involucrados y, a la vez, precisar estrategias adecuadas a sus condicionantes tanto agroecológicas como socio-económicas.

La producción agrícola campesina ha presentado históricamente una vocación natural para el cultivo de las leguminosas y una tecnología propia que ha sido adaptada al medio ecológico tropical; por esto, cualquier plan de expansión del cultivo debe evaluar las bondades de esta forma de producción para incorporarla al plan. En este sentido, es primordial considerar las experiencias y opiniones de los agricultores mediante el intercambio de saberes con los investigadores. Esto con la finalidad de que los programas de mejoramiento genético se ajusten más a las necesidades de las zonas agrícolas, para generar variedades que se adapten a zonas específicas y puedan tener mayor aceptación por parte de los agricultores. Como alternativa, para tal fin, surge la metodología de mejoramiento genético participativo de cultivos, donde se combina el conocimiento y la capacidad de los agricultores con la especialización de los fitomejoradores en la evaluación y selección de variedades o líneas mejoradas (Garver *et al.*, 2008; Viñals *et al.*, 2002).

Estudios isoenzimáticos y moleculares indican que durante el proceso de domesticación de la especie *Phaseolus*, sólo una porción de la diversidad genética presente en las formas silvestres fue domesticada y que pocas plantas dentro de aquellas poblaciones participaron en ese proceso, conociéndose como efecto fundador (Gepts y Debouck, 1991). Por otro lado, la mayoría de los cultivares comerciales de uso actual en Venezuela producto del mejoramiento genético convencional, liberados con una data de más de 40 años, provienen de la introducción de líneas avanzadas de los programas de mejoramiento de otros países, especialmente del Centro

Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y subsiguiente selección individual dentro de esas poblaciones (Voysesst, 2000).

Esas realidades explican la poca variabilidad encontrada en la especie cultivada, lo que a su vez conlleva a la vulnerabilidad del cultivo frente a efectos adversos y la necesidad de disponer de una variabilidad genética diferente. Por tal razón, es importante verificar que los nuevos cultivares a desarrollar tengan orígenes distintos a los cultivares actuales, y distintos entre sí. Tales diferencias genéticas pudieran identificarse con las técnicas moleculares disponibles para esta especie.

Con base en lo planteado, para esta investigación se trazaron los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L.) mediante la integración de técnicas de mejoramiento genético convencional y participativo y análisis molecular.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el comportamiento agronómico y la interacción genotipo-ambiente de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L).
- Identificar la preferencia de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L) por parte de agricultores.
- Estimar la similitud genética entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L) con el uso de técnicas moleculares.
- Identificar cultivares de caraota (*P. vulgaris* L) promisorios en los estados Aragua y Carabobo con la integración de criterios referente a su comportamiento agronómico, estabilidad, preferencia de los agricultores y divergencia genética.

CAPÍTULO I

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y LA INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE DE CULTIVARES LOCALES Y MEJORADOS DE CARAOTA

INTRODUCCIÓN

La caraota (*P. vulgaris* L.) representa la principal y más económica fuente de proteína, en especial de los aminoácidos tiamina y niacina para millones de personas en América Latina y otras regiones del mundo (Gepts y Debouck, 1991). En Venezuela la caraota negra es la leguminosa de mayor consumo y su importancia radica esencialmente en la cantidad y calidad de su contenido protéico (Najul1 y Anzalone, 2006).

Aunque el rubro cuenta con alto potencial productivo, éste se ve afectado por diversos factores, entre los que destacan: la baja densidad de plantas por hectárea, la presencia de insectos plagas y enfermedades, la poca atención que se presta al combate de las malezas durante el desarrollo del cultivo, falta de variedades mejoradas y semillas de calidad (Pérez *et al.*, 2013).

Desde los años 40 se iniciaron en Venezuela los Programas de Mejoramiento Genético de la Caraota, dirigidos por el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), hoy Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

(INIA) y la Universidad Central de Venezuela (UCV). Sus objetivos han estado basados en la obtención de variedades de altos rendimientos, mejora en la arquitectura de la planta para facilitar su cosecha, resistencia a plagas y enfermedades e interacción patógeno-hospedero de las principales enfermedades que afectan al cultivo.

Más del 80% de las variedades que se han generado no se han mantenido en el tiempo, por los diversos problemas que han presentado en los campos de los agricultores. Sin embargo, la caraota es sembrada en casi todas las regiones del país ubicándose la mayor parte de las unidades de producción en condiciones marginales, tanto a nivel agroecológico como socio-económico, influyendo en la baja productividad del rubro (Pérez *et al.*, 2013).

La interacción genotipo x ambiente se define como una respuesta diferencial de distintos genotipos cuando son expuestos a diversos ambientes. Ésta debe reconocerse como un fenómeno que interfiere con la correcta asignación de cultivares desarrollados, pudiendo influir de manera decisiva en la rentabilidad de los sistemas de producción, comprometiendo no sólo su éxito presente, sino su supervivencia en el tiempo (Matzavracó, 2006). Por tal razón, en esta investigación se persigue evaluar el comportamiento agronómico y la interacción genotipo-ambiente de cultivares de caraota en cuatro ambientes, ubicados en dos localidades del estado Aragua y una del estado Carabobo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento agronómico y la interacción genotipo-ambiente de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L.) en diferentes ambientes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el comportamiento agronómico de los cultivares de caraota en cuatro ambientes.
- Determinar la interacción genotipo-ambiente entre cultivares de caraota y sus ambientes de siembra.
- Estimar parámetros de estabilidad del rendimiento de los cultivares de caraota en los diferentes ambientes.

REVISIÓN DE LITERATURA

A. Generalidades del cultivo de caraota

La caraota (*P. vulgaris* L.), llamada también frijol común, frijol judío, poroto, fabas, habichuelas, etc., según la región o país, es una de las leguminosas de grano más importante en el mundo, precedida solamente por la soya (*Glycine max* (L.) Merr.) y el maní (*Arachis hipogea* L.). Este rubro complementa a los cereales y a otros alimentos ricos en carbohidratos, proporcionando así una nutrición adecuada; sobre todo en regiones donde la población tiene un limitado acceso a las proteínas de origen animal (Gaitán *et al.*, 2002; García *et al.*, 2009; Singh, 1999).

P. vulgaris es una especie autógama, diploide ($2n=22$ cromosomas) por lo que todos los cultivares comerciales son líneas puras o mezclas de líneas. (Gaitán *et al.*, 2002, Singh, 2001). Su clasificación botánica, según Strasburger (1994), está representada por:

Super reino: *Eucariota*
Reino: *Plantae*
Subreino: *Tracheobionta* (plantas vasculares)
Subdivisión: *Spermatophytas* (plantas con semillas)
División: *Magniliophytas* (plantas con flores)
Clase: *Magniliopsida* (Dicotiledóneas)
Subclase: *Rosidae*
Superorden: *Fabanae*

Orden: *Fabales*
Familia: *Fabacea (Leguminoseae)*
Subfamilia: *Papilionoidae*
Género: *Phaseolus*
Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

En referencia a su morfología, es una planta anual, herbácea, con sistema radical fasciculado, poco profundo. Tallo herbáceo, cilíndrico o levemente angular siendo su hábito de crecimiento determinado cuando termina en una inflorescencia o indeterminado cuando presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo. Hojas alternas y trifoliadas, variando su forma y tamaño según el cultivar. Las flores son hermafroditas, se presentan en forma de racimos, en número de 6 a 25, donde sus pedúnculos nacen en las axilas de las hojas o en las terminales de algunos tallos, su color es variable (morada, rosadas, blancas, cremas), únicos para cada variedad. En el caso de Venezuela, las variedades más importantes exhiben flores moradas. El fruto es una legumbre o vaina de color, forma y dimensiones variables, en cuyo interior se acomodan de 5 a 8 semillas. Las semillas tienen diversos tamaños, forma (elípticas, arriñonadas) y colores (negro, verde, amarillo jaspeado de marrón o roja, etc.) de acuerdo con el cultivar; siendo las más demandadas por el consumidor de nuestro país las negras (CIAT, 1984; Guzmán, 2005; Morros, 2001).

B. Mejoramiento Genético Convencional de la Caraota

La mejora genética vegetal tiene como fin obtener genotipos que satisfagan las necesidades humanas. En un sentido amplio, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas y de mayores rendimientos económicos (Vallejo y Estrada, 2002). El objetivo principal del mejoramiento genético de plantas es incrementar la calidad y la producción agrícola por unidad de superficie, en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al menor costo posible.

En América Latina, los trabajos de mejoramiento genético de *P. vulgaris* L. como una actividad organizada, se cree que se iniciaron con posterioridad a 1930, siendo México, Brasil y Argentina los primeros en implementar programas de mejoramiento genético (Voyset, 2000). En Venezuela, en la década de los años cuarenta, el Banco Agrícola y Pecuario, señala los primeros registros de producción (25.397 t) de caraota y se da inicio a los programas de mejoramiento, dirigidos principalmente por el FONAIAP (hoy INIA) y desde mediados de los años 70, se incorpora la UCV (Mora, 1998 y Voyset, 2000).

Según Voyset (2000) y Acevedo (2003), en Venezuela se han generado y liberado nueve variedades mejoradas de grano negro de caraota (Cuadro 1). Seis de éstas, han sido obtenidas por selección en cultivares criollos o por la introducción y selección de genotipos provenientes de otros programas de mejoramiento genético, principalmente del CIAT en Colombia (Mora, 1998).

El mejoramiento genético del cultivo se ha basado principalmente en la obtención de variedades con altos rendimientos y buenas características de arquitectura de la planta para la mecanización de la cosecha, en los estudios de herencia de la resistencia a plagas y enfermedades y en las interacciones patógeno-hospedero de las enfermedades más importante que afectan al cultivo en el país (Mora, 1998).

Cuadro 1. Variedades mejoradas de grano negro de caraota (*P. vulgaris* L.) generadas en Venezuela

IDENTIFICACIÓN	LÍNEAS	GENEALOGÍA	AÑO	AUTOR (ES)
Cubagua	S31	Selección individual en muestra de mercado.	1956	Marcano y Linares
Margarita	S439	Selección individual en Negras de Gonzalito	1968	Marcano y Linares
Coche	I-2	Selección individual	1968	Barrios y Ortega
Tacarigua	Ven-44	Selección individual en Ven 44	1972	Barrios y Ortega
Montalban	BAT 58	(G3664 x G4215) x (G4525 x G4485)	1988	Ortega
UCV Manuare	BAT 304	G4495 x g5711	1990	Mora
Tenerife	ICA Pijao	Porrillo Síntético x Mex	1994	Semillas Flor de Aragua
Magdaleno			s/f	SEHIVECA y AGROISLEÑA
Corocito			90	Semillas Flor de Aragua

Fuente; Voysest, O. 2000; Acevedo, 2003

C. Características agronómicas y componentes de rendimiento

La introducción de genotipos implica que, los mismos deben ser descritos tanto agronómica como morfológicamente, con la finalidad de observar los rasgos característicos de la especie y de diferenciar aquellos que varían dentro de la misma especie (Madriz y Luciani, 2002).

Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en constantes y variables. Los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales y, podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.

El comportamiento agronómico de mayor interés es el rendimiento en cuanto al órgano vegetal de uso por el ser humano, en el caso de la caraota, sus semillas. El rendimiento es el resultado de una serie de eventos fisiológicos, a través de los cuales se disminuyen los efectos limitantes (estrés biótico y abiótico) y se incrementan los favorables. En ese sentido, el rendimiento potencial de un genotipo es el resultado de su carga genotípica que le permite enfrentar los factores limitantes y aprovechar los favorables. El rendimiento *per se* es el resultado de una serie de rutas metabólicas y procesos fisiológicos que de manera integral es complejo y que depende de factores directos e indirectos (López y Ligarreto, 2006). Entre los factores directos los de mayor peso son el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso del grano. También existen otros componentes de importancia, entre los que se encuentra la altura de la planta; sin embargo, se consideran como secundarios. De

todos estos, el número de vainas por planta es el componente más correlacionado con el rendimiento (López y Ligarreto, 2006).

El rendimiento es una característica cualitativa muy compleja y que está bajo el control de muchos genes que también están influenciados sustancialmente por factores ambientales (Acosta *et al.*, 2007).

D. Interacción Genotipo-Ambiente

En el mejoramiento de plantas, la consideración sobre la interacción genotipo-ambiente es fundamental en el proceso selectivo, debido a que la mayoría de los caracteres de importancia, entre estos el rendimiento y sus componentes, son métricos. Estos caracteres muestran distribución continua, poseen herencia poligénica y son influenciados significativamente por las variaciones del ambiente. Por otro lado, la evaluación de genotipos en distintos ambientes contrastantes permite recomendar nuevos cultivares a los agricultores de una zona específica.

Los estudios de adaptabilidad y estabilidad del rendimiento son importantes para determinar la respuesta de las variedades en diferentes localidades, años y ciclos del cultivo (López *et al.*, 2011). De allí que, la productividad y/o la estabilidad del sistema de producción dependen del ambiente, del cultivar y de las prácticas culturales empleadas (Lacruz, 1994; Mora, 1998). Conjuntamente, debe ser considerada la relación entre el comportamiento de la planta con las condiciones agroecológicas y de manejo del área de siembra. Una mayor o menor uniformidad y

adaptación de los genotipos influirá en su uso final por parte de los agricultores (Madriz y Luciani, 2002).

Madriz (2009) indica que el comportamiento de un cultivo y la influencia del ambiente y manejo se manifiestan en el rendimiento, donde no solo es importante la producción de altos rendimientos, sino también que se mantenga estable. La estabilidad del rendimiento depende no sólo de los genotipos, sino del ambiente y de la interacción de ambos. Esto, principalmente, si se considera que el logro de la producción está influenciado en rubros como *P. vulgaris* por su variabilidad genética natural, por las condiciones de clima, aunado al efecto del cambio global, que lleva a temperaturas más altas, déficit y excesos hídricos, entre otros elementos.

La selección de cultivares de caraota considerando su incremento de rendimiento agronómico y sus componentes es difícil por las baja heredabilidad y los efectos ambientales sobre su expresión (López y Ligarreto, 2006). La caraota es sembrada en el país en una multiplicidad de ambientes, comprendidos en zonas desde 150 a 2000 msnm, temperaturas de 15°C a 27°C, precipitaciones de 300 y 500 mm de agua de lluvia por ciclo y suelos franco-arenosos o franco-limosos, profundos, fértiles, con pH entre 5,5 y 7,0 (Pérez *et al.*, 2013 y Morros, 2001).

Por lo general, muchos de los ambientes no son adecuados para el cultivo de la caraota; además, se utilizan pocas prácticas culturales y las semillas usadas provienen de su propia cosecha. Este conjunto de hechos inciden que los rendimientos sean bajos (Lacruz, 1994; Mora, 1998).

La expresión fenotípica “rendimiento”, se debe al genotipo, al ambiente y a la interacción genotipo-ambiente (Díaz *et al.*, 2001; Mora, 1983). Kraan y Di Pane (2009), indican que la evaluación de los genotipos en diferentes localidades y a través del tiempo, es importante para estimar las respuestas genotípicas diferenciales bajo diversas condiciones ambientales.

Para la obtención de nuevas variedades es necesario evaluar los genotipos en diferentes ambientes y medir su interacción con el ambiente, la cual proyecta la estabilidad fenotípica de las variedades ante las fluctuaciones ambientales. La estabilidad es considerada como una serie de condiciones intrínsecas de un cultivar que hacen que puedan soportar con menores variaciones entre distintos años las condiciones climáticas de cada sitio Kraan y Di Pane (2009).

Las interacciones genotipo x ambiente son importantes fuentes de variación en cualquier cultivo y el término estabilidad es usado para caracterizar genotipos que muestran rendimientos relativamente constantes, independientemente de las condiciones ambientales cambiantes; en tal sentido, los genotipos con una mínima variación en el rendimiento en diferentes ambientes son considerados estables (Sabaghnia *et al.*, 2006).

La interacción genotipo ambiente, considerada como el cambio diferencial de genotipos de acuerdo a las condiciones ambientales cambiantes, ha sido uno de los principales factores, si no el más importante, que ha obligado a la generación de diferentes metodologías de mejoramiento genético. Este concepto es preponderante tanto en las fases de selección de poblaciones segregantes como en la evaluación de

líneas avanzadas. En el primer caso, la alternativa de diferentes ambientes para la selección de germoplasma, y en el segundo, el establecimiento de ensayos uniformes en la más amplia variedad de condiciones, persiguen la obtención de genotipos estables. Esto es debido a que las variedades mejoradas deben responder favorablemente a las condiciones de producción a que serán sometidas (Rodríguez *et al.*, 2002).

E. Análisis Estadístico

Existen varios modelos estadísticos que permiten interpretar la interacción genotipo-ambiente, los cuales dan información sobre el comportamiento de cada cultivar o genotipo ante los cambios ambientales. Alejos *et al.*, (2006) indican que en esos procedimientos estadísticos se incluyen métodos univariados y multivariados.

Entre los univariados se encuentra el método de Eberhart y Russell (1966), que fué una modificación del método de Finlay y Wilkinson (1963). Ellos definieron la estabilidad de una variedad o genotipo considerando la media aritmética de los datos reales e indicaron que el coeficiente de regresión podía ser utilizado como estimador, para medir la respuesta de cada cultivar a los índices ambientales. También que, la estabilidad de producción podía calcularse por la magnitud de la desviación a partir de regresión lineal; es decir, por el cuadrado medio de la desviación de regresión. Según los autores, un genotipo estable sería aquel con un coeficiente de regresión $\beta_i = 1$ y una desviación de la regresión igual a cero ($S^2_{di} = 0$). Otras combinaciones de β_i

y de S^2_{di} serían inestables. Carbonell y Pompeu (2000), trabajando con cultivares de caraota, concluyeron que con este tipo de método es posible dirigir la recomendación de cultivares con una escogencia de líneas más adaptadas y de mejor respuesta por época de cultivo.

Cruz *et al.* (1989) propusieron la regresión segmentada en el análisis de la interacción $G \times A$ para obtener estimadores de la estabilidad del rendimiento, basados en tres parámetros, siendo β_o el intercepto de la recta de regresión (rendimiento promedio del genotipo) y $\beta_1 + \beta_2$ el comportamiento general del genotipo en ambientes desfavorables e introducen el concepto de la estabilidad “bi-segmentada”. Estos autores consideraron que la estabilidad puede ser analizada en dos etapas. La primera radica en un análisis de varianza combinado para medir la significación de la interacción $G \times A$, sobre la subdivisión del cuadrado medio de ambiente/genotipo. La segunda etapa se basa en un análisis de regresión lineal del promedio de los cultivares, que se efectúa para cada variedad como una función de un índice ambiental, obteniéndose así los índices de estabilidad y considerando la respuesta como un bi-segmento.

Entre las diversas técnicas multivariadas disponibles, la más usada es el modelo de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI: Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Method), descrito por Gauch (1988), Zobel *et al.* (1988), y Crossa *et al.* (1990).

Gauch y Zóbel (1996) reportan que el modelo AMMI es útil para entender la compleja interacción genotipo x ambiente, ganando precisión, mejorando el proceso

de selección e incrementando la eficiencia experimental. El modelo es rutinariamente un análisis de primera elección cuando el efecto principal y de interacción es importante, situación mayoritariamente común para los estudios del rendimiento.

El método AMMI no sólo permite estimar estabilidad, sino, también evaluar localidades y como consecuencia clasificar los ambientes (Crossa *et al.*, 1990). El método, explica inicialmente los efectos principales de genotipos y ambientes mediante un análisis de varianza convencional. Posteriormente, describe la parte no aditiva correspondiente a la interacción genotipo x ambiente, por medio de un análisis multivariado de componentes principales (Crossa, 1990). A partir del primer componente principal, en caso de representar un porcentaje aceptable de la interacción, es posible generar una gráfica junto con el rendimiento de grano (biplot) y representar las similitudes de genotipos o de ambientes (Rodríguez *et al.*, 2002). El modelo AMMI es la combinación de una técnica estadística univariada, con una técnica multivariada, la cual, según Crossa *et al.* (1990), permite una mejor comprensión de la interacción genotipo x ambiente y mejores estimadores de la estabilidad de rendimiento. González *et al.* (2007), en un estudio sobre la comparación de tres métodos para estimar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón concluyó que el modelo AMMI fue el que mejor asoció la respuesta de las variedades más rendidoras a ambientes específicos. Además, fue el método más informativo y sencillo de interpretar.

El índice de superioridad (P_i) de Lin y Binns (1988) es un método sencillo que incorpora la estabilidad y adaptabilidad conjuntamente con la productividad, en un

solo estadístico. Es utilizado principalmente para valorar la estabilidad cuando se carece de una estructura experimental, para mantener el mismo ensayo o los testigos en las evaluaciones realizadas. Se calcula a partir de la suma de cuadrados de las diferencias entre el genotipo de interés con respecto al genotipo de máximo rendimiento de cada ambiente de evaluación (M_j); por lo que, representa al cuadrado medio del efecto conjunto de genotipos y la interacción genotipo-ambiente. Al calcularse con referencia a la máxima respuesta, determina la adaptabilidad en un sentido general.

De acuerdo a Lin y Binns (1988) un genotipo estable es aquel que presenta el menor índice P_i . Los mismos autores propusieron un segundo índice asociado únicamente a la interacción genotipo-ambiente, cuando el cuadrado medio (P_i) es menor al cuadrado medio del error conjunto, indicando que existe paralelismo entre la respuesta máxima y el genotipo particular. Esto facilitará al fitomejorador la toma de decisión, al seleccionar con base al índice de superioridad únicamente. En caso contrario, se debe examinar la adaptabilidad de cada genotipo en cada ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

A. Material vegetal

Se evaluaron 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), entre locales y mejorados (Cuadro 2). Los locales se encuentran incorporados en la Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos (UCRFG) de INIA–CENIAP y en el Banco de Germoplasma de la UCV-Maracay; son provenientes de colectas en siembras de pequeños agricultores, en diversas localidades del país. Los mejorados corresponden a líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético del INIA-CENIAP y de la UCV; así como, a las variedades comerciales más sembradas en Venezuela. Estos cultivares de caraota fueron seleccionados, principalmente, por el color de la semilla, siendo todas negras. En el caso de los cultivares locales fueron escogidos aquellos que provienen de las principales zonas de producción de caraota del país y considerados por los agricultores de buena adaptación y rendimiento.

B. Evaluación Agronómica

1. Ubicación y características de los ambientes donde se establecieron los ensayos de campo.

1.1. Ambientes

Los ambientes estuvieron definidos por cada localidad y año de evaluación, por lo que se generaron cuatro ambientes descritos en el Cuadro 3. Las localidades correspondieron a la Estación Experimental “Samán Mocho”, situada en las cercanías

de la población de Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo; Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agrícola (CENIAP)-INIA, Av. Universidad, vía El Limón, municipio Mario Briceño Iragorry y Zuata, Sector Punta del Monte, Embalse de Zuata, en el estado Aragua.

Cuadro 2. Identificación de los 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados por su comportamiento agronómico en cuatro ambientes

N°	IDENTIFICACIÓN	PROCEDENCIA
CULTIVARES LOCALES		
1	I-2011/DP-02-98-008	Carabobo
2	I-2019/MGM-02-99-006	Aragua
3	I-2041/MEM-01-00-006	Lara
4	I-2148/DP-03-01-026	Guárico
5	I-2162/CQ-04-01-001	Trujillo
6	I-2208/AB-02-01-017	Apure
7	I-2226/MGM-08-02-001	Sucre
8	I-2254/MGM-08-02-056	Sucre
9	I-2363/MGM-10-02-097	Mérida
10	I-2368/MGM-10-02-102	Mérida
11	I-2494/DON-12-06-010	Lara
12	El Chino	Aragua
		Banco de Germoplasma de la UCV-Maracay
LINEAS AVANZADAS		
13	Gen-3/SA016F2-1-1-MS-6-3	Programa de Mejoramiento Genético del INIA-CENIAP-Maracay
14	Gen-10/SA018F2-3-4-1-3-1-2	
15	Gen-12/SA018F2-3-5-MS-MS-MS	
16	Gen-16/SA024F2-19-2-5-10-6-3-2	
17	Gen-18/SA029F2-MS-MS-MS-MS	
18	Gen-19/SEL-13	
19	UCV- 27/XAN154 x MEM3031013F2:7	Programa de Mejoramiento Genético de la UCV-Maracay
20	UCV- 28/XAN154 x MEM3031013F2:7	
21	UCV- 56/XAN154 x MEM3031013F2:7	
22	UCV- 88/XAN154 x MEM3031013F2:7	
23	UCV- 96/XAN154 x MEM3031013F2:7	
24	UCV- 100/XAN154 x MEM3031013F2:7	
CULTIVARES COMERCIALES		
25	Magdaleno	SEHIVECA-Privado
26	Tacarigua (Línea: Ven 44, Año: 1972)*	Selección individual en Ven 44*
27	Corocito	SEFLOARCA-Privado
28	Tenerife (Línea: ICA Pijao, Año: 1994)*	Porrillo Sintético x Mex 11*
29	Montalbán (Línea: BAT 58, Año: 1988)*	(G3664 x G4215) x (G4525 x G4485)*
30	Manuare (Línea: BAT 304, Año: 1990)*	G4495 X G5711*

* Fuente: Voysest V., O., 2000

Cuadro 3. Ubicación y características generales de los ambientes donde se establecieron los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.)

Ambiente	Localidad/Época/Año	Latitud/Longitud	Altitud (msnm)	Fecha de siembra/Cosecha
A1	Samán Mocho/ norte-verano 2010-2011	10° 05' 58" N/ 67°51'40" W	425	01-11-2010/ 08-02-2011
A2	Samán Mocho/ norte-verano 2011-2012	10° 05' 58" N/ 67°51'40" W	425	02-11-2011/ 23-01-2012
A3	CENIAP-Maracay/ norte-verano 2011-2012	10° 17' N/ 67°37' W	455	12-12-2011/ 21-03-2012
A4	Zuata/ norte-verano 2011-2012	10°13'40"N/ 67°20'01"W	550	26-10-2011/ 13-01-2012

Fuente: MARNR, 2003; Facultad de Agronomía-UCV, 2010, Estación Agrometeorológica CENIAP-INIA, Maracay

1.2. Características edafoclimáticas de los ambientes

Previo al establecimiento de los ensayos, en cada ambiente, se practicaron los análisis de suelo de las áreas de siembra, para determinar sus características físicas y químicas. Los análisis se efectuaron en la Unidad de Servicio de Análisis de Suelo-Agua-Planta del CENIAP-INIA, Aragua, para el caso de las muestras de Samán Mocho, ciclo norte-verano 2010-2011 y del Campo Experimental CENIAP-INIA en Maracay, ciclo norte-verano 2011-2012. Las muestras de Samán Mocho y Zuata correspondientes al ciclo norte-verano 2011-2012 fueron analizadas en el Laboratorio General de Suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV.

Durante el período de los ensayos se llevó un registro quincenal de los datos climáticos de las zonas, basados en los parámetros de precipitación (mm), evaporación (mm), temperatura (°C) máxima, mínima y media, humedad relativa (%) máxima, mínima y media, insolación (horas luz) y radiación (cal.cm⁻²). Para los

ambientes 1 y 2, se contó con el apoyo de la estación climatológica de la E. E. “Samán Mocho”, de la FAGRO-UCV, estado Carabobo.

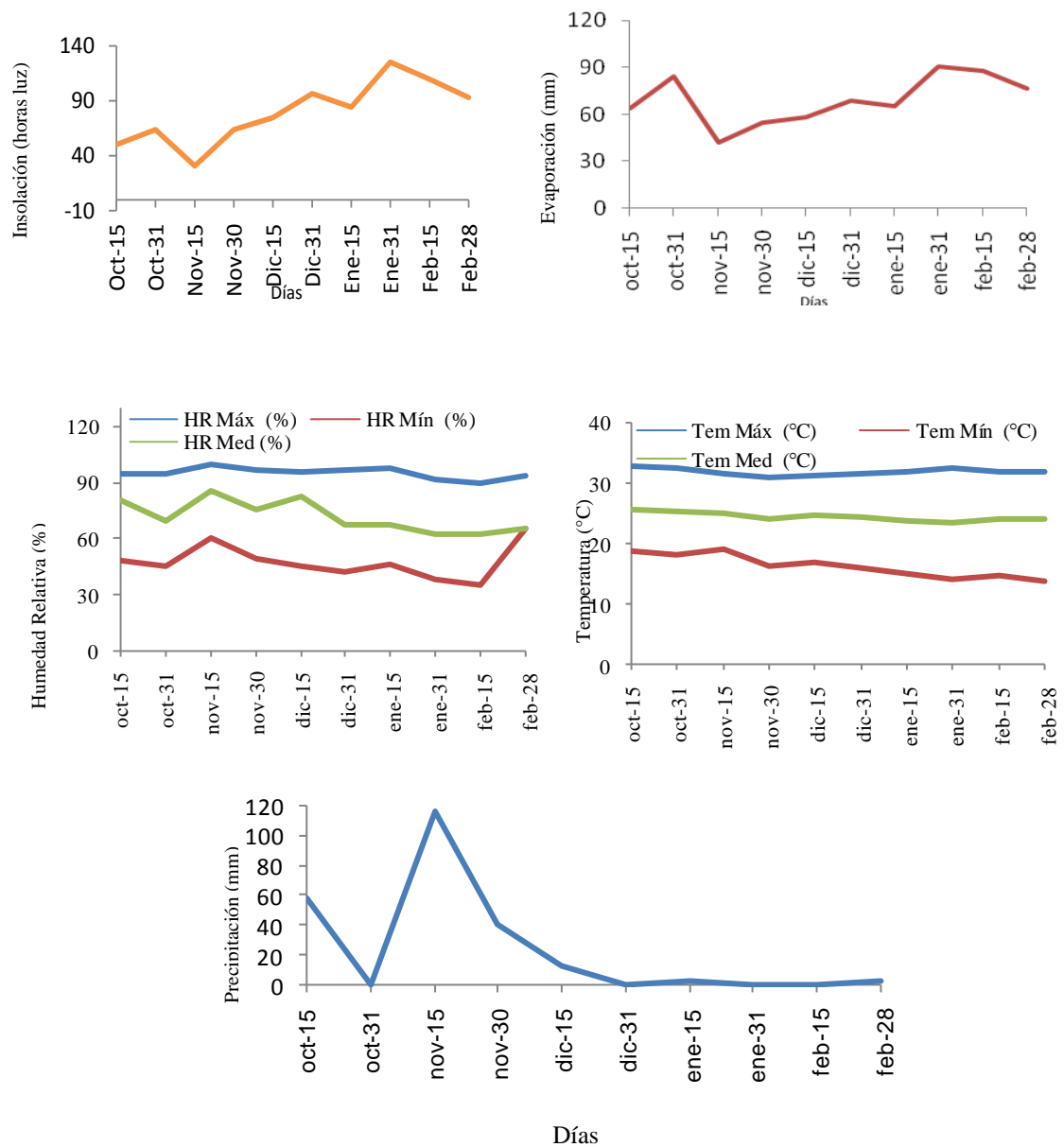


Figura 1. Condiciones de insolación, evaporación, humedad relativa, temperatura y precipitación registradas cada 15 días, durante el ensayo de cultivares de caraota en Samán Mocho, estado Carabobo, periodo 2010-2011

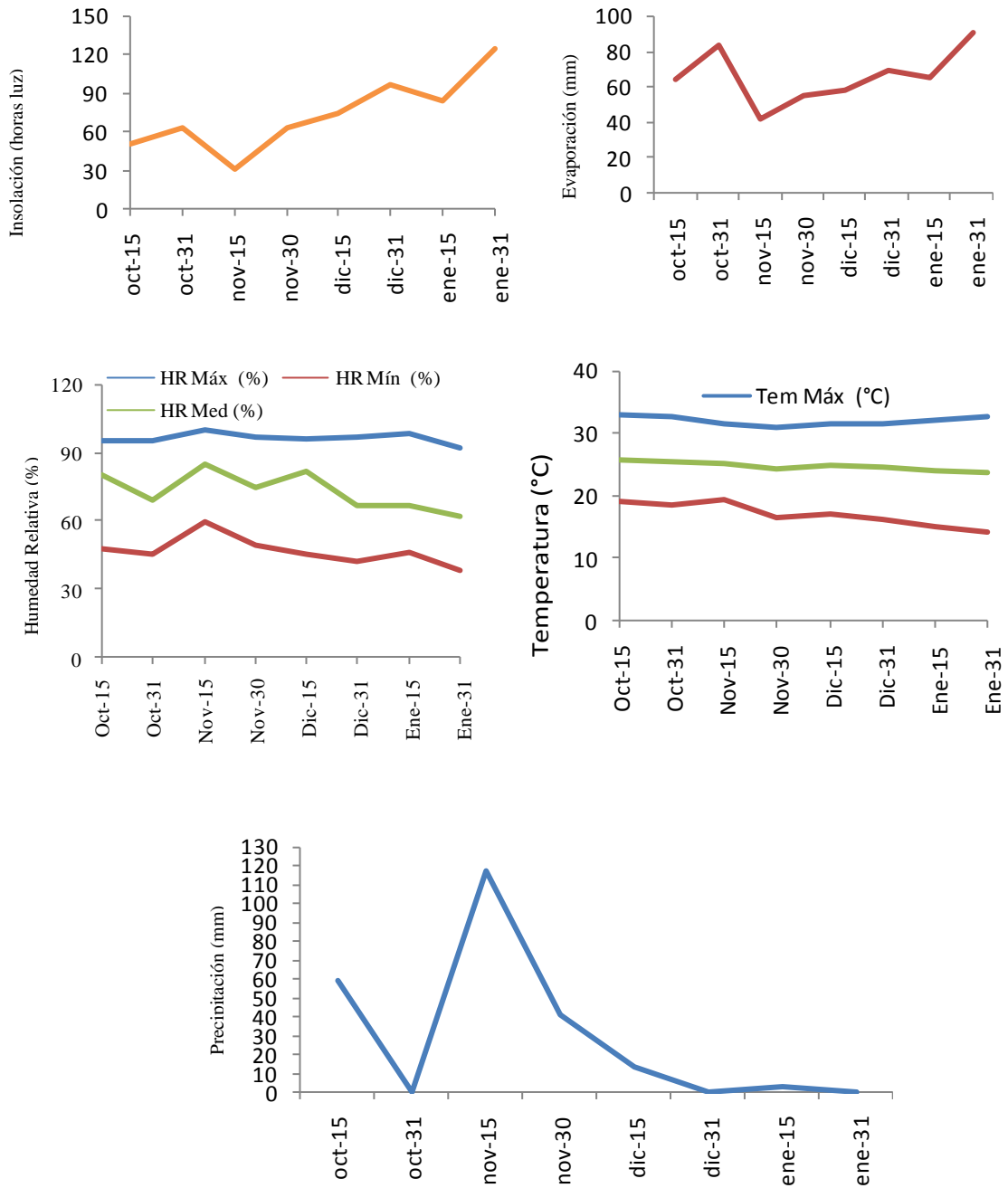


Figura 2. Condiciones de insolación, evaporación, humedad relativa, temperatura y precipitación registradas cada 15 días, durante el ensayo de cultivares de caraota en Samán Mocho, estado Carabobo, periodo 2011-2012

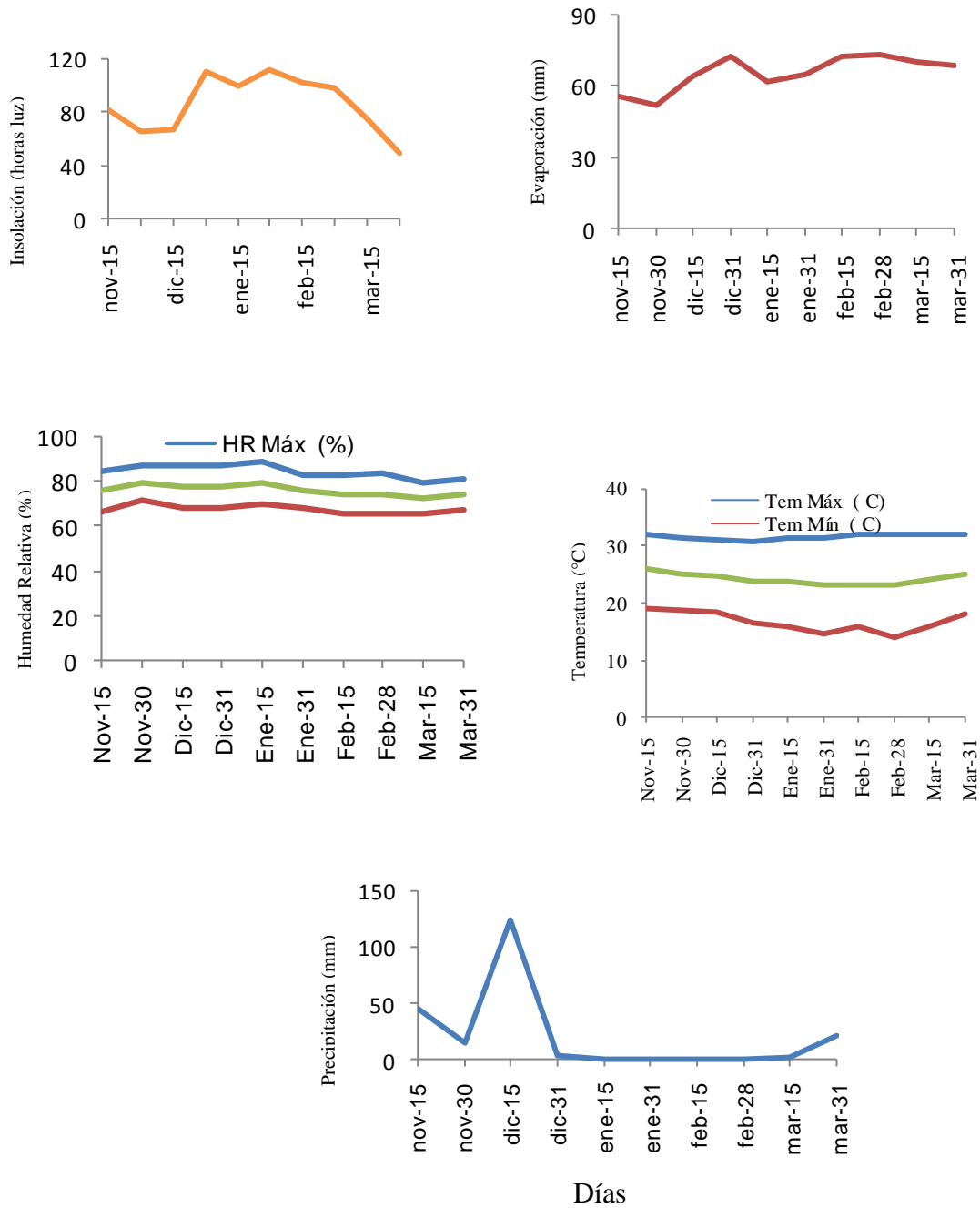


Figura 3. Condiciones de insolación, evaporación, humedad relativa, temperatura y precipitación registradas cada 15 días, durante el ensayo de cultivares de caraota en CENIAP-Maracay estado Aragua, periodo 2011-2012

Para el ambiente 3 la información climática se obtuvo de la Red Agrometeorológica del INIA reportada en la página web: [agrometeorologia.inia.gob.ve.](http://agrometeorologia.inia.gob.ve), Estación del CENIAP-INIA en Maracay, estado Aragua. Para el ambiente 4 no se consiguió información climatológica.

2. Diseño Experimental

En todos los ambientes, los ensayos se establecieron de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar en arreglo alfa láttice de 10 x 3, con dos repeticiones. La escogencia del arreglo se basó en el alto número de cultivares que se evaluaron y el tamaño de la unidad experimental que, dependiendo del suelo y el manejo agronómico, pudieran limitar la condición de uniformidad dentro de las repeticiones. Con el uso del arreglo de cultivares y bloques en alfa láttice, la posible desuniformidad dentro de cada repetición se puede distribuir entre los bloques.

3. Unidad Experimental

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por cuatro (4) hileras en camellones de 3 m de largo, con una separación entre hilo de 0.6 m y 0,20 m entre plantas, para un área de parcela de 7,2 m². Los cultivares se sembraron aleatoriamente en las parcelas. Las evaluaciones se realizaron en los dos hilos centrales de cada parcela (3,6 m² de unidad experimental).

4. Manejo Agronómico

a) Preparación del suelo. Se realizó de acuerdo a las labores que ejecutan los agricultores de caraota en cada zona, correspondiendo a tres pases de rastra y surcadora para la preparación de los camellones.

b) Siembra. Se colocaron de 3 semillas por punto; luego de la emergencia se entresacaron para dejar una densidad de 10 plantas por metro lineal, para una población final de 166.667 plantas ha⁻¹.

c) Fertilización. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante de fórmula completa 15-15-15 (A1 y A4) y 10-20-20 (A2 y A3) a razón de 300 kg ha⁻¹ y re-abono con urea en una proporción de 50 kg ha⁻¹, antes de la floración (20 días después de la siembra). Estos fueron aplicados en bandas superficiales a chorro corrido y luego se aporcó. En A2 y A3, fue necesario aplicar abono foliar (Nitrofoska) a razón de 2 Lha⁻¹, a los 28 días después de la siembra; a fin de, inducir el crecimiento del follaje de las plantas, debido a su pérdida por una alta incidencia de coquitos perforadores (Coleoptera: Chrysomelidae).

d) Riego. Para suplir la demanda de agua del cultivo se aplicó riego complementario, con una lámina de agua suficiente para mojar adecuadamente el terreno, cuando fue necesario. Se utilizaron los equipos de riego disponibles en las áreas de siembra. En A4 se aplicó riego por aspersión y en los ambientes A1, A2 y A3 por gravedad.

e) Control de malezas. Al momento de la siembra, se aplicó la combinación de Pendimetalin (Nombre comercial Prowl) y Linurón (Nombre Comercial Afalex)

como herbicidas pre-emergentes, en dosis de 3 Lha⁻¹ y ½ Lha⁻¹, respectivamente. Antes de la floración y del reabono con Urea (abono nitrogenado) se aplicó los herbicidas post-emergentes R-2-[4-(5-trifluorometil-2-piridiloxy) fenoxi] ac.propiónico] (Nombre comercial: H1 Súper 2000), Fomesafen (Comercial: Flex) y Bentazone (Nombre comercial: Basagran 480) en dosis de 2 Lha⁻¹, 1 Lha⁻¹ y 2 Lha⁻¹, respectivamente. En el caso, de los ensayos de A2 y A4 también se realizó una limpieza manual con machete.

f) Control de insectos plagas y enfermedades. En A2 y A3 se presentó una alta incidencia de coquitos perforadores (Coleoptera: Chrysomelidae), que fueron controladas con la aplicación de Metomil 90% (Nombre comercial: Lannate) a razón de 1 Lha⁻¹, a los 23 días después de la siembra.

5. Características agronómicas evaluadas.

Se evaluaron características agronómicas, correspondientes a las siguientes variables:

5.1. Desarrollo Vegetativo.

- **Plantas establecidas 15 días después de la siembra (dds).** Se contó el número de plantas a los 15 dds en cada parcela y repetición, y se calculó el porcentaje de plantas establecidas con respecto al número de semillas sembradas.

- **Sobrevivencia de las plantas al momento de la cosecha.** Se contó el número de plantas al momento de la cosecha en cada parcela y repetición y se calculó el porcentaje de sobrevivencia con respecto al número de plantas a los 15 dds.
- **Vigor.** Según la apariencia general de las plantas en cada parcela, se les clasificó en una escala de 1 a 5, considerándose 1 menos vigorosa y 5 más vigorosa. La evaluación se realizó en la etapa de floración, a los 41 dds.
- **Altura de planta.** Se midió en centímetros, al comienzo de la madurez fisiológica, en 10 plantas tomadas al azar por parcela experimental, desde la cicatriz de los cotiledones hasta el dosel de la planta.

5.2. En cosecha.

- **Rendimiento.** Al momento de la cosecha, cuando los frutos estaban en madurez comercial se contaron el número total de plantas de las dos hileras centrales de la parcela. Se cosecharon todos los frutos, los cuales se contaron y pesaron. Seguidamente, los frutos se trillaron, y las semillas se pesaron, y se determinó el porcentaje de humedad. De esta manera se calculó el rendimiento ajustado al 12% humedad, y se expresó como gramos por planta (g planta^{-1}) y luego se estimó en kg ha^{-1} .
- **Componentes del rendimiento.** Al momento de la cosecha se tomaron 10 plantas al azar de las dos hileras centrales de cada unidad experimental. De estas plantas se tomaron todos sus frutos, se contaron y pesaron. Seguidamente se trillaron y se midió la humedad de las semillas en porcentaje

a fin de ajustarla al 12%. Con tales medidas se calculó los siguientes componentes:

- a. Número promedio de frutos por planta (NFP).
- b. Peso promedio de fruto (PF).
- c. Número promedio de semillas por vaina (NSV).
- d. Peso promedio de 100 semillas (P100S) al 12% de humedad.

6. Análisis Estadístico.

6.1. Estadística descriptiva

Los datos obtenidos de las características en el desarrollo del cultivo, % de plantas establecidas 15 dds, % sobrevivencia al momento de la cosecha, vigor y altura de planta y en cosecha, rendimiento y sus componentes, en cada ambiente, se les determinó los estadísticos media, desviación estándar (S), valor mínimo, valor máximo, simetría, kurtosis y normalidad.

6.2. Análisis de varianza individual

Después de verificar los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia de los errores se realizó el análisis de varianza (ANAVAR) para cada variable evaluada, por ambiente, según el diseño utilizado (Cuadro 4) y el modelo lineal aditivo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + R_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Repetición del i-ésimo cultivar del j-ésimo repetición

μ = Efecto de la media general

C_i = Efecto del i-ésimo cultivar

R_j = Efecto del j-ésimo repetición

ε_{ij} = Error experimental asociado al i-ésimo genotipo en el j-ésimo repetición.

Cuadro 4. Fuentes de variación y ecuaciones de los cuadrados medios del análisis de varianza por ambiente para diferentes variables evaluadas en 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.)

Fuente de Variación (F de V)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados Medios Esperados (CM)
Repetición (R)	$r-1=1$	$\sigma_\varepsilon^2 + c \sigma_r^2$
Cultivares (C)	$c-1=29$	$\sigma_\varepsilon^2 + r \sigma_c^2$
Error Experimental	$(r-1)(c-1)=29$	σ_ε^2
Total	$rc-1=59$	

r y c, se refieren a: repeticiones y cultivares, respectivamente

La estadística descriptiva y análisis de varianza individual fueron realizados con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

6.3. Interacción genotipo por ambiente (G x A)

6.3.1. Análisis de varianza combinado

Previo al análisis combinado, se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas de los cuadrados medios del error experimental de los cuatro ambientes. Se realizó mediante la prueba de varianzas iguales, según Bartlett (1934), y se utilizó el Programa estadístico Minitab, versión 16,6.

Para el análisis se utilizó un modelo de efectos fijos, considerando cultivares y ambientes fijos. El modelo lineal aditivo se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + B(A)_{jk} + A_j + CA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : Promedio

μ : media general.

C_i : efecto del i -ésimo tratamiento (cultivares), $i = 1, 2, \dots, 30$

$B(A)_{kj}$: efecto de la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente. $j = 1, 2; k = 1, \dots, 4$

A_k : efecto del k -ésimo ambiente. $k = 1, 2, \dots, 4$

$(CA)_{ij}$: efecto de la interacción cultivares x ambiente

ε_{ijk} : error experimental.

Las fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios esperados para el análisis de la varianza combinado se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Fuentes de variación y ecuaciones de los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para diferentes variables evaluadas de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en cuatro ambientes

Fuente de Variación (F de V)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados Medios Esperados (CM)
Ambientes (A)	a-1	$\sigma_\varepsilon^2 + c\sigma_{ra}^2 + rc\sigma_a^2$
Bloques (Ambientes)	a(r-1)	$\sigma_\varepsilon^2 + c\sigma_{ra}^2$
Cultivares (C)	c-1	$\sigma_\varepsilon^2 + r\sigma_{ca}^2 + ar\sum\sigma^2/(c-1)$
C x A	(a-1)(c-1)	$\sigma_\varepsilon^2 + r\sigma_{ca}^2$
Error Experimental	a(r-1)(c-1)	σ_ε^2
Total	acr-1	

a, r, c, se refieren a: ambiente, bloques (repeticiones) y cultivares, respectivamente

El análisis combinado se realizó con el programa estadístico GENES 1.

6.3.2. Comparación de Medias

Se realizó mediante la prueba de medias de Duncan, a un nivel de probabilidad de 5%, en aquellas variables que presentaron diferencias significativas, en la interacción cultivar x ambiente. En los casos donde no hubo interacción, la prueba de Duncan se realizó para el efecto simple de cultivares o ambientes, dependiendo de la significancia. Los datos fueron procesados con el programa estadístico Minitab versión 16,6.

6.4. Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad sólo se realizó para el rendimiento en kg ha⁻¹. Se utilizaron diferentes modelos referidos a continuación:

6.4.1. Eberhart y Russell (1966), basado en la regresión, cuyo modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = X_{ij} + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el promedio del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente

X_{ij} , promedio del i -ésimo genotipo sobre todos los ambientes

β_i , coeficiente de regresión lineal que mide la respuesta del i -ésimo genotipo en los diferentes ambientes.

I_j , índice del j -ésimo ambiente

δ_{ij} , desviación a partir de la línea de regresión correspondiente al i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente

ε_{ij} , error experimental

El primer parámetro de estabilidad es el coeficiente de regresión lineal β_i , se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\beta_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$$

La variable independiente I_j (Índice ambiental) se obtiene como la diferencia entre el promedio ambiental menos el promedio general:

$$I_i = \frac{\sum Y_{ij}}{t} - \frac{\sum \sum Y_{ij}}{ta}$$

$$\sum I_j = 0$$

La desviación δ_{ij} se estima mediante el parámetro S_{di}^2 , que mide la estabilidad del rendimiento y su estimado se obtiene restando de un componente no-lineal de la interacción (cuadrado medio de la desviación de regresión) un estimado del error combinado atribuible a los tratamientos (cultivares).

$$S_{di}^2 = \left[\sum \frac{\delta_{ij}^2}{(a-2)} \right] - \sigma_e'^2$$

donde:

$$\sum \delta_{ij}^2 = \left[\sum Y_{ij}^2 - \frac{\sum Y_{i.}^2}{a} \right] - \left[\frac{\sum (Y_{ij} I_j)^2}{\sum I_j^2} \right]$$

$$\sigma_e'^2 = \frac{\sigma_e^2}{r}$$

$\sigma_e'^2$ = error combinado

r= número de repeticiones en cada ambiente

Las pruebas estadísticas de significación para β_i y S_{di}^2 son de “t” y de “F”, respectivamente. De acuerdo a Eberhart y Russell (1966) un genotipo estable es aquel que presenta un $\beta_i=1$ y $S_{di}^2=0$.

6.4.2. Cruz, Torres y Vencovsky (1989), apoyado en la regresión bi-segmentada y representada por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}X_j + \beta_{2i}T(X_j) + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el promedio del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente

β_{0i} , intercepto de la ecuación de regresión= media de genotipos

β_{1i} , coeficiente de regresión lineal asociado con X_j

β_{2i} , coeficiente de regresión lineal asociado con TX_j

δ_{ij} , desviación a partir de la línea de regresión correspondiente al i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente

ε_{ij} , error experimental

X_j = Índice ambiental definido por:

$$X_j = \frac{Y_{.j}}{m} - \frac{Y_{..}}{mn}; \text{ donde } \sum_{j=1}^n X_j = 0$$

$$T(X_j) = 0; \text{ si } X_j \leq 0$$

$$T(X_j) = X_j - X_p; \text{ si } X_j > 0 \text{ donde}$$

X_p = promedio de los índices ambientales positivos

$$\sum_{j=1}^n T(X_j) = \sum_{j=1}^{n1} T(X_j) = \sum_{j=n1+1}^n T(X_j) = 0$$

$n1$ = número de ambientes desfavorables (X_j negativos)

$n-n1$ = número de ambientes favorables (X_j positivos)

6.4.3. AMMI (Gauch, 1988), que consiste en combinar las técnicas del análisis de varianza y el análisis de componentes principales (CP) en un solo modelo, donde el análisis de varianza permite estudiar los efectos principales de los genotipos y ambientes y los análisis de CP la interacción G x A, la cual es tratada de forma multivariada para su interpretación.

El modelo AMMI se presenta en la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k a_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es el promedio del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente

μ , media general

g_i , el efecto genotípico y a_j , efecto del ambiente

n , número de componentes principales retenidos en el modelo

λ_k , raíz cuadrada del vector propio del componente principal del eje k

α_{ik} y γ_{jk} , valores de los componentes principales para el eje k del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente.

ε_{ij} , error experimental.

Todos los análisis fueron realizados con el programa GENES 2.01 (MS DOS) de la Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais.

6.5.4. Índice de Superioridad (P_i) de Lin y Binns (1988), basado en un análisis no paramétrico.

Este índice de superioridad (P_i) se calcula a partir de la suma de cuadrados de las diferencias entre el genotipo de interés (X_{ij}) con respecto al genotipo de máximo rendimiento de cada ambiente de evaluación (M_j); esto representa al cuadrado medio del efecto conjunto de genotipos y la interacción GxA (Rodríguez *et al.*, 2002; Acevedo *et al.*, 2010). En este método, el patrón de comparación es la máxima respuesta en cada ambiente.

El estadístico P_i es obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{(2n)}$$

Donde n es el número de ambientes

El genotipo estable es aquel que presente el menor índice de P_i . Como los valores de P_i son calculados sobre todos los ambientes, estos representan superioridad en el sentido de adaptabilidad general. Es decir, que la significancia del método indica que el genotipo con P_i menor será el superior y el más estable en los ambientes evaluados (Abreu *et al.*, 1996; Madriz, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los suelos

Los análisis físicos y químicos de los suelos donde se establecieron los ensayos, de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), se muestran en el Cuadro 6. Los suelos presentan una textura predominante Franco, con la excepción en los ambientes 1 y 2 (A1 y A2) acompañados de un mayor porcentaje de arcilla, ubicándolos en una textura Franco-Arcillosa. Esos dos ambientes corresponden a la localidad de Samán Mocho.

Cuadro 6. Análisis físicos-químicos de suelos de los ambientes donde se establecieron los ensayos de caraota (*P. vulgaris* L.)

Análisis/Localidad	A1 ¹	A2 ²	A3 ¹	A4 ²
Mecánico:				
Arena (%)	32	32	50	48
Limo (%)	36	35,6	32	37,6
Arcilla (%)	32	32,4	18	14,4
Textura	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso	Franco	Franco
Químico:				
Fósforo (mg.kg ⁻¹)	52 (Alto)	193,64 (Muy alto)	32 (Alto)	374,66(Muy alto)
Potasio (mg.kg ⁻¹)	130 (Alto)	92 (Medio)	99 (Medio)	204,8(Muy alto)
Calcio (mg.kg ⁻¹)	2000 (Alto)	3138,4 (Muy alto)	588 (Alto)	1741,6 (Alto)
Sodio	-	44,8 (Bajo)	-	23,2 (Bajo)
Magnesio (mg.kg ⁻¹)	200 (Alto)	464 (Muy alto)	>200 (Alto)	43,2 (Medio)
Materia Orgánica (%)	7,54 (Alta)	12,21 (Muy alto)	2,66(Media)	2,24 (Media)
Ph	7,20	7,58	6,50	5,56
Conductividad Eléctrica (dS.m ⁻¹)	0,44 (Media)	0,33 (Baja)	0,11 (Baja)	0,35 (Baja)

Fuente: ¹Unidad de Servicio de Análisis de Suelo-Agua-Planta. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) INIA Aragua. ²Laboratorio General de Suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV

El análisis químico, mostró pH en un rango de 5,56 (A4) hasta 7,58 (A2), porcentaje de materia orgánica desde media (2,24%; A4) a muy alta (12,21%; A2). El contenido de fósforo fue desde alto (32 mg.kg⁻¹, A3 y 52 mg.kg⁻¹, A1) a muy alto

(374,66 mg.kg⁻¹, A4 y 193,64 mg.kg⁻¹, A2), de potasio desde medio (92 mg.kg⁻¹, A2) hasta muy alto (204,8 mg.kg⁻¹, A4) y calcio de alto (588 mg.kg⁻¹, A3) a muy alto (3138,4 mg.kg⁻¹, A2). El magnesio presentó contenidos desde medio (43,2 mg.kg⁻¹, A4) a muy alto (464 mg.kg⁻¹, A2). El contenido de sodio fue bajo y sólo está reflejado en A2 y A4. Estos resultados representan condiciones adecuadas de suelos, para la siembra del cultivo de la caraota (Pérez *et al.*, 2013, Acevedo, 2003 y Morros, 2001), por lo que no se espera limitaciones por fertilidad o textura del suelo para la producción.

Evaluación Agronómica

1. Estadística descriptiva

Los valores medios y otros estadísticos descriptivos de las diferentes variables evaluadas en las etapas de desarrollo vegetativo, rendimiento y sus componentes de 30 cultivares de caraota en 4 ambientes se presentan en el Anexo 4. E. Las variables que presentaron mayor variabilidad fueron: AP (cm), R (kg ha⁻¹) y PSP (g planta⁻¹) al 12% de humedad, NFP y P100S.

1.1. Porcentaje de Plantas Establecidas 15 días después de la siembra (%PE15 dds).

La variable %PE15 dds presentó una distribución normal de los datos en los cuatro ambientes. El valor promedio entre los cuatro ambientes fue de 79,75% pe15 dds, comprendido en un rango entre 69,85% y 85,82%, en los ambiente 3 y 1, respectivamente. La variación dentro de los ambientes fue desde 22% hasta 100%.

Los valores de esta característica muestran variación tanto de los cultivares evaluados como en los diferentes ambientes.

1.2. Porcentaje de Supervivencia de Plantas Cosechadas (%SPC).

El %SPC presentó una distribución normal de los datos en los diferentes ambientes evaluados. El valor promedio de los ambientes fue de 70,52%, comprendido en un rango de 52,02% y 79,17%, representado en los ambientes 4 y 1, respectivamente; siendo el primero el único %SPC que estuvo por debajo del valor promedio. En cada uno de los ambientes también se presentó una variación en el %SPC, en un rango de 10% en el A1 hasta 100% en A2 y A3. Estos resultados denotan una mayor variación entre cultivares, para la variable evaluada.

1.3. Vigor

La distribución de la variable vigor fue normal en los cuatro ambientes donde se evaluaron los 30 cultivares de caraota. El valor promedio fue de 3,65 comprendido en un rango entre 3,35 y 3,83, donde el menor valor fue del A3 y el mayor valor del A2. En los ambientes 2; 3 y 4 el rango de vigor estuvo comprendido desde 1 a 5; sin embargo, en el ambiente el rango fue de 2 a 5. Angola y Hernández (2010), encontraron un valor promedio de vigor de 4,25 en un rango desde 3 hasta 5, en una evaluación agronómica de líneas promisorias de caraota en Samán Mocho, año 2010; localidad que también sirvió de ambiente durante dos ciclos, en la presente investigación.

1.4. Altura de Planta (AP)

Los valores promedios de la AP estuvieron entre un rango de 51,24 cm y 114,93 cm, reflejados en los ambientes 4 y 1, respectivamente. Al considerar los cuatro ambientes el promedio de AP fue de 82,2 cm, superado por los ambiente 1 y 2; ambos correspondientes a la localidad de Samán Mocho, aunque los cultivares fueron evaluados en diferentes ciclos de siembra. Los valores de esta característica muestra variación tanto de los cultivares evaluados como en los diferentes ambientes. Los valores de altura están dentro del rango reportado por González *et al.* (2007).

1.5. Rendimiento (R)

El rendimiento promedio, considerando los cuatro ambientes fue de 978,01 kg ha⁻¹, valor que supera al rendimiento nacional (806 kg ha⁻¹), según cifras de FEDEAGRO (2014). En los ambientes 1 y 2 se encontraron los mayores rendimientos con valores de 1.954,25 kg ha⁻¹ y 1.021,53 kg ha⁻¹, respectivamente. Es importante señalar que ambos ambientes corresponden a la misma localidad, solo que los cultivares de caraota se evaluaron en diferentes ciclos de siembra. Los cultivares presentaron variación entre ambientes y dentro de los ambiente.

1.6. Peso de Semilla por Planta (PSP)

Los resultados de PSP presentaron variación entre los cultivares y entre ambientes. El valor superior lo presentó el ambiente 1, siendo de 17,54 g planta⁻¹; con un rango entre 5,54 g y 40,56 g. Mientras que, el menor valor (5,36 g planta⁻¹) se observó en el ambiente 4, con un rango entre 1,15 g y 20,06 g.

1.7. Número de Frutos por Planta (NFP)

Los ambientes 3 y 4 presentaron medias de 12,10 y 11,76, respectivamente, siendo inferiores a la media general de los 4 ambientes, que correspondió a 16,66 frutos por planta. Los valores mínimos y máximos 0,52 y 53,90 frutos por planta se observaron en los ambientes 4 y 1, respectivamente. Esto indica que, la variación estuvo influenciada tanto por el ambiente como por los diferentes genotipos de caraota. Angola y Hernández (2010), en un estudio sobre la evaluación agronómica de líneas promisorias de caraota (*P. vulgaris* L.), encontraron que el número de frutos por planta fluctuó en un rango de 1,30 a 32,30. Con ambos resultados se puede inferir, que el NFP es una característica muy variable.

1.8. Peso de Fruto (PF)

La distribución de los datos de la variable PF fue normal en los cuatro ambientes. El valor promedio de los cuatro ambientes fue de 1,09 g, en un rango de 0,95 g representado en el ambiente 4 hasta 1,26 en el ambiente 1. El PF fue poco variable entre ambientes y dentro de cada ambiente.

1.9. Número de Semillas por Vaina (NSV)

El NSV también presentó una distribución normal de los datos en los cuatro ambientes y el valor promedio fue de 4,42. Dentro de los ambientes el NSV estuvo comprendido en un rango de 2,21 hasta 6,83 semillas por vaina. Se puede destacar que los valores mínimos y máximos en los ambientes fueron similares. Estos resultados infieren que el NSV fue poco variable entre ambientes, como dentro de estos.

1.10. Peso de 100 Semillas (P100S)

El valor promedio del peso de 100 semillas para los cuatro ambientes fue de 15,81 g. Este valor fue superado en tres de los ambientes donde se evaluaron los cultivares de caraota, quedando solo por debajo de la media general el ambiente 4, con 14,48 g, en un rango de 3,14 g a 33,36 g. Este resultado difiere del reportado por González *et al.* (2007), quienes encontraron un rango de variación de 10 g a 49 g en el P100S en 86 accesiones de caraota. Esto indica que la variable P100S presentó poca variación entre ambientes, no así dentro de los ambientes para los cultivares evaluados.

En general, las diferentes variables evaluadas en los cuatro ambientes presentaron valores inferiores a la media general, en los ambientes 3 y 4, a excepción del %SPC y P100S, que presentaron valores inferiores a la media general solo en el ambiente 4.

2. Análisis de Varianza por ambiente

Verificados los supuestos del análisis de la varianza, en los Anexos 5 y 6 se presentan los cuadrados medios de los resultados del ANAVAR, para las variables evaluadas en cada ambiente. Estos resultados fueron utilizados para determinar la homogeneidad de varianza de los cuadrados medios del error de los cuatro ambientes.

3. Interacción Genótipo-Ambiente

3.1. Homogeneidad de Varianza.

Se determinó la homogeneidad de varianza mediante la prueba de varianzas iguales (Bartlett, 1957). En el Anexo 7 se observa que la mayoría de las variables presentaron varianzas homogeneidad, por lo que se procedió a realizar el análisis combinado para todas las variables considerando los cuatro ambientes.

3.2. Análisis de varianza combinado

En el análisis de varianza combinado de las variables vegetativas (Cuadro 7), se evidencia diferencias significativas en ambiente, para el %PE15dds y %SPC y altamente significativas en AP (cm). También, se detectaron diferencias altamente significativas entre cultivares, para las variables %PE15dds y AP (cm), con un comportamiento distinto en los diversos ambientes evaluados; es decir, con interacción CxA altamente significativa. El Vigor mostró ausencia de diferencias significativas para ambiente, cultivares e interacción. Así, esta variable tuvo un comportamiento estadísticamente estable para los diferentes cultivares de caraota y ambientes donde se evaluaron; resultado que coincide con el reportado por Angola y Hernández (2010).

Para el rendimiento y sus componentes (Cuadro 8), en la fuente de variación ambiente, las variables R (kg ha^{-1}), NFP y PF mostraron diferencias significativas y altamente significativas, PSP. En cultivares se evidenció diferencias altamente significativas para PF, NSV y P100S y significativa, NFP; mientras que, los cultivares respondieron de manera diferencial a la variación ambiental para las

variables R (kg ha^{-1}), PF y P100S, identificada por la significancia de la interacción CxA.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de la varianza combinado, de las variables vegetativas de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), en 4 ambientes

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS			
		%PE15dds	%SPC	Vigor	AP (cm)
Ambiente (A)	3	2.734,05*	9.758,34*	3,47 ^{ns}	55.591,03**
Repetición(Ambiente)	4	278,21	702,26	10,88	836,37
Cultivares (C)	29	464,14**	268,45 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1.186,88**
C x A	87	220,75**	362,96 ^{ns}	1,38 ^{ns}	393,37**
Error	116	109,80	280,04	1,42	193,51
Total	239				
CV (%)		13.16	23.73	32,71	16,92

Diferencias estadísticamente significativas (*) altamente significativa (**), para valores de probabilidad ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$); no significativo (^{ns}). Coeficiente de Variación (CV), porcentaje de plantas establecidas 15 días después de la siembra, % de sobrevivencia de plantas en cosecha, altura de plantas (AP)

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de la varianza cambiando, del rendimiento de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) y sus componentes, en 4 ambientes

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS					
		R (Kg ha^{-1})	PSP	NFP	PF	NSV	P100S
Ambiente (A)	3	2,94+E07*	1.893,47**	2349,11*	1,02*	1,03 ^{ns}	89,76 ^{ns}
Repetición(Ambiente)	4	2.248.52	89,72	305,20	0,11	2,60	67,10
Cultivares (C)	29	221.94 ^{ns}	15,25 ^{ns}	46,56*	0,07**	1,04**	29,24**
C x A	87	231.714*	12,56 ^{ns}	32,71 ^{ns}	0,03*	0,51 ^{ns}	14,84*
Error	116	158.061	13,18	27,00	0,02	0,41	10,63
Total	239						
CV (%)		40,55	37,16	31,20	13,53	14,54	20,63

Diferencias estadísticamente significativas (*) altamente significativa (**), para valores de probabilidad ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$); no significativo (^{ns}). Coeficiente de Variación (CV), Rendimiento (R), peso de semillas por planta (PSP), número de frutos por planta (NFP), peso de fruto (PF), número de semillas por vaina (NSV) y peso de 100 semillas (P100S)

3.3. Prueba de comparación de medias

Se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de probabilidad de 5%. En esta prueba, las variables que fueron afectadas por la interacción, no se analizó los efectos particulares de los factores que influyeron en el

comportamiento de los cultivares o ambientes. Caso contrario, para las variables que no presentaron interacción.

3.3.1. %PE15 dds

En el Cuadro 9 se presenta la comparación de medias para la interacción entre cultivares por ambiente para la variable %PE15 dds. Se observa que los cultivares Gen-10, Gen-12, Gen-16 y Gen-19 mostraron el mayores porcentajes de plantas establecidas a los 15 días después de la siembra, en el ambiente 1; tuvieron un compartamiento estadísticamente similar en el resto de los ambientes, así como con la mayoría de los cultivares en los cuatro ambientes. Esos cultivares son líneas avanzadas del INIA-CENIAP.

El cultivar Magdaleno presentó un %PE15dds estadísticamente similar en los ambientes 2, 3 y 4, con porcentajes de 75%, 67,50% y 81,66%, respectivamente; sin embargo, en el ambiente 1, tuvo valor 25%, representando el menor porcentaje de plantas establecidas a los 15 días después de la siembra; comportándose estadísticamente diferente a la mayoría de los cultivares y en los distintos ambientes.

El %PE15dds es una variable muy influenciada, principalmente, por la calidad de la semilla y por las condiciones de humedad del suelo al momento de la siembra. Probablemente, la semilla utilizada de este cultivar, no contaba con la calidad necesaria para su desarrollo; considerando que al momento de la siembra y durante el desarrollo de las plántulas hubo una condición hídrica favorable para el desarrollo de esta etapa (Figura 1 y Anexo 1).

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción entre cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) por ambiente, para la variable porcentaje de plantas establecidas a los 15 días después de la siembra (%PE15 dds)

Cultivar	%PE15 dds							
	Ambiente 1		Ambiente 2		Ambiente 3		Ambiente 4	
I-2011	92,50	a-g	90,84	a-i	87,50	a-i	86,66	a-j
I-2019	92,50	a-g	80,83	h-o	65,00	h-o	82,50	a-l
I-2041	92,50	a-g	82,50	a-l	84,16	a-l	83,34	a-l
I-2148	92,50	a-g	80,00	a-m	71,66	c-o	75,83	a-n
I-2162	72,50	b-n	75,84	a-m	71,66	c-o	77,50	a-m
I-2208	81,67	a-l	80,00	a-m	59,16	k-p	78,34	a-m
I-2226	97,50	a-c	76,67	a-m	38,34	p-q	71,66	c-o
I-2254	98,34	a-b	89,17	a-i	73,34	a-n	92,50	a-g
I-2363	94,17	a-e	86,66	a-j	85,00	a-k	90,00	a-i
I-2368	91,66	a-i	81,66	a-m	49,16	n-p	80,84	a-m
I-2494	94,16	a-f	82,50	a-l	70,84	c-o	88,33	a-i
ElChino	65,00	h-o	84,16	a-l	60,00	j-p	80,83	a-m
Gen-3	60,00	j-p	82,50	a-l	58,33	l-p	74,17	a-n
Gen-10	100,00	a	80,00	a-m	72,50	b-n	76,67	a-m
Gen-12	100,00	a	85,00	a-k	72,50	b-n	93,34	a-f
Gen-16	100,00	a	88,33	a-i	80,00	a-m	84,16	a-l
Gen-18	96,67	a-d	85,84	a-j	93,33	a-g	60,00	j-p
Gen-19	100,00	a	77,50	a-m	82,50	a-l	89,16	a-i
UCV-27	88,34	a-i	88,34	a-i	77,50	a-m	64,16	i-o
UCV-28	90,00	a-i	85,83	a-k	69,16	e-o	75,00	a-n
UCV-56	94,17	a-e	88,34	a-i	75,00	a-n	78,34	a-m
UCV-88	92,50	a-h	76,66	a-m	74,16	a-n	83,34	a-l
UCV-96	81,67	a-l	82,50	a-l	75,00	a-n	90,00	a-i
UCV-100	95,84	a-d	82,50	a-l	89,17	a-i	86,67	a-i
Magdaleno	25,00	q	75,00	a-n	67,50	f-o	81,66	a-m
Tacarigua	69,16	e-o	73,33	b-n	70,83	d-o	78,34	a-m
Corocito	88,34	a-i	80,00	a-m	74,16	a-n	84,16	a-l
Tenerife	65,00	h-o	84,17	a-l	45,84	o-q	80,83	a-m
Montalban	55,00	m-p	79,16	a-m	36,67	p-q	83,34	a-l
Manuare	90,00	a-i	84,16	a-l	66,66	g-o	78,34	a-m

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones entre cultivares en un mismo ambiente y letras mayúsculas para las comparaciones entre ambientes para un mismo cultivar

Acevedo (2003), señala que la germinación es un proceso metabólico y fisiológico, complejo que comienza con la semilla y termina cuando ésta se convierte en planta capaz de completar un ciclo biológico normal. También indica que, del pleno desarrollo de los cotiledones al estado de plántula se estima una duración de catorce a dieciséis días. Esta fase constituye un período crítico para el cultivo por cuanto cualquier alteración que se presente, difícilmente será compensada por la evolución posterior de la planta y por consiguiente tendrá repercusiones negativas sobre el rendimiento.

3.3.2. %SPC

La prueba de comparación de medias de Duncan para la variable %SCP (Cuadro 10) se realizó solo ambiente, por resultar sin diferencias significativas para las fuentes cultivares e interacción CxA. El porcentaje de sobrevivencia de plantas al momento de la cosecha, de los cultivares evaluados, resultó estadísticamente igual en los ambientes 1, 2 y 3, difiriendo del ambiente 4, que presentó el menor valor, 52%. Este bajo porcentaje de plantas al momento de la cosecha, pudo haber estado influenciado por las condiciones edafoclimáticas de la zona. En ese ambiente, el análisis físico químico del suelo presentó el menor porcentaje de materia orgánica (2,24%; media) y pH (5,56), aunque su valor está dentro del rango requerido para la siembra del cultivo de la caraota (Pérez *et al.*, 2013 y Morros, 2001). En referencia a las condiciones climáticas, no fue posible discriminar su influencia de manera precisa porque en la zona no sé contó con la información; sin embargo, en el desarrollo del cultivo fue necesario la aplicación de riego complementario, no cuantificándose la lámina de

agua. El riego fue por aspersión, a diferencia del resto de los ambientes donde se utilizó por gravedad. El promedio general del %SPC fue de 70,52%, valor que representa a todos los cultivares.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable porcentaje de supervivencia de plantas en cosecha (%SPC), de cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), en cuatro ambientes

Ambiente	%SPC	
1	79,19	A
2	72,06	A
3	78,81	A
4	52,00	B

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

3.3.3. AP (cm)

La planta de caraota puede ser de porte erecto, semi-erecto o trepador y de crecimiento determinado o indeterminado. Para el cultivo mecanizado se prefieren las variedades erectas (arbustivas) y las trepadoras (enredaderas) de crecimiento indeterminado, en los sistemas asociados con el maíz u otro cultivo que le sirva desoporte (Acevedo, 2003).

La fuente de variación interacción CxA resultó altamente significativa para la altura de planta (Cuadro 7), indicando un comportamiento distinto de los cultivares en los diferentes ambientes evaluados, para esta variable. En la prueba de media de Dunca (Cuadro 11), se observó que las menores alturas de planta correspondieron a los cultivares UCV-27 y UCV-56, en el ambiente 4; comportándose estadísticamente similares en el ambiente 3, con diferencias con respecto a los ambiente 1 y 2, donde

presentaron mayores alturas y similares. Este comportamiento fue equivalente con respecto al resto de los cultivares, en los distintos ambientes.

Cuadro 11. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) por ambiente, para la variable altura de planta (AP) en centímetros (cm)

Cultivar	AP (cm)							
	Ambiente 1		Ambiente 2		Ambiente 3		Ambiente 4	
I-2011	141,1	z	107,8	q-z	48,5	a-f	49,1	a-f
I-2019	90,9	h-u	107,7	q-z	55,7	a-h	54,3	a-e
I-2041	118,5	u-z	99,3	n-x	100,5	n-x	95,0	l-x
I-2148	109,8	r-z	103,5	o-y	69,2	b-p	73,1	c-q
I-2162	113,2	t-z	106,4	q-z	58,6	a-k	60,1	a-l
I-2208	117,9	t-z	90,1	g-u	43,5	a-d	39,2	a-c
I-2226	122,2	x-z	94,1	k-u	59,3	a-l	54,1	a-g
I-2254	144,7	z	123,3	x-z	94,0	k-u	47,8	a-e
I-2363	123,0	x-z	92,5	j-u	62,2	a-m	60,1	a-l
I-2368	121,2	x-z	89,7	g-u	84,3	f-u	56,2	a-i
I-2494	136,6	y-z	118,5	u-z	92,1	i-u	58,9	a-l
ElChino	113,2	t-z	113,9	t-z	52,2	a-f	56,5	a-r
Gen-3	100,7	n-x	94,5	k-u	45,3	a-d	43,4	a-d
Gen-10	105,6	q-z	92,6	k-u	40,4	a-d	43,2	a-d
Gen-12	109,7	r-z	62,2	a-m	42,8	a-d	42,9	a-d
Gen-16	115,6	t-z	99,4	n-x	44,0	a-d	35,3	a-b
Gen-18	122,5	x-z	106,3	q-z	51,4	a-f	38,7	a-c
Gen-19	90,8	h-u	89,1	g-u	68,7	b-o	35,5	a-b
UCV-27	127,2	x-z	106,6	q-z	50,3	a-f	26,9	a
UCV-28	93,8	k-u	105,3	f-z	49,2	a-f	46,3	a-e
UCV-56	97,1	m-x	99,6	n-x	45,8	a-e	27,1	a
UCV-88	111,4	s-z	103,7	o-y	34,7	a-b	43,5	a-d
UCV-96	130,9	x-z	104,1	o-y	43,4	a-d	34,9	a-b
UCV-100	113,0	s-z	118,2	u-z	43,5	a-d	40,8	a-d
Magdaleno	117,1	t-z	81,7	e-t	93,2	k-u	76,7	d-s
Tacarigua	92,2	i-u	74,8	c-r	68,1	b-o	52,7	a-f
Corocito	98,8	n-x	97,4	m-x	66,7	b-n	36,0	a-b
Tenerife	98,8	n-x	111,1	r-z	54,6	a-g	46,3	a-e
Montalban	125,2	x-z	112,8	s-z	105,6	q-z	112,4	s-z
Manuare	146,0	z	114,6	t-z	92,4	c-u	50,9	a-f

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones entre cultivares en un mismo ambiente y letras mayúsculas para las comparaciones entre ambientes para un mismo cultivar

Las mayores alturas, se observaron en el ambiente 1 y las presentaron los cultivares I-2011, I-2254 y Manuare, con 141,1 cm, 144,7 cm y 146,0 cm, respectivamente; comportamiento similar estadísticamente, entre las mismas. El genotipo I-2011 tuvo un comportamiento estadísticamente similar entre A1 y A2, siendo diferente con respecto a los ambientes A3 y A4, donde presentó mayores alturas (48,5 cm y 49,1 cm, respectivamente) que fueron similares. Para I-2254, el comportamiento fue similar con respecto a A2 y A3 pero diferente a A4, donde presentó el menor valor de AP (47,8 cm). Se conformaron cuatro grupos diferentes estadísticamente de AP, para el cultivar Manuare, ubicándose cada ambiente en un grupo; de esta manera, ordenados en forma creciente, la AP (50,9 cm) del A1 se ubicó en el grupo I, la del A2 (92,4 cm) en el grupo II, del A3 (114,6 cm) en el grupo III y en el grupo IV la AP (146,0 cm) del A4.

Las menores alturas se observaron en los ambientes, con porcentaje medio de materia orgánica (Cuadro 6). Los cultivares que mostraron las menores alturas son provenientes del programa de mejoramiento genético de la FAGRO-UCV; sin embargo, los mismos mostraron alturas superiores en los ambientes con porcentajes de materia orgánica, desde alto hasta muy alto, en A1 y A2, respectivamente. Esto señala, que los genotipos tuvieron un comportamiento diferencial en las distintas localidades, para la AP (cm). El comportamiento relativo de diferentes cultivares, cuando está influenciado por las localidades donde son evaluados dificulta la recomendación de un genotipo, para todos los ambientes estudiados (Acevedo *et al.*, 2010).

Madriz (2009), analizando la altura de planta de diez cultivares de caraota, conteniendo las variedades comerciales Tacarigua y Magdaleno, así como seis selecciones experimentales del programa de mejoramiento genético del INIA-CENIAP, en ocho ambientes donde estaba incluido Samán Mocho encontró una altura de 35,9 cm, tanto en Magdaleno como Tacarigua. En las selecciones experimentales observó alturas desde 45 cm hasta 67,38 cm. Estos resultados difieren de los obtenidos en la presente investigación, para las variedades Tacarigua y Magdaleno, donde la AP fue superior. Mientras que, las selecciones mostraron AP cercanas al rango de 35,3 cm hasta 68,7 cm que representa las seis líneas avanzadas del programa de mejoramiento del INIA-CENIAP, incluidas en este trabajo.

3.3.4. R (kg ha⁻¹)

Como se mostró en el Cuadro 8, la interacción C x A para la variable rendimiento (kg ha⁻¹), resultó significativa ($p < 0,05$) y sus comparaciones de medias se muestran en el Cuadro 12. Se observa que los rendimientos superiores se ubicaron en el ambiente 1, destacando los cultivares, I-2363, Gen-16 e I-2254 con 2.895,3 kg ha⁻¹, 2.868,9 kg ha⁻¹, 2.759,0 kg ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, estos presentaron un comportamiento estadísticamente diferente a los ambientes 2, 3 y 4, donde sus rendimientos fueron inferiores y estadísticamente similares.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) por ambiente para la variable rendimiento (R) en kg ha⁻¹

Cultivar	R (kg ha ⁻¹)							
	Ambiente 1		Ambiente 2		Ambiente 3		Ambiente 4	
I-2011	2.397,9	a-c	1.623,1	a-o	291,9	r-u	207,2	s-u
I-2019	1.113,1	f-u	1.272,3	c-t	735,5	j-u	372,9	q-u
I-2041	2.317,5	a-e	1.378,2	b-s	645,3	k-u	551,0	n-u
I-2148	1.766,3	a-m	740,5	r-u	641,9	k-u	642,0	k-u
I-2162	1.247,4	c-t	959,5	g-u	431,9	p-u	593,4	m-u
I-2208	2.087,9	a-g	1.238,2	c-t	371,7	q-u	423,4	p-u
I-2226	2.374,7	a-d	513,0	n-u	384,9	p-u	522,8	n-u
I-2254	2.759,0	a	908,9	g-u	687,9	k-u	455,3	o-u
I-2363	2.895,3	a	904,6	g-u	570,7	n-u	323,3	r-u
I-2368	2.214,4	a-f	465,4	o-u	393,5	p-u	292,0	r-u
I-2494	1.958,7	a-i	1.433,9	b-r	936,5	g-u	655,9	k-u
ElChino	1.085,1	f-u	1.201,5	d-u	507,9	n-u	443,1	o-u
Gen-3	1.255,8	c-t	1.339,1	b-t	364,2	q-u	541,5	n-u
Gen-10	2.004,7	a-h	715,1	k-u	433,6	p-u	414,1	p-u
Gen-12	1.945,6	a-i	638,2	k-u	521,7	n-u	478,7	n-u
Gen-16	2.868,9	a	1.561,9	b-p	431,0	p-u	177,9	t-u
Gen-18	2.003,9	a-h	860,9	h-u	617,5	l-u	491,5	n-u
Gen-19	1.791,7	a-l	970,9	g-u	674,5	k-u	275,4	r-u
UCV-27	1.445,8	b-r	1.123,3	f-u	529,4	n-u	40,7	u
UCV-28	1.821,3	a-k	239,3	s-u	556,1	n-u	343,2	r-u
UCV-56	2.471,0	a-b	1.071,5	f-u	527,0	n-u	339,8	r-u
UCV-88	2.456,3	a-b	1.028,6	g-u	453,4	o-u	487,0	n-u
UCV-96	2.214,8	a-f	1.560,2	b-p	489,7	n-u	248,5	s-u
UCV-100	2.353,6	a-d	1.109,5	f-u	464,4	o-u	476,2	n-u
Magdaleno	567,9	n-u	704,4	k-u	618,1	l-u	500,5	n-u
Tacarigua	2.052,6	a-g	832,8	h-u	548,1	n-t	443,3	o-u
Corocito	1.904,9	a-j	1.321,1	b-t	599,6	m-u	657,2	k-t
Tenerife	1.660,2	a-n	995,5	g-u	561,0	n-u	203,4	s-u
Montalban	1.545,8	b-q	782,2	i-u	392,1	p-u	644,9	k-u
Manuare	2.045,5	a-g	1.152,4	e-u	516,9	n-u	243,5	s-u

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones entre cultivares en un mismo ambiente y letras mayúsculas para las comparaciones entre ambientes para un mismo cultivar

El cultivar Magdaleno mostró un comportamiento estadísticamente similar, en los cuatro ambientes. Es decir, que independientemente de las mejoras ambientales

mantuvo un rendimiento estable, aunque estuvo muy por debajo de la media general (978,30 kg ha⁻¹). El rendimiento mas bajo lo reflejó la UCV-27, en el ambiente 4, siendo de 40 kg ha⁻¹. Este resultado, probablemente fue debido a causas de manejo, más que a la influencia ambiental, por cuanto en los ambientes 1 y 2 los rendimientos fueron muy superiores, con 1.445,8 kg ha⁻¹, 1.123,3 kg ha⁻¹, respectivamente. En el ambiente 3, aunque el rendimiento fue menor a los ambientes anteriores, en 36,62% y 47,13%, respectivamente, superó en 92% al resultado en el ambiente 4.

El 70% de los cultivares presentaron un comportamiento aparentemente lineal y decreciente, entre los ambientes estudiados, desde A1 hasta A4. El 26,67% mostró, en su mayoría un rendimiento decreciente, desde A1 hasta A3, con un aumento ligeramente superior en el A4; aunque tuvieron un comportamiento estadísticamente similar en A2, A3 y A4, siendo diferente e inferior sus rendimientos con respecto al A1. En este grupo se incluyen los cultivares I-2162, I-2208, I-2226, Gen-3, UCV-88, UCV-100, Corocito y Montalban. El 3,33% restante lo respresentó el cultivar Magdaleno, con un ligero aumento de su rendimiento desde el A1 hasta A2 y posterior disminución en A3 y A4. En general, en el ambiente 1 los cultivares mostraron un alto potencial de rendimiento, seguido del A2; mientras que, en los ambientes 3 y 4 hubo una dismunición de los mismos, con las excepciones ya presentadas.

De acuerdo a Meirelles *et al.*, (1999), tener un genotipo con un rendimiento superior en un ambiente e inferior en otro, dificulta su recomendación para diferentes ambientes.

3.3.5. PSP

En el Cuadro 13 se presenta la comparación de medias del peso de semillas por planta (g planta^{-1}), en los cuatro ambientes donde fueron evaluados los 30 cultivares de caraota. Se observa que el ambiente 1 tuvo un comportamiento estadísticamente superior al resto de los ambientes, con un promedio de 17,54 g de semilla por planta. El promedio general del peso de semilla, de los cultivares en los cuatro ambientes fue de 9,77 g, el cual los representa a todos.

El ambiente 1 (A1), estuvo representado por la Estación Experimental “Samán Mocho”, situada en las cercanías de la población de Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo y período de siembra norte-verano 2010-2011. Las condiciones del suelo (Cuadro 6) y climáticas de la zona (Figura 1 y Anexo 1) fueron favorables para la siembra de caraota, influyendo positivamente en el resultado obtenido para la variable en estudio.

En una investigación desarrollada por Angola y Hernández (2010), donde se evaluaron 25 genotipos de caraota, en Samán Mocho, encontraron un peso promedio de 9,70 g de semillas por planta, en un rango de 5,56 g hasta 19,92 g. El promedio de PSP obtenido en el presente trabajo, para los dos ambientes en Samán Mocho (A1 y A2) está por encima de la media y dentro del rango superior reportado por Angola y Hernández (2010). Por otro lado, cuando se incluyen los cuatro ambientes, de los cuales dos son diferentes a Samán Mocho, el rango de PSP se corresponde al obtenido por Angola y Hernández (2010). También con el promedio general de los cultivares en los cuatro ambientes.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable peso de semilla por planta (PSP) en g planta⁻¹, de cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en cuatro ambientes

Ambiente	PSP (g planta ⁻¹)	
1	17,54	A
2	10,23	B
3	5,94	B
4	5,36	B

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

3.3.6. NFP

Como se mostró en el Cuadro 8, la variable número de frutos por planta presentó diferencias significativas para ambiente y cultivares, no así para la interacción; por tal razón, las pruebas de media de Duncan se muestran para esas fuentes de variación (Cuadro 14 y Cuadro 15).

El NFP resultó ser estadísticamente igual en los ambientes A1 (25,1) y A2 (17,6); mientras que, en los A3 (12,1) y A4 (11,8) estuvieron en un segundo grupo, siendo ambos iguales al NFP en el A2, pero diferentes al A1 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable número de frutos por planta (NFP), de cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en cuatro ambientes

Ambiente	NFP	
1	25,1	A
2	17,6	AB
3	12,1	B
4	11,8	B

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Los cultivares mostraron diferencias significativas para el NFP y su prueba de media se presenta en el Cuadro 15. Se observa la conformación de siete grupos para los valores de las medias de NFP. Los cultivares de mayores número de frutos por planta estuvieron en los dos primeros grupos, representados por I-2162 e I-2492 con valores de 21,5 y 20,4, respectivamente. Seguidamente, el grupo 3 con un rango de 18,2 hasta 19,00 NFP, integrado por los cultivares locales I-2208, I-2254 e I-2368 y las líneas avanzadas UCV-88, UCV-96 y UCV-100. El grupo más numeroso fue el 4, con un rango de 15,2 hasta 17,6 NFP; lo conformaron cuatro cultivares locales, tres y dos líneas avanzadas del INIA-CENIAP y FAGRO-UCV, respectivamente, y dos variedades comerciales. El cultivar I-2019 presentó el menor NFP (11,7) y se ubicó en el último grupo. Igualmente, el grupo V estuvo representado sólo por el Gen-16, con 14,6 NFP.

El número de frutos de los ambientes más productivos, ambos en Samán Mocho, fueron superiores a los obtenidos por Madriz (2009), en la misma localidad. Igualmente, Madriz (2009), señaló que esta variable es importante por su relación directa con el rendimiento, aspecto claramente identificado en esta investigación. Los ambientes donde los cultivares mostraron rendimientos superiores (Cuadro 12), correspondieron a los de mayor número de frutos por planta.

Cuando se observa el NFP por ambiente, se puede señalar que las condiciones agroecológica y climáticas de A1 y A2 (Cuadro 6, Figuras 1 y 2; Anexo 1 y 2), aunado al riego complementario para suplir la demanda de agua de los cultivares, favoreció el resultado en estos ambientes. Caso contrario, sucedió en los ambiente A3

y A4. Los resultados de NSV son similares a los reportados por Angola y Hernández (2010).

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable número de frutos por planta (NFP) de cada cultivar de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluado en cuatro ambientes

Cultivares	Grupos	NFP	
I-2011	6	14,0	cd
I-2019	7	11,7	d
I-2041	4	17,2	abcd
I-2148	4	17,6	abcd
I-2162	1	21,5	a
I-2208	3	18,2	abc
I-2226	4	17,6	abcd
I-2254	3	18,2	abc
I-2363	4	15,2	abcd
I-2368	3	18,6	abc
I-2494	2	20,4	ab
ElChino	6	13,4	cd
Gen-3	4	16,3	abcd
Gen-10	5	14,6	bcd
Gen-12	6	13,7	cd
Gen-16	4	16,3	abcd
Gen-18	6	13,6	cd
Gen-19	4	15,4	abcd
UCV-27	6	13,5	cd
UCV-28	4	16,1	abcd
UCV-56	4	16,2	abcd
UCV-88	2	19,0	abc
UCV-96	3	18,8	abc
UCV-100	3	18,6	abc
Magdaleno	4	15,9	abcd
Tacarigua	3	19,5	abc
Corocito	3	19,5	abc
Tenerife	6	13,7	cd
Montalban	3	18,2	abc
Manuare	4	17,5	abcd

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

3.3.7.PF

La interacción C x A resultó significativa ($p < 0,05$) para la variable PF (Cuadro 8), y sus comparaciones de medias se presentan en el Cuadro 16. La interacción muestra el comportamiento diferencial de los cultivares cuando cambia el ambiente.

Los mayores peso de fruto lo presentaron los cultivares I-2011 y Tenerife, con 1,53 g y 1,56 g, respectivamente. Ambos cultivares tuvieron comportamiento similar entre el ambiente 1 y el ambiente 2; mientras que, fueron estadísticamente diferentes a los ambientes 3 y 4, los cuales mostraron similitud estadística con el ambiente 2.

El menor PF, se ubicó en el ambiente 4, con un valor de 0,79 g presentado por el cultivar Gen-16; seguido de los valores 0,79 g y 0,78 g, en el mismo ambiente y representado por I-2208 y UCV-96, respectivamente.

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) por ambiente para la variable peso de fruto (g)

Cultivar	PF (g)							
	Ambiente 1		Ambiente 2		Ambiente 3		Ambiente 4	
I-2011	1,53	a	1,30	a-l	0,87	r-z	0,93	k-z
I-2019	1,34	a-i	1,20	a-u	1,21	a-t	0,91	m-z
I-2041	1,19	a-v	1,09	d-y	1,03	f-z	0,94	r-z
I-2148	1,27	a-p	1,11	d-y	1,00	g-z	0,90	o-z
I-2162	1,17	b-y	0,87	r-z	1,03	f-z	1,01	g-z
I-2208	1,15	b-y	1,06	e-y	0,87	r-z	0,79	x-z
I-2226	1,28	a-o	0,95	i-z	0,88	q-z	1,05	e-y
I-2254	1,32	a-j	1,04	f-y	1,26	a-q	1,08	d-y
I-2363	1,50	a-c	1,39	a-g	1,18	a-w	0,88	q-z
I-2368	1,19	a-v	1,13	b-y	0,84	s-z	0,93	k-z
I-2494	1,35	a-h	1,27	a-p	1,51	a-b	1,20	a-u
ElChino	1,44	a-e	1,28	a-o	1,17	b-y	1,13	b-y
Gen-3	1,23	a-s	1,22	a-s	0,98	h-z	0,90	n-z
Gen-10	1,30	a-l	0,81	v-z	1,05	f-y	1,18	a-w
Gen-12	1,11	d-y	1,10	d-y	1,14	b-y	1,04	f-y
Gen-16	1,31	a-k	1,10	d-y	0,91	l-z	0,64	z
Gen-18	1,16	b-y	1,09	d-y	0,97	h-z	0,82	u-z
Gen-19	1,39	a-g	1,23	a-s	0,98	h-z	1,29	a-m
UCV-27	1,10	d-y	0,98	h-z	1,00	h-z	0,88	q-z
UCV-28	1,29	a-n	1,08	d-y	1,06	d-y	0,86	s-z
UCV-56	1,15	b-y	1,04	f-y	0,95	i-z	0,93	k-z
UCV-88	1,25	a-r	0,97	h-z	1,10	d-y	0,87	r-z
UCV-96	1,28	a-o	1,07	d-y	0,93	k-z	0,78	y-z
UCV-100	1,11	c-y	0,94	j-z	0,89	p-z	1,03	f-z
Magdaleno	1,21	a-t	0,98	h-z	1,17	b-x	0,93	k-z
Tacarigua	1,45	a-d	1,05	e-y	0,98	h-z	0,83	t-z
Corocito	1,17	b-x	1,20	a-u	1,08	d-y	0,92	l-z
Tenerife	1,56	a	1,41	a-f	1,12	c-y	0,80	w-z
Montalban	1,05	f-y	1,12	c-y	1,15	b-y	1,19	a-v
Manuare	1,01	g-z	1,33	a-j	1,11	c-y	0,89	p-z

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones entre cultivares en un mismo ambiente y letras mayúsculas para las comparaciones entre ambientes para un mismo cultivar

3.3.8. NSV

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 8), hubo diferencias altamente significativas entre cultivares, para la variable NSV. En el Cuadro 17 se observa la conformación de doce grupos para los valores de las medias del NSV.

El cultivar I-2254 presentó el mayor número de semillas por vaina (5,3), ubicándose en el grupo 1, seguido El Chino (5) y Gen-19 (4,9), ubicados en los grupos 2 y 3, respectivamente. El grupo que representó el mayor número de cultivares fue el 5 y lo conformó los cultivares I-2011, Tenerife, I-2019, I-2148, UCV-28 y UCV-26; los dos primeros tuvieron un NSV de 4,7 y el resto, 4,6 NSV. El cultivar Gen-18 presentó 3,7 semillas por vaina, correspondiendo al menor valor y se ubicó en el último grupo, que fue el 12.

Detallando el NSV, con respecto a la clasificación de los cultivares de acuerdo al Cuadro 2, se observa que los cultivares locales, líneas avanzadas del INIA y de la UCV, así como las variedades comerciales están representadas en varios grupos de medias. Sin embargo, los dos primeros grupos están constituidos, cada uno, por un cultivar local. El tercer grupo lo representa sólo la línea avanzada del programa de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP, Gen-19 (4,9 NSV). Los dos últimos grupos, 11 y 12, lo constituyen las líneas avanzadas UCV-56 (3,8 NSV) y Gen-18 (3,7 NSV), de los programas de mejoramiento genético de la FAGRO-UCV e INIA-CENIAP, respectivamente.

El promedio general del NSV para los ambientes fue de 4,42, valor que los representó a todos por cuanto mostraron diferencias no significativas. En una

comparación de 20 cultivares de caraota en dos condiciones distintas de manejo, San Vicente (1982), señaló que el número de semillas por vaina resultó ser una característica con un rango estrecho entre ambas localidades.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable número de semillas por vaina (NSV) de cada cultivar de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluado

Cultivares	Grupo	NSV	
I-2011	5	4,7	abcde
I-2019	5	4,6	abcde
I-2041	7	4,3	bcdefg
I-2148	5	4,6	abcde
I-2162	9	4,1	defg
I-2208	6	4,5	bcdef
I-2226	6	4,5	bcdef
I-2254	1	5,3	a
I-2363	6	4,5	bcdef
I-2368	7	4,3	bcdefg
I-2494	4	4,8	abcd
ElChino	2	5,0	ab
Gen-3	10	4,0	efg
Gen-10	10	4,0	efg
Gen-12	10	4,0	efg
Gen-16	9	4,1	defg
Gen-18	12	3,7	g
Gen-19	3	4,9	abc
UCV-27	7	4,4	bcdefg
UCV-28	5	4,6	abcde
UCV-56	11	3,8	fg
UCV-88	4	4,8	abcd
UCV-96	5	4,6	abcde
UCV-100	8	4,2	cdefg
Magdaleno	8	4,2	cdefg
Tacarigua	6	4,5	bcdef
Corocito	6	4,5	bcdef
Tenerife	5	4,7	abcde
Montalban	7	4,4	bcdefg
Manuare	8	4,2	cdefg

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

3.3.9.P100S

Como se mostró en el Cuadro 8, la interacción C x A para la variable P100S, resultó significativa ($p < 0,05$) y sus comparaciones de medias se muestran en el Cuadro 12.

El mayor peso de 100 semillas se ubicó en el ambiente 4, y lo representó el cultivar UCV-28, con 23,8g. Este genotipo mostró un comportamiento estadísticamente similar con los cultivares Gen-19, Gen-3, UCV-100, Gen-18, I-2363, Magdaleno, Manuare, I-2041, UCV-56 y Gen-10, con respecto al mismo ambiente. Al comparar el P100S de UCV-28 con el resto de los ambientes, se observa una similitud estadística con el ambiente 1, el cual está relacionado con los ambientes 2 y 3, aunque ambos ubicados en diferentes grupos; sin embargo, los mismos son diferentes al ambiente 4.

El menor P100S fue de 3,4 g lo tuvo el cultivar I-2368, también en el ambiente 4, con diferencias estadísticas con el resto de los ambientes. Es de hacer notar que I-2368, probablemente por su condición de cultivar local proveniente de Mérida (Cuadro2), se vio afectado en las condiciones ambientales del ambiente 4, Zuata, periodo 2011-2012. Aunque para el resto de los ambientes presentó mayores pesos, en ninguno de los casos superó al mejor valor de 23,8 g, que se obtuvo en los ambientes.

Cabe destacar que el cultivar con mayor P100S, no presentó el mayor NSV, resultado que coincidió con los reportados por Angola y Hernández (2010).

Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Duncan para la interacción cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) por ambiente para la variable peso de 100 semillas (g)

Cultivar	P100S (g)			
	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4
I-2011	17,2 a-n	14,9 b-n	15,9 a-n	13,5 e-n
I-2019	16,7 a-n	16,2 a-n	13,9 d-n	11,1 j-o
I-2041	16,9 a-n	12,2 g-n	16,1 a-n	16,0 a-n
I-2148	17,7 a-n	13,7 d-n	15,0 b-n	13,3 f-n
I-2162	15,4 a-n	12,0 g-n	16,9 a-n	11,2 i-o
I-2208	14,4 b-n	10,9 l-o	16,1 a-n	10,7 m-o
I-2226	18,4 a-n	17,2 a-n	13,3 f-n	11,7 h-o
I-2254	17,0 a-n	10,0 n-o	11,6 h-o	13,6 e-n
I-2363	19,3 a-m	14,5 b-n	17,5 a-n	18,1 a-n
I-2368	16,3 a-n	17,7 a-n	13,5 e-n	3,4 o
I-2494	17,3 a-n	14,0 c-n	16,0 a-n	14,9 b-n
ElChino	18,7 a-n	14,0 d-n	15,1 a-n	13,3 f-n
Gen-3	19,9 a-j	17,8 a-n	18,1 a-n	22,4 a-d
Gen-10	18,2 a-n	20,6 a-g	16,1 a-n	15,4 a-n
Gen-12	19,7 a-k	21,7 a-f	17,1 a-n	12,0 g-n
Gen-16	19,4 a-m	17,7 a-n	19,0 a-m	12,9 g-n
Gen-18	18,3 a-n	18,5 a-n	20,1 a-h	18,6 a-n
Gen-19	17,5 a-n	13,2 f-n	15,6 a-n	23,0 a-b
UCV-27	14,2 c-n	12,0 g-n	16,6 a-n	11,0 k-o
UCV-28	15,6 a-n	14,4 b-n	13,1 f-n	23,8 a
UCV-56	18,4 a-n	22,8 a-c	19,5 a-e	15,7 a-n
UCV-88	15,1 a-n	11,5 h-o	13,7 d-n	11,7 h-o
UCV-96	16,0 a-n	18,1 a-n	22,1 a-l	11,5 i-o
UCV-100	19,9 a-i	12,3 g-n	17,2 a-n	20,7 a-g
Magdaleno	16,4 a-n	18,2 a-n	14,4 b-n	17,2 a-n
Tacarigua	17,4 a-n	13,1 f-n	14,8 b-n	11,2 i-o
Corocito	15,6 a-n	13,9 d-n	16,3 a-n	14,6 b-n
Tenerife	19,4 a-m	17,7 a-n	14,3 b-n	10,9 e-o
Montalban	18,1 a-n	16,3 a-n	15,0 b-n	14,2 c-n
Manuare	17,5 a-n	14,4 b-n	15,5 a-n	17,0 a-n

Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para las comparaciones entre cultivares en un mismo ambiente y letras mayúsculas para la comparaciones entre ambientes para un mismo cultivar

4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

La estabilidad de rendimiento (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de caraota evaluados en cuatro ambientes fue analizada de acuerdo a los métodos de Eberhart y Russell (1966), Cruz, Torres y Vencovsky (1989), Lin y Binns (1988) y AMMI (Gauch, 1988). El rendimiento (kg ha^{-1}) de los cultivares y los índices de estabilidad para cada método se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Índices de estabilidad del rendimiento de semillas al 12% de humedad de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados en 4 ambientes

CULTIVAR	Media (kg ha^{-1})	ÍNDICES DE ESTABILIDAD					
		Eberhart y Russell (1966)		Cruz, Torres y Vencovsky (1989)		AMMI (Gauch y Zobel, 1988)	Lin y Binns (1988)
		β_i	S^2_{di}	β_i	$\beta_1 + \beta_2$	CP1	P_i general
I-2011	1.130,02	1,46 [*]	47.800,18 ^{ns}	1,73**	0,83 ^{ns}	-0,70	108
I-2019	873,46	0,40 ^{**}	44.001,35 ^{ns}	0,64 ^{ns}	-0,17**	16,32	428
I-2041	1.222,98	1,16 ^{ns}	-70.968,87 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,01 ^{ns}	-2,83	61
I-2148	947,69	0,75 ^{ns}	-39.422,25 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,10 ^{ns}	3,75	268
I-2162	808,06	0,49 [*]	-55.722,87 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,31 ^{ns}	12,13	427
I-2208	1.030,32	1,14 ^{ns}	-53.520,51 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-1,99	147
I-2226	948,86	1,27 ^{ns}	100.102,66 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,99*	-9,82	228
I-2254	1.202,79	1,47 [*]	5.688,84 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,98*	-13,00	79
I-2363	1.173,45	1,64 ^{**}	-2.663,34 ^{ns}	1,43 ^{ns}	2,13**	-16,78	95
I-2368	841,36	1,24 ^{ns}	43.170,07 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,87*	-8,73	279
I-2494	1.246,23	0,80 ^{ns}	-53.887,40 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,56 ^{ns}	5,77	114
El Chino	809,40	0,43 ^{**}	14.732,49 ^{ns}	0,66 ^{ns}	-0,12**	15,59	460
Gen-3	875,19	0,55 [*]	65.261,99 ^{ns}	0,82 ^{ns}	-0,09**	13,22	389
Gen-10	891,89	1,05 ^{ns}	-44.110,58 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,38 ^{ns}	-2,96	241
Gen-12	896,06	0,96 ^{ns}	-18.873,11 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,40 ^{ns}	-1,46	259
Gen-16	1.259,94	1,74 ^{**}	-42.773,72 ^{ns}	1,88**	1,40 ^{ns}	-14,67	61
Gen-18	918,43	0,97 ^{ns}	-59.110,97 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,22 ^{ns}	-0,70	188
Gen-19	928,12	0,90 ^{ns}	-56.893,45 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,42	232
UCV-27	784,82	0,81 ^{ns}	22.958,27 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,34 ^{ns}	6,67	362
UCV-28	739,96	0,91 ^{ns}	117.142,28 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,69 ^{ns}	-2,04	414
UCV-56	1.102,32	1,37 ^{ns}	-73.719,03 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,50 ^{ns}	-9,93	94
UCV-88	1.106,32	1,33 ^{ns}	-58.743,74 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,53 ^{ns}	-8,93	101
UCV-96	1.128,29	1,26 ^{ns}	19.873,20 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,70 ^{ns}	-2,91	104
UCV-100	1.100,93	1,26 ^{ns}	-71.698,17 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,33 ^{ns}	-6,27	102
Magdaleno	597,74	0,01**	-68.110,23 ^{ns}	0,08**	-0,15**	22,54	798
Tacarigua	969,18	1,04 ^{ns}	-57.526,58 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,31 ^{ns}	-2,35	191
Corocito	1.120,70	0,86 ^{ns}	-54.820,42 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,62 ^{ns}	4,23	148
Tenerife	855,01	0,88 ^{ns}	-54.972,08 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,71 ^{ns}	3,68	283
Montalbán	841,26	0,68 ^{ns}	-46.614,27 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,82 ^{ns}	6,30	353
Manuare	989,56	1,13 ^{ns}	-64.727,59 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,96 ^{ns}	-2,00	161

Para * y **, significan diferencias al 5% y 1% , respectivamente, de probabilidad de t ($\beta_i=1$) y de F ($S^2_{di}=0$)

Para β_1 y $\beta_1 + \beta_2$, los * y **, significan diferencias al 5% y 1% de probabilidad de t ($\beta_1=1$) y t($\beta_1 + \beta_2=1$), respectivamente.

ns, no significativo. El método de Cruz, Torres y Vencovsky (1989) identifica el rendimiento de los cultivares como β_0 .

4.1. Método de Eberhart y Russell (1966)

El análisis de varianza, según el método de Eberhart y Russell (1966) se presenta en el anexo 8. Las fuentes de variación ambiente y ambiente lineal mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) y significativa ($p < 0,05$) la interacción GxA. Las fuentes cultivar y la desviación de la regresión presentaron ausencia de diferencias significativas.

El coeficiente de regresión (β_i) varió desde 0,01 hasta 1,74 con un promedio igual a la unidad. Los valores 0,49; 0,55; 1,46 y 1,47 resultaron significativamente diferentes de la unidad a un nivel de probabilidad de 5% y al 1% los valores 0,40; 1,64 y 1,74. Ninguno de los valores de la desviación de la regresión (S^2_{di}) resultó significativamente diferente de la varianza estimada del error medio; es decir, que estadísticamente la S^2_{di} fue igual a cero para todos los cultivares (Cuadro 19).

De acuerdo a los criterios asumidos para definir la estabilidad del rendimiento, los cultivares I-2011, I-2019, I-2162, I-2254, I-2363, El Chino, Gen-3, Gen-16 y Magdaleno resultaron inestables, por tener el coeficiente de regresión estadísticamente diferente a la unidad. El resto de los genotipos estuvieron dentro de los límites de estabilidad.

En la Figura 4 se presenta el rendimiento promedio de los cultivares y sus coeficientes de regresión. Los cultivares que resultaron estables con rendimientos superiores al intervalo de confianza de la media ($978 \pm 166,92 \text{ kg ha}^{-1}$) fueron los genotipos locales I-2041 e I-2494. Por otro lado, se aprecia que cuatro de las seis

líneas avanzadas provenientes del programa de mejoramiento genético de caraota de la FAGRO-UCV, identificadas como UCV-56, UCV-88, UCV-96 y UCV-100, resultaron estables con rendimientos incluidos en el intervalo superior de la media general, donde además se suman los cultivares comerciales Manuare y Corocito.

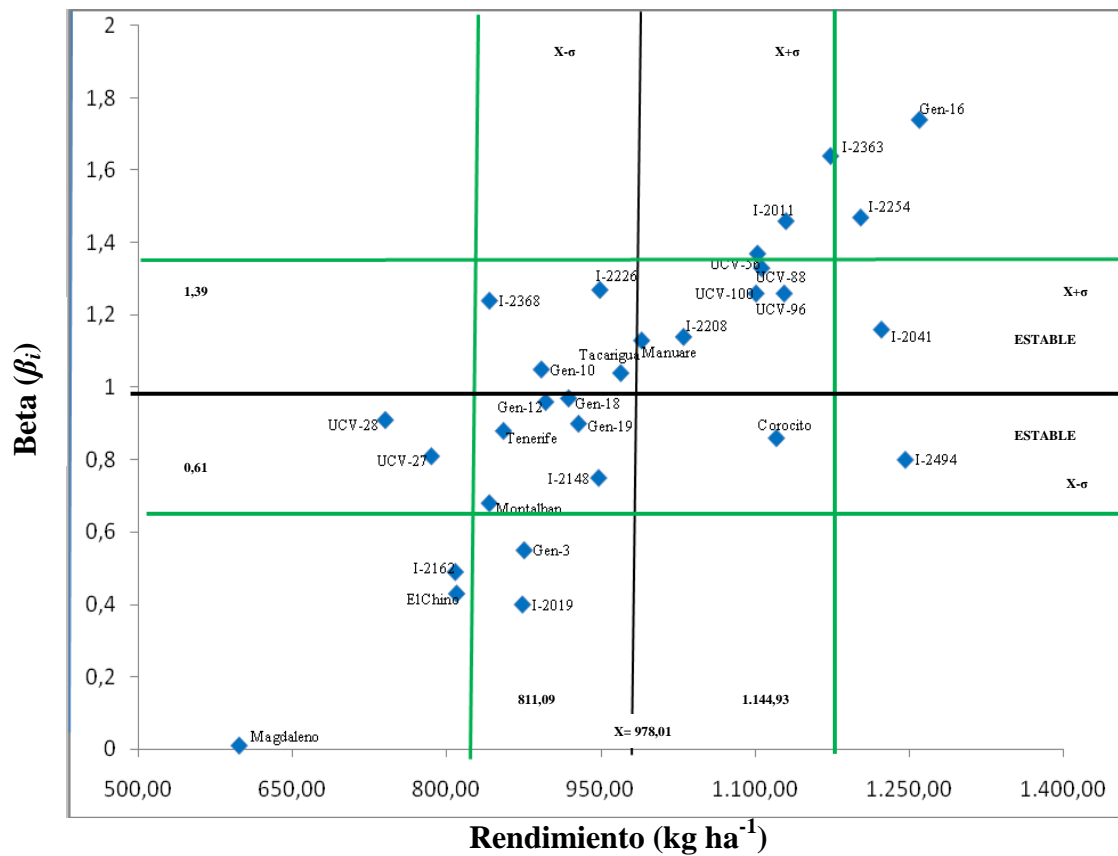


Figura 4. Estabilidad del rendimiento (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados en cuatro ambientes durante 2010-2011 y 2011-2012, obtenido por el método de Eberhart y Russell (1966)

Las líneas avanzadas provenientes del programa de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP, Gen-10, Gen-18, Gen-12 y Gen-19, están incluidas también en el grupo de genotipos estables, pero con un rendimiento dentro del intervalo inferior de la media general. Se ubican en ese grupo los cultivares locales I-2148, I-2226 e I-2368 y los comerciales Tacarigua, Tenerife y Montalban.

Como puede observarse en la Figura 4, genotipos I-2363, I-2254 y Gen-16 superaron la franja del intervalo de la media de rendimiento + una vez la desviación estándar ($978 \pm 166,92 \text{ kg ha}^{-1}$); sin embargo, quedaron calificados como cultivares inestables. Estos cultivares, demuestran buen comportamiento en ambientes favorables, no así en los desfavorables. La siembra de los cultivares que manifiesten tal comportamiento sería un riesgo, pues en los ambientes desfavorables los rendimientos podrían ser reducidos severamente, ocasionando pérdidas económicas a los agricultores.

De acuerdo a Mora y col. (1984), en un análisis de la estabilidad del rendimiento de 25 cultivares de caraota con fines de selección, utilizando la metodología de Eberhart y Russell (1966), encontraron que Manuare fue inestable y Tacarigua presentó adaptación a los ambientes favorables. Estos resultados difieren de los obtenidos en la presente investigación, para los dos cultivares en referencia. Por otra parte, Lozada (1997), en una evaluación de 14 cultivares de caraota y estimación de la estabilidad del rendimiento, siguiendo el método de Eberhart y Russell (1966) encontró que Tacarigua fue uno de los cultivares de peor comportamiento, ya que

además de estar fuera del rango del coeficiente de regresión, presentó un rendimiento inferior al promedio general. Igualmente, este resultado difiere del obtenido en el presente trabajo.

Los índices ambientales, I_j , (Cuadro 20) evidencian que para las condiciones en que se realizaron los experimentos, se tuvo la presencia de ambientes favorables, con I_j positivo, representados por A1 y A2. Ambientes desfavorables, con I_j negativo (con rendimiento por debajo del promedio general), entre los que se encuentran A3 y A4.

Cuadro 20. Índices ambientales de 4 ambientes para rendimiento (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) obtenidos por el método de Eberhart y Russell (1966)

Ambiente	Identificación del Ambiente	Rendimiento (kg ha^{-1})	Índice Ambiental (I_j)
A1	Samán Mocho 2010-2011	1.954,25	973,7432
A2	Samán Mocho 2011-2012	1.021,53	41,026
A3	INIA CENIAP-Maracay	529,92	-450,5838
A4	Zuata	416,32	-564,1853
Promedio general		978,01	

Nota: El signo "-", significa ambientes desfavorables, con rendimiento de semilla de caraota al 12% de humedad, por debajo de la media general ($978,30 \text{ kg ha}^{-1}$)

Carbonell y Pompeu (2000), quienes evaluaron la estabilidad fenotípica de líneas de caraota, indicaron que con el método de Eberhart y Russell (1966) fue posible dirigir la recomendación de sus cultivares, con la escogencia de líneas más adaptadas y de mejor respuesta por época de cultivo.

4.2. Método de Cruz, Torres y Vencovsky (1989)

Los resultados de análisis de varianza del rendimiento de los cultivares evaluados en cuatro ambientes, según el método de Cruz, Torres y Vencovsky (1989), se presenta en el anexo 9. Las fuentes de variación ambiente y ambiente/cultivares mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) y significativa ($p < 0,05$) la interacción CxA. La fuente cultivar presentó ausencia de diferencias significativas.

Algunos cultivares tuvieron un comportamiento variable en los ambientes evaluados. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en I-2019, I-2148, I-2162, I-2494, El Chino, Gen-3, Gen-19, UCV-27, Magdaleno, Corocito, Tenerife y Montalbán (Anexo 9). Este método evidencia una mayor sensibilidad para detectar dichas diferencias con respecto al método Eberhart y Russell (1966), a través de cual esos cultivares fueron calificados con diferencias no significativas (Anexo 8). Esta mayor sensibilidad coincide con la obtenida por Matzavracó (2006), trabajando genotipos de maíz en diferentes ambientes.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) o altamente significativas ($p < 0,01$) en tres cultivares para el estimador β_1 y en ocho para $\beta_1 + \beta_2$, dejando ver que varios genotipos presentaron importantes variaciones productivas en los diferentes ambientes donde fueron evaluados (Cuadro 19). No se observó un cultivar con las condiciones ideales, según Cruz *et al.* (1989), $\beta_0 > \text{media general}$ ($978,30 \text{ kg ha}^{-1}$), $\beta_1 < 1$ y $\beta_1 + \beta_2 > 1$.

En cuanto a $\beta_1 + \beta_2$ que evalúa la respuesta de los cultivares a los ambientes favorables, se pudo observar que I-2226, I-2254, I-2363 e I-2368, fueron los que

tuvieron como respuesta, adaptable a los ambientes favorables por presentar $\beta_1 + \beta_2 > 1$ (Cuadro 19). Los genotipos indicados corresponden a cultivares locales (Cuadro 2), que han sido conservados por los agricultores por más diez años. En este caso, los dos primeros provienen del estado Sucre y los dos restantes del estado Mérida.

Según Cruz *et al.* (1989), los cultivares más estables ante ambientes favorables serían, los que tuvieran una respuesta ante el cambio ambiental parecido a la recta de regresión ($\beta_1 + \beta_2 = 1$). Ordenados de mayor a menor rendimiento (kg ha^{-1}), resultaron: Gen-16, I-2494, I-2041, I-2011, UCV-96, Corocito, UCV-88, UCV-56, UCV-100, I-2208, Manuare, Tacarigua, I-2148, Gen-19, Gen-18, Gen.12, Gen-10, Tenerife y Montalban (Figura 5).

Los cultivares más estables ante ambientes favorables, corresponden al 63% de los genotipos evaluados, representados por cinco y cuatro, de las seis líneas avanzadas provenientes de los programas de mejoramiento genético de caraota, tanto del INIA-CENIAP como de la FAGRO- UCV, respectivamente. También se incluyen cinco de las seis variedades comerciales y sólo cinco de los 12 cultivares locales.

Estos resultados eran de esperarse, porque tanto las líneas avanzadas como los cultivares comerciales han pasado por un proceso de estabilidad; sin embargo, los cultivares locales, generalmente, presentan mayor estabilidad en las áreas agrícolas donde son sembradas. En referencia a los incluidos en este grupo, estos son procedentes (Cuadro 2) de los estados Lara (I-2494 e I-2041), Carabobo (I-2011), Apure (I-2208) y Guárico (I-2148); los cuales tienen una ubicación geográfica cercana, donde

probablemente existe mucha relación entre los agricultores. Además, la presente investigación fue realizada en zonas agrícolas de los estados Aragua y Carabobo.

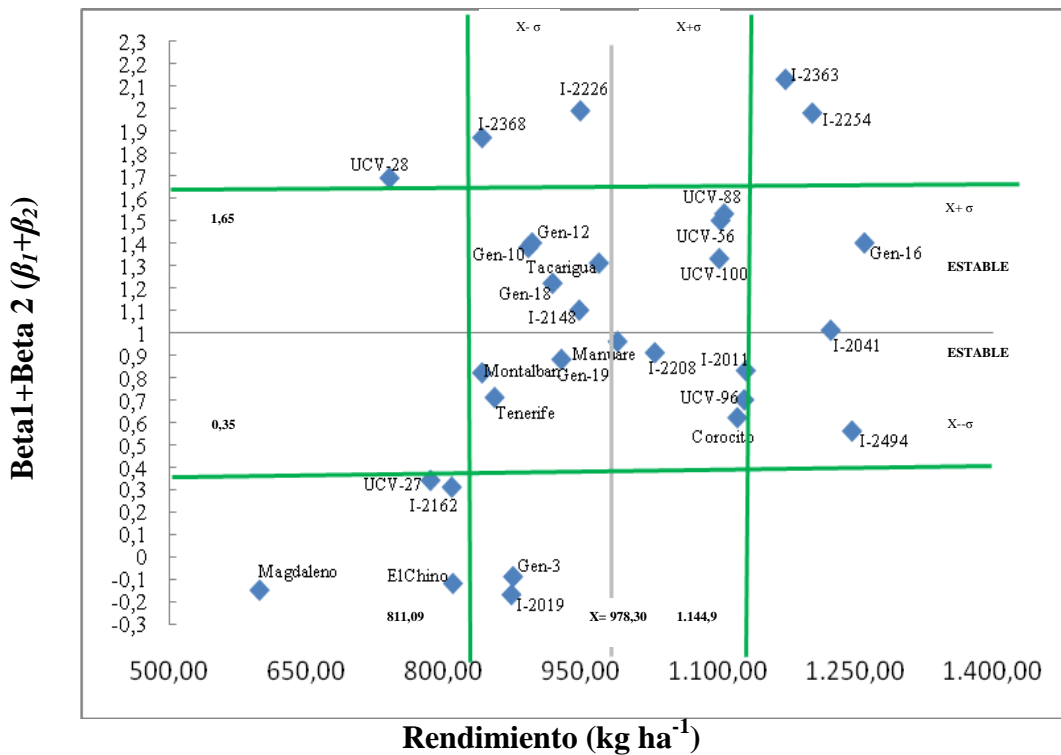


Figura 5. Estabilidad del rendimiento (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados en cuatro ambientes durante 2010-2011 y 2011-2012, obtenido por el método de Cruz, Torres y Vencovsky (1989)

Los cultivares que resultaron inestables fueron I-2254, I-2363, I-2226, Gen-3, I-2019, I-2368, El Chino, I-2162, UCV-27, UCV-28, Magdaleno.

Se observaron diferencias entre los cultivares escogidos como estables ante ambiente favorables a partir de Eberhart y Russell (Gen-16, I-2363, I-2254 e I-2011) y de Cruz, Torres y Vencovsky como los mejores ante esa condición ambiental (Gen-16, I-2041, I-2494, UCV-88, UCV-56, UCV-100, I-2011, I-2208, UCV-96, Corocito

y Manuare). Sólo hay dos cultivares que coinciden en ambos métodos, Gen-16 e I-2011.

Por último, en el Cuadro 21, se puede observar las diferencias entre los ambientes, correspondiendo a los favorables A1 y A2. Estos ambientes están ubicados en Samán Mocho, estado Carabobo y los diferencia los periodos de siembra donde los cultivares fueron evaluados, siendo 2010-2011 y 2011-2012, respectivamente (Cuadro 3). Los ambientes A3 y A4, fueron desfavorables, obteniéndose rendimientos por debajo de la media general (978,30 kg ha⁻¹).

Cuadro 21. Índices ambientales de 4 ambientes para Rendimiento (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) obtenidos por el método de Cruz, Torres y Vencovsky (1989)

Ambiente	Identificación del Ambiente	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Índice Ambiental (A _j)	Índice T(A _j)	Tipo
A1	Samán Mocho 2010-2011	1.954,25	973,7432	466,35858	F
A2	Samán Mocho 2011-2012	1.021,53	41,026	-466,35858	F
A3	INIA CENIAP-Maracay	529,92	-450,5838		D
A4	Zuata	416,32	-564,1853		D

Media general de rendimiento= 978,3° kg ha⁻¹

Nota: El Índice Ambiental A_j es general y el T(A_j) es de ambientes favorables.

F, ambiente favorable y D, ambiente desfavorable

Carvalho *et al.* (1995) y González *et al.* (2007), señalaron que además de la estabilidad es importante experimentar la adaptabilidad de los cultivares a condiciones desfavorables con fines de selección. Consideran que un cultivar es más adaptable en la medida en que es más productivo, información que ofrece el método

de Cruz *et al.* (1989) y que no está disponible mediante el método de Eberhart y Russell (1966).

4.3. Estabilidad según el modelo AMMI

En el Anexo 10 se presenta el análisis de varianza para el modelo AMMI. En este se detectó diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para los componentes principales CP1 y CP2, no así para la fuente de variación residual. Sólo el primer eje del análisis representó el 69,24% de la suma de cuadrados de la interacción.

Los resultados indicaron que el modelo expone con precisión la interacción CxA de cada cultivar y de los cuatro ambientes considerados, donde el alto valor del CP1 explicó la mayor variación atribuida a la interacción. Al respecto, Acevedo *et al.* (2010), en un estudio de estabilidad fenotípica de arroz encontraron que el CP1 expuso la mayor variación atribuida a la interacción. De este modo, pudieron analizar de manera fácil este complejo fenómeno en caracteres cuantitativos, lo que ayuda a mejorar la eficiencia del proceso de selección y recomendación de cultivares por parte del fitomejorador.

El estudio de la interacción realizado con el modelo AMMI se completó el empleo del “biplot” presentado en la Figura 6. En esta se muestra el rendimiento (kg ha^{-1}) de los 30 cultivares de caraota y de los cuatro ambientes en función de los vectores propios del CP1 (Cuadro 19 y Cuadro 22).

Los rendimientos superiores a la medias ($978,30 \text{ kg ha}^{-1}$), ordenados de manera decreciente, los produjeron los cultivares Gen-16, I-2494, I-2041, I-2254, I-2363. I-

2011, UCV-96, Corocito, UCV-88, UCV-56, UCV-100, I-2208 y Manuare. Los cultivares de CP1 más bajos, considerados estables fueron Gen-18, Gen-12, I-2208, Manuare, Gen-19, Tenerife, I-2148, Corocito, I-2494, Monatalban, UCV-27, I-2011, UCV-28, Tacarigua, I-2041, UCV-96, Gen-10, UCV-100, UCV-88, I-2368, UCV-56 e I-2226.

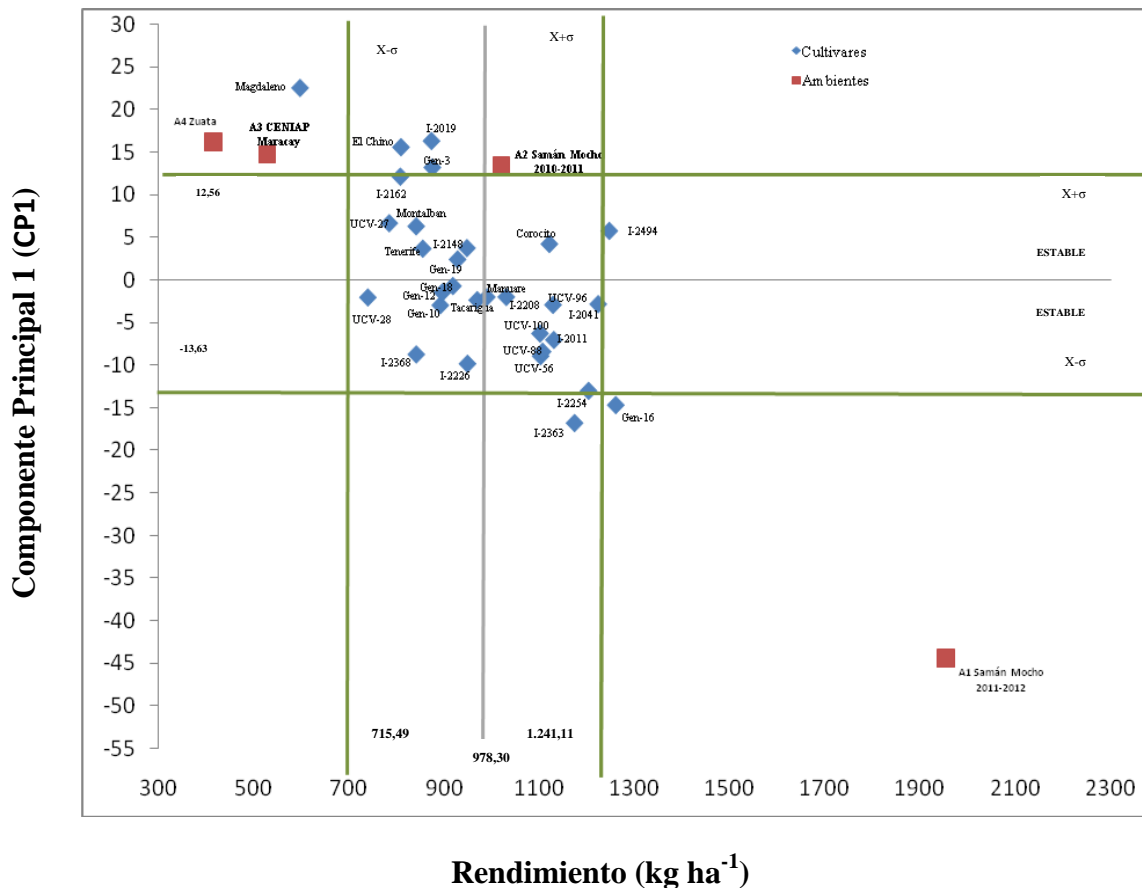


Figura 6. Doble representación (Biplot) del componente principal 1 (CP1) en función del rendimiento (kg ha^{-1}) de cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluados en cuatro ambientes durante los periodos 2010-2011 y 2011- 2012

La característica que se busca en los cultivares, es su estabilidad y que superen al rendimiento promedio (Castañón *et al.*, 2000; Madríz, 2009). De los cultivares estables I-2494, I-2041, I-2011, UCV-96, Corocito, UCV-88, UCV-56, UCV-100, I-2208 y Manuare superaron al promedio general (978, 30 kg ha⁻¹).

Los cultivares que mostraron inestabilidad fueron Gen-16, I-2363, I-2254, Gen-3, I-2019, I-2162 y El Chino; los tres primeros presentaron rendimientos superiores a la media. El Gen-16 fue el de mayor producción, con respecto al total de cultivares evaluados. Los cultivares inestables presentaron valores de CPI altos, los cuales contribuyen más con la interacción, como también lo refieren Matzavracó (2006) y Madriz (2009).

Con respecto a los ambientes, ninguno de los cuatro donde fueron evaluados los cultivares de caraota se ubicaron en el rango de estabilidad, por su altos valores de CPI (Cuadro 22 y Figura 6). Los rendimientos promedios de los ambientes A1 y A2, estuvieron por encima del promedio general (978,30 kg ha⁻¹); situación contraria, presentaron los ambientes A3 y A4.

En el caso del ambiente 1, Samán Mocho 2010-2011, donde su rendimiento estuvo en un 99,76% por encima del promedio general, también presentó el CPI mayor, en valor absoluto (Cuadro 22). Este ambiente fue el que más influyó con la interacción, en asociación con el cultivar Gen-16, el más rendidor. Es decir, que Gen-16 tuvo un comportamiento favorable en el mejor ambiente. Sin embargo, las condiciones optimistas del A1, reflejadas por su alta calidad de suelo (Cuadro 6), condiciones climáticas (Anexo 1 y Figura 1), con riego complementario cuando fue

necesario y manejo pertinente del cultivo, probablemente permitieron mostrar el potencial genético de los cultivares, resultados que coinciden con los reportados con Madríz (2009).

Cuadro 22. Componente principal de las desviaciones de la media general, según modelo AMMI, del rendimiento (kg ha^{-1}) de los ambientes donde se evaluaron 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) durante los periodos 2010-2011 y 2011-2012

Ambiente	Identificación del Ambiente	Rendimiento (kg ha^{-1})	CP1
A1	Samán Mocho 2010-2011	1.954,25	-44,48
A2	Samán Mocho 2011-2012	1.021,53	13,43
A3	CENIAP/INIA 2011-2012	529,92	14,77
A4	Zuata 2011-2012	416,32	16,27

El ambiente A2, Samán Mocho 2011-2012, no tuvo asociación con ninguno de los cultivares; sin embargo, los ambientes A3, INIA-CENIAP, Maracay y A4, Zuata, mostraron asociación con el Magdalena, que fue el de menor rendimiento y mayor valor de CP1 (Cuadro 19).

4.4. Método según Lin y Binns (1988)

Este método basado en el índice de superioridad (P_i) con respecto al cultivar o genotipo más rendidor en un ambiente dado, no incluye la realización de ANAVAR. Los resultados del índice P_i se muestran en el Cuadro 19, donde el menor valor lo

presentaron los cultivares I-2041 y Gen-16, considerándose como los más estables y adaptados. De estos, el primero está dentro de los cultivares estables con rendimiento superior al intervalo de confianza de la media ($978 \pm 166,92 \text{ kg ha}^{-1}$), según los métodos de Eberhart y Russell (1966), Cruz , Torres y Vencovsky (1989) y AMMI (Gauch y Zobel, 1988); mientras que, el segundo fue calificado como inestable, aunque su rendimiento superó la franja del intervalo de la media + una vez la desviación estándar; esta condición indica un buen comportamiento solo en ambientes favorables.

Mora y col. (2007), indican que en el procedimiento alternativo para evaluar el comportamiento de genotipos bajo interacción geotipo-ambiente propuesto por Lin y Binns (1988), la superioridad de un genotipo puede ser medida por el índice de superioridad (P_i), el cual es definido como el desvío del i -ésimo cultivar relativo al genotipo que entrega la respuesta máxima en cada ambiente. De esta manera, el cultivar superior debería ser aquel con menor valor de P_i y que permanecería dentro de los más productivos en un conjunto de ambientes de interés (Scapim *et al.*, 2000; Elias *et al.*, 2000; Mora *et al.*, 2007). Así, los cultivares con el menor valor P_i en esta investigación reflejan los rendimientos superiores. Esta condición coincide con los resultados obtenidos en otros trabajos (Madriz, 2009; Matzavracó, 2006; Rodríguez *et al.*, 2002).

Los cultivares Magdaleno y El Chino fueron los más inestables, por presentar los mayores valores P_i con 798 y 460, respectivamente. También, estuvieron dentro del

grupo de cultivares inestables en los métodos de Eberhart y Russell (1966), Cruz, Torres y Vencovsky (1989) y AMMI (Gauch y Zobel, 1988). Para el caso de Magdaleno, Madriz (2009) lo reporta como el cultivar más estable de acuerdo a la metodología de Lin y Binns, incluido en un estudio de estabilidad de rendimiento de ocho cultivares de caraota en ocho ambientes, donde uno de estos correspondió a la localidad de Samán Mocho, considera también en el presente trabajo. En esa investigación las evaluaciones se realizaron durante los años 2003, 2004 y 2005.

Siendo Magdaleno un cultivar comercial, validado en las zonas agrícolas de Venezuela, se espera un comportamiento estable; sin embargo, en este caso, su inestabilidad pudo haber estado influenciada, en primera instancia por la calidad de la semilla utilizada. En este ambiente (A1), el porcentaje de plantas establecidas a los 15 días después de la siembra (%PE15 dds) fue de 25% (Cuadro 9).

La metodología de Lin y Binns (1988) puede ser una buena alternativa para evaluar el rendimiento de un cultivar en la presencia de interacción genotipo ambiente. Además, la definición de superioridad es similar a las definidas en los objetivos de un programa de mejoramiento, donde un cultivar superior debería estar entre los más productivos en el mayor número posible de ambientes (Farias *et al.*, 1997; Mora *et al.*, 2007; Scapim *et al.*, 2000). Al respecto, Acevedo *et al.* (2010) señalan que esa metodología es de fácil aplicación e interpretación, existiendo la posibilidad de una aceptable discriminación entre los genotipos y siempre asocia mayor adaptabilidad y estabilidad con mayor rendimiento. Su utilización es ventajosa pero se requiere la acumulación de muchos resultados antes de concluir con base a

este análisis. Por su parte, Matzavracó (2006) indica que la metodología tiene un principio que apunta hacia la simplicidad, no dilucida de manera directa la curva de comportamiento de los genotipos en ambientes favorables o desfavorables; tampoco clasifica los ambientes de acuerdo a ese criterio.

CONCLUSIONES

Se evidenció la ocurrencia de interacción genotipo x ambiente, para %PE15dds, AP (cm), R (kg ha^{-1}), PF (g) y P100S, de los cultivares de caraota y ambientes incluidos en este estudio.

Los cultivares de mayor %PE15dds (Gen-10, Gen-12, Gen-16 y Gen-19) fueron líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP, Maracay.

Para la variable AP (cm) se detectaron diferencias altamente significativas, con un comportamiento distinto de los cultivares en los diferentes ambientes, lo cual dificulta la recomendación de un genotipo para todos los ambientes estudiados.

El rendimiento (kg ha^{-1}) estuvo influenciado por las condiciones de los ambientes, resaltando el potencial de todos los cultivares en el ambiente 1, Samán Mocho 2010-2011, a excepción de la variedad comercial Magdaleno.

Aunque el mayor valor de P100S (23,8 g) se ubicó en el ambiente 4, en un cultivar en particular, tuvo variación dentro del mismo ambiente y con respecto al resto de los ambientes.

El análisis de estabilidad de rendimiento (kg ha^{-1}) fue abordado por cuatro metodologías, observándose claras diferencias entre estas, en la clasificación de los cultivares como estables.

El modelo AMMI permitió identificar a los cultivares I-2494, I-2041, I-2011, UCV-96, Corocito, UCV-88, UCV-56, UCV-100, I-2208 y Manuare, como estable y con rendimientos que superaron al promedio general ($978,30 \text{ kg ha}^{-1}$).

Los resultados indicaron que el modelo AMMI expone con precisión la interacción CxA, de cada cultivar y de los cuatro ambientes considerados, donde el alto valor del CPI explicó la mayor variación atribuida a la interacción.

De acuerdo al índice de superioridad de Lin y Binns (1988), los cultivares I-2041 y Gen-16, fueron los más estables y adaptados. De estos, el primero está dentro de los genotipos estables con rendimiento superior a la media ($978,30 \text{ kg ha}^{-1}$), según los métodos de Eberhart y Russell (1966), Cruz, Torres y Vencovsky (1989) y AMMI (Gauch y Zobel, 1988); mientras que, el segundo fue calificado como inestable, con buen comportamiento en ambientes favorables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A.F.B.; M.A.P. Ramalho; M.J.B. de Andrade; I.A.P. Filho. 1996. Estabilidade e adaptabilidade de cultivares de feijão em algumas localidades do estado de Minas Gerais no período de 1994 a 1995. V Reunión Nacional de Pesquisa de Feijão. Anais vol 1, resumos expandidos, EMBRAPA-CNPAP, Goiânia, GO, Brasil. p 323-325.
- Acevedo D., F. J. 2003. El cultivo de la caraota. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora, Colección Docencia Universitaria. Barinas –Venezuela. Fondo Editorial UNELLEZ. 208 p.
- Acosta-Gallegos, J.A.; J.D. Kelly; P. Gepts. 2007. Prebreeding in Common Bean and Use of Genetic Diversity from Wild Germplasm. *Crop. Sci.* 47(53):544-559.
- Carbonell A.; A. Pompeu. 2000. Estabilidade fenotípica de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no estado de São Paulo. *Pesq. Agropec. Bras.* 35:321-329.
- Carvalho P.; J. Da Costa; J. Dos Santos; E. Pereira. 1995. Adaptabilidade e Estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo. *Pesq. Agropec. Bras.* 30:207-213.

Castañón G.; R. Zetina; R. Arano; B. Raygoza. 2000. El AMMI en la selección de los mejores híbridos experimentales de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 11(1):71-76.

CIAT. 1984. Morfología de la planta de frijol común; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Debouck, D.G.; R. Hidalgo. Producción: Ospina O., Héctor F.; Flor M., Carlos A. Cali, Colombia. 56 p.

Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. Academic Press, *Advances in Agronomy*. 44(1):55-85.

Crossa, J.; H.G. Gauch; R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci*. 6: 36-40.

Cruz, C.D.; R.A. Torresand; R. Vencovsky. 1989. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. *Rev. Bras. Gen.* 12: 567-580.

Díaz M., C. E.; N. Figueroa; R. Warnock. 2001. Estudio del crecimiento y desarrollo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes densidades de población. III. Rendimiento y sus componentes. *Rev. Fac. Agron.* 27:105-117.

Di Rienzo J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada; C.W. Robledo. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Eberhart S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Sci 6:36-40

Elias, H.T.; S. Hemp; C.A. Scapim; M.A. Rodovaldho; M.R. Royer; F. Mora; R.R. Barreto. 2005. Stability analysis of common vean genotypes in Santa Catarina State. Acta Scientiarum Agronomy 27:623-628.

Facultad de Agronomía –UCV. 2010. Samán Mocho – Ubicación – Clima – Superficie. Estaciones Experimentales. Facultad de Agronomía – UCV. <http://biblioagro.dynalias.com:8080/WEBAGR/estaciones/saman clima.php>

Farias, F.J.C.; M.A.P. Ramalho; L.P. Carvalho; J.A.N. Moreira; J.N. Costa. 1997. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. Pesqui. Agropecu. Bras. 32:407-414.

FEDEAGRO. 2013. Estadísticas Agropecuarias. Producción Agrícola

<http://www.fedeagro.org/produccion/> Consulta: 13/03/13.

Finlay K.; G. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754

Gaitán-Solís, E.; M.C. Duque; K.J. Edwards; J. Tohme. 2002. Microsatellite Repeats in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Isolation, Characterization, and Cross-Species Amplification in *Phaseolus* ssp. *Crop Science Society of America*: 42, 2128-2136.

García, O.E.; R.B. Infante; C.J. Rivera. 2009. Las leguminosas, una fuente importante de fibra alimentaria: Una visión en Venezuela. *INHRR.* 40(1): 57-63.

Garver E., E.; E. Falcón-Castillo; E. Peralta-Idrovo; J. Kelly. 2008. Encuesta a productores para orientar el fitomejoramiento de frijol en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana.* 19(1):07-18

Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44:705-715.

- Gauch, H.G.; R.W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. P. 85-122. *In*: M. S. Kang and H. G. Gauch (ed.) Genotype-by-environment interaction. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gepts, P.; D.G. Debouck. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *In*: Schoonhoven y Voyses (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement. CAB, Wallingford, UK. pp. 7-53.
- Gómez, K.; A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons. New York. USA. 680 p.
- González T.; E. Monteverde; C. Marín; P. García. 2007. Comparación de tres métodos para estimar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón. *Agrociencia*. 32(5):344-348.
- Granito, M.; J. Guinand; D. Pérez. 2006. Composición química y nutricional de variedades *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(4):513-522.
- Guzmán P. J. E. 2005. Cultivo de la caraota y el maíz. *Prácticas Agronómicas*. 4^{ta} edición. Caracas, Venezuela. ESPASANDE S.R.L. Editores. 306 p.

Kraan G.; F. Di Pane. 2009. Estabilidad de rendimiento: un aspecto a considerar.

AgroBarrow 40:12-18. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/Barrow>

Lacruz, L. 1994. La producción de semilla de caraota a nivel de pequeños

productores en Mérida y Trujillo. FONAIAP Divulga N° 46. Disponible en:

[http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd46/caraota.htm#](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd46/caraota.htm#resumen)

[resumen](#)

Lin, C.S.; M.R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for

cultivar x location data. Crop Science 68:193-198.

López S., E.; Acosta G., J. A.; Tosquy V., O. H.; Salinas P., R. A.; Sánchez G., B.

M.; Rosales S., R.; González R., C.; Moreno G., T.; Villar S., B; Cortina E., H.

M.; Zandate H., R. 2011. Estabilidad de rendimiento en genotipos

mesoamericanos de frijol de grano negro en México. Revista Mexicana de

Ciencias Agrícolas. 2(1):29-40.

López, J.; G. Ligarreto. 2006. Evaluación por rendimiento de 12 genotipos

promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón

para las zonas frías de Colombia. Agron. colomb. 24(2):238-246.

Lozada, C. 1997. Evaluación de 14 cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y estimación de la estabilidad del rendimiento en zonas altas del estado Lara. Bioagro 9(1):12-19.

Madríz, P.M. 2009. Efecto del ambiente en la absorción de flores y frutos y estabilidad del rendimiento en caraota, *Phaseolus vulgaris* L. Tesis Doctora. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela 244 p.

Madriz, P.M.; J.F. Luciani. 2002. Caracterización morfológica de 20 genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* (L) Wilezek). Rev. Fac. Agron. Maracay. 28:27-39.

MARNR. 2003. Diagnóstico físico natural de áreas pilotos. Informe Final Subproyecto 2. p. 19-26.

Matzavracó, K. 2006. Estimación y comparación de parámetros de estabilidad con fines de selección y recomendación en función de los ensayos regionales uniformes de maíz (*Zea mays* L.) del INIA. Tesis Maestría. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 178 p.

Meirelles, J.L.; A.F. Guidolin; F.I. F. de Carvalho; S. M. Meirelles; S. Hemp. 1999. Reflexos da interação genotipo x ambiente e suas implicações nos ganhos de

seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciencia Rural*, Santa Maria. 29(3):433-439.

Mora, O.A. 1983. Análisis de la estabilidad del rendimiento en cultivares de caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.) con fines de selección. Trabajo de Ascenso. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 86 p.

Mora, O.A.; O. Borges; A. Layrisse. 1984. Análisis de la estabilidad del rendimiento en cultivares de caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.) con fines de selección. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. XIV (1-2): 51-65.

Mora N., O. A. 1998. Mejoramiento genético de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en Venezuela. En: Un Programa Integral de Investigación en Leguminosas (Memorias del Taller realizado en Sartanejas, abril de 1998). Universidad Central de Venezuela, Vicerectorado Académico. Editado por Viera Díaz, Julio y Marín Chirinos Douglas. 227-232 pp.

Mora, F.; O. Pupim-Junior; C.A. Scapim. 2007. Predicción del efecto de cultivares de algodón en la presencia de interacción genotipo-ambiente. *Cien. Inv. Agr.* 34(1):13.21.

- Morros, M. E. 2001. Cultivo de la caraota con énfasis en el estado Lara. Maracay, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Lara. 74 p. (Serie D N°2).
- Najul C.; A. Anzalone. 2006. Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro* 18(2):75-82.
- Pérez, D.; N. Camacaro; M. E. Morros; A. Higuera. 2013. Leguminosas de grano comestible en Venezuela. Caraota, frijol y quinchoncho. *Agricultura en Venezuela* N° 1. José Luis Berroterán (Editor). Ediciones ONCTI, Caracas (Venezuela). 157 p.
- Rodríguez, J.E.; J. Sahagún; H.E. Villaseñor; J.D. Molina; A. Martínez. 2002. Estabilidad de siete variedades comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.) de temporal. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:143-151.
- Sabaghnia, N.; H. Dehghani; S. Sabaghpour. 2006. Nonparametrics methods for interpreting genotype x environment interaction of gentil genotypes. *Crop. Sci.* 46:1100-1106.
- San Vicente, F. (1982). Comparación del comportamiento de 20 cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos condiciones distintas de manejo. Tesis de

Maestría. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 32 p.

Scapim, C.A.; V.R. Oliveira; A.L. Braccini; C.D. Cruz; C.A.B. Andrade; M.C.G. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genet. Mol. Biol.* 23:387-393.

Singh, S. P. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars. *Crop Science.* 41:1659-1675.

Singh S. P. 1999. Production and utilization. En: Singh, S. P. (ed). *Common bean improvement in the twenty-first century.* Kluwer Academic Publishers. pp 1-24.

Strasburger, E. 1994. *Tratado de Botánica.* 8ª edición. Editorial Omega. Barcelona. 1088 p.

Vallejo C. F. A. y Estrada S. E. I. 2002. *Mejoramiento Genético de Plantas.* Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 401 p.

Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 195 p.

Zobel, R. W.; M.J. Wright; H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80(3):388-393.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE CULTIVARES LOCALES Y MEJORADOS DE CARAOTA

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la caraota (*P. vulgaris* L), principalmente la de color negra, es uno de los rubros que caracteriza al grupo de las leguminosas y representa el elemento básico del “pabellón criollo”, plato típico nacional. Esta se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones del país, cuya producción está dirigida en gran parte por pequeños y medianos agricultores. Se cultiva en áreas de producción campesina menores a 5 ha, con limitaciones agroecológicas, mano de obra básicamente familiar y poca utilización de recursos externos, siendo su destino los mercados locales.

El volumen de la producción, de las leguminosas de grano, entre éstas, la caraota, para autoconsumo y mercadeo local no se refleja en las estadísticas oficiales, pero representa una porción significativa de la producción, debido a la preferencia de consumo de estos granos dentro de las comunidades rurales (Gutiérrez, 2008).

En nuestro país, los pequeños agricultores o conuqueros siembran caraotas, tradicionalmente, por ser un cultivo base de su alimentación, manteniendo un germoplasma local valioso, del cual se tiene poca información, pero que representa una fuente potencial de genes de caracteres de importancia agronómica, y a la vez

patrimonio cultural de las comunidades que lo conservan (Gutiérrez, 2004). Generalmente, utilizan para su siembra semillas de las cosechas anteriores, desestimando las alternativas de variedades comerciales, debido probablemente a que estas no se adaptan a sus sistemas de producción por condiciones agroecológicas, socioeconómicas o culturales.

La liberación y distribución de una nueva variedad es la fase final en un programa de mejoramiento genético de un cultivo. El fracaso en esta etapa podría significar la pérdida de todo el esfuerzo previo en el proceso mejora y selección. Sin embargo, independientemente del trabajo realizado para el desarrollo de la nueva variedad, el éxito o fracaso de ésta depende fundamentalmente del agricultor, quien utiliza su criterio y experiencia para fijar su uso en condiciones comerciales.

Es evidente, la necesidad de generar nuevos cultivares de caraota que se adapten a zonas específicas y satisfagan los gustos de consumo de las poblaciones locales, de tal manera que sean de mayor provecho para los agricultores. Para tal fin, es importante que en los programas de mejoramiento genético, se consideren las experiencias y opiniones de los agricultores para garantizar la adopción y mejora de las nuevas variedades. Como alternativa, se ha desarrollado en la última década una metodología de mejoramiento participativo de cultivos que permite involucrar a los agricultores y a otros entes en la evaluación y selección de variedades o líneas mejoradas con el apoyo de técnicos e investigadores (Trouche *et al.*, 2006; Garver *et al.*, 2008).

El mejoramiento genético participativo (MGP) es un nuevo concepto de mejoramiento genético de plantas, desarrollado en primer lugar para responder a la demanda de variedades mejoradas de los pequeños campesinos de las zonas pobres o marginales para quienes el mejoramiento convencional fue poco exitoso (Trouche, 2003). Este puede ser dividido en dos categorías generales: Selección Participativa de Variedades (SPV), en la que los agricultores seleccionan las nuevas variedades a partir de líneas avanzadas genéticamente estables y fitomejoramiento participativo, donde la selección es a partir de poblaciones segregantes.

Dentro de los aspectos a considerar en el establecimiento de un programa de MGP está la caracterización socioeconómica, cultural y sistemas de producción, a través de un diagnóstico de las comunidades agrícolas. Esto permitirá obtener información que servirá de base para la definición de los objetivos del programa y desde esta fase los agricultores pueden ser motivados como parte activa de la sistematización del conocimiento comunitario.

Con miras a dar inicio a un programa de mejoramiento genético participativo, en la presente investigación se caracterizó una comunidad agrícola e identificó la preferencia y criterios de selección, por parte de agricultores, de cultivares locales y mejorados de caraota.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L.) en un modelo participativo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar una comunidad agrícola mediante un diagnóstico socio económico, cultural y de sistema de producción.
- Evaluar la preferencia y criterios de selección de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L.) con la participación de agricultores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes del Mejoramiento Genético Participativo

Las variedades liberadas por el sistema convencional de mejoramiento son obtenidas en condiciones muy controladas y dependientes de costosos paquetes tecnológicos, esto ha limitado su adopción en algunos contextos con sistemas económicamente frágiles, con acceso restringido a fuentes financieras para producir alimentos; principalmente, por la alta dependencia de insumos industriales para incrementar la productividad de los cultivos (Lamín *et al.*, 2005).

El fitomejoramiento convencional (FC) ha sido considerado exitoso en generar variedades con mayor productividad. Sin embargo, la expresión de este mayor potencial es restringido en campos con niveles reducidos de insumos y bajo condiciones de estrés complejo. Además, las preferencias de los pequeños agricultores en muchos casos resultan ser variables.

En general, los programas de fitomejoramiento de carácter centralizado y enfocado en una agricultura de altos niveles de insumos, a menudo no generan variedades que satisfagan las necesidades de los pequeños agricultores. Como consecuencia, las variedades de los programas de FC han tenido un impacto menor en la producción de la agricultura de pequeña escala (Almekinders *et al.*, 2006). Por otro lado, estas variedades resultan vulnerables al ataque de plagas y enfermedades, en ciertos ambientes específicos caracterizados por el empleo de bajos niveles de agroquímicos (Lamín *et al.*, 2005).

Teniendo en cuenta los argumentos anteriores, se ha comprobado la necesidad de implementar estrategias que requieran una mayor diversificación genética que pueda ser adaptada para las condiciones agroecológicas y socio económicas heterogéneas de los agricultores (Sperling y Scheidegger, 1995 y Lamín *et al.*, 2005). En razón de las limitaciones del fitomejoramiento convencional, surgió en los años ochenta el Fitomejoramiento Participativo (FP), como respuesta a la necesidad de resolver los problemas de los pequeños agricultores en el mantenimiento y manejo de la diversidad de variedades de cultivos en sus fincas, sobre condiciones de bajos insumos energéticos (Sperling y Scheidegger, 1995).

Morros y Pire (2003), reportaron que en el decenio de 1980 se inició la investigación en fitomejoramiento con la participación de los agricultores, como parte de la estrategia para implementar la adopción de las variedades sobre todo por productores de escasos recursos. La selección participativa de variedades tiene varias características en común: se identifican las necesidades de los agricultores acerca de los nuevos cultivares; los científicos seleccionan una gama de nuevas alternativas que tienen los rasgos deseados por los agricultores; se evalúan los nuevos cultivares y se comparan con las variedades locales. Una vez hecha la selección pasan a manos de los agricultores para que las cultiven junto con sus variedades locales siguiendo las prácticas tradicionales.

Almekinders *et al.* (2006), indican que con el FP se pretende dar solución a algunas de las restricciones con las que cuenta el FC. De esta manera, se le puede considerar una estrategia complementaria al FC, dirigida en primera instancia a áreas

variables y marginales o a pequeños agricultores que cultivan para autoconsumo y el mercado local.

Desde aproximadamente el año 2000, en diferentes países de Centroamérica, grupos de investigadores, fitomejoradores, antropólogos, agricultores y técnicos están llevando a cabo proyectos específicos de fitomejoramiento participativo (FP), en cultivos de granos básicos. En la región de Centroamérica, las primeras iniciativas del FP no llevaban esta denominación sino que eran parte de la temática llamada investigación participativa. A partir de 1998, con base en una iniciativa impulsada por la Cooperación Técnica de los Países Bajos, se formalizó un proyecto regional con el título de Programa Colaborativo para el Fitomejoramiento Participativo en la Región de Mesoamérica. Los objetivos perseguidos de manera global consistieron en generar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas y socio-económicas locales (Hocdé, 2006).

En Venezuela, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) a través de su Centro en el estado Lara ha venido desarrollando investigación participativa en diferentes rubros. En este sentido, Morros (1998), en un estudio sobre el cultivo de la caraota, indica que el proceso de investigación que se requiere no puede ser impuesto desde arriba, por técnicos, planificadores, agentes de desarrollo o investigadores con marcado desconocimiento de las limitaciones y potencialidades de los sistemas de producción a intervenir. Se plantea desarrollar una metodología integral que estimule la participación de los agricultores en la concepción, formulación, desarrollo y selección de las tecnologías más ajustadas a sus necesidades. Como ejemplo se tiene

la “Evaluación participativa de materiales promisorios de vainita (*P. vulgaris* L.) en las zonas altas del estado Lara (Morros y Pire, 2003). Por otro lado, Angola y Hernández (2010), en un estudio sobre evaluación agronómica de líneas promisorias de caraota (*P. vulgaris* L.) en un enfoque de mejoramiento genético participativo, indican que éste permite aprovechar conocimientos y experiencias de los entes participantes, enriqueciendo el proceso de mejoramiento genético y asegurando el mayor impacto de los productos de tal proceso, los cultivares mejorados donde los agricultores han manifestado su preferencia.

Otras instituciones, como la Fundación DANAC, también han considerado el mejoramiento participativo como una estrategia de investigación y desarrollo. En este sentido, en el II Congreso Venezolano de Mejoramiento Genético y Biotecnología, año 2005, fue presentada por Y. Jayaro, investigador de DANAC, una conferencia sobre “Evaluación participativa de variedades. Una estrategia para la obtención de cultivares de arroz en Venezuela”, donde explicó los antecedentes y alcances de esta investigación (Jayaro, 2005).

Definición de Mejoramiento Genético Participativo

De acuerdo a Hardon (1995) y Almekinders y Elings (2001), el concepto de Fitomejoramiento Participativo (FP) surgió como respuesta a las críticas frente al impacto que ha tenido el Fitomejoramiento Convencional (FC) en la producción agrícola en campos de pequeños agricultores. Se han utilizado otros términos para describir este tipo de enfoques en función de la fase del proceso de mejoramiento en

que se inicia la colaboración entre los agricultores y los fitomejoradores formales. Por ejemplo, se habla de selección participativa de variedades o SPV cuando se trata de cultivares estabilizados, o de mejoramiento participativo de plantas en sentido estricto cuando aún se trata de cultivares segregantes. Estos diferentes enfoques suelen subsumirse bajo el concepto de mejoramiento participativo de plantas (o mejoramiento participativo de cultivos).

Investigación Participativa (IP):

Es aquella investigación que prioriza la utilización de un conjunto de métodos diseñados para hacer valer los derechos de participación de los agricultores (as) en la toma de decisiones en la planificación, experimentación, evaluación, selección y difusión de tecnologías agrícolas (De Gouveia *et al.*, 2005).

Fitomejoramiento Participativo (FP): Es el proceso de cambiar a un cultivo su aspecto (carga, forma, etc.), mejorándolo a través de cruzas y/o selección, tomando en cuenta los criterios de preferencia de hombres, mujeres y científicos. Es un proceso dinámico que permite buscar la solución a los problemas mediante la interacción de investigadores, ONG's y productores; combina la ciencia con la práctica, mediante el respeto consensuado de investigadores y productores usando la participación de la mujer, con el objetivo de mejorar la alimentación de la familia y la comunidad, conservando y adoptando cultivares con aceptación del mercado y consiguiendo semillas adaptadas a las zonas donde viven los campesinos (Hocdé, H. 2006).

Fitomejoramiento Participativo: Es una estrategia y un proceso de mejoramiento genético de los cultivos el cual, generalmente, busca desarrollar

variedades apropiadas para los pequeños agricultores, poco tecnificados en condiciones de producción marginales y/o con exigencias de calidad de grano específicas, donde el fitomejoramiento convencional no ha logrado proveer variedades mejoradas adecuadas (Trouche *et al.*, 2006).

Mejoramiento Participativo de Cultivos (MPC): Consiste en involucrar a los agricultores y a otros participantes en la evaluación y selección de variedades o líneas mejoradas. Los métodos de MPC pueden ser divididos en dos categorías generales: Selección Participativa de Variedades (SPV) y Fitomejoramiento Participativo (Garver *et al.*, 2008). En este sentido, Almekinders y Elings (2001), indican que en el caso de SPV, los agricultores seleccionan las nuevas variedades a partir de líneas avanzadas genéticamente estables; mientras que, en fitomejoramiento participativo, los agricultores seleccionan a partir de poblaciones segregantes.

Fitomejoramiento Participativo (FMP): Es un proceso de mejoramiento colaborativo entre agricultores, consumidores, comerciantes e investigadores, en el cual se combina el conocimiento y la capacidad de los agricultores con la especialización de los fitomejoradores, para facilitar el acceso de los agricultores a materiales mejorados con base genética más amplia, en los que puedan aplicar procesos de selección y validación que les permita desarrollar cultivares más productivos, estables y adaptados a sus condiciones agroecológicas (Viñals *et al.*, 2002).

Importancia y Logros del Mejoramiento Genético Participativo

La importancia del fitomejoramiento participativo radica en que los agricultores, investigadores y otros actores de la cadena productiva trabajan juntos en el proceso de desarrollar nuevas variedades, evaluación y selección de los nuevos cultivares, difusión y producción de semilla (Trouche, 2003). Las fases claves de selección se realizan en fincas de agricultores (*in situ*). Estos seleccionan los cultivares según sus propios criterios. Se comparten los conocimientos y las decisiones entre agricultores e investigadores.

La implementación del FP da lugar al establecimiento de materiales con mayor adaptación a las condiciones de bajos insumos energéticos, lo cual posibilita un incremento en el rendimiento y la calidad de las cosechas. En el caso de Cuba, el actual reto de fitomejoramiento se enfoca en fortalecer el flujo de variedades en una agricultura nacional, con sistemas productivos más diversos, descentralizados y de bajos insumos de agroquímicos. La activa participación de los agricultores en la selección, experimentación, multiplicación y conservación de semillas, es una alternativa viable para el aumento de los rendimientos sobre la base de una mayor diversificación varietal (Ortiz *et al.*, 2008).

Quintero *et al.* (2006), indican que existe una amplia diversidad varietal en el cultivo de la caraota, capaz de satisfacer las demandas de agricultores y consumidores, así como las necesidades de adaptación a los ambientes específicos. Lo que ahora se necesita es, precisamente, llevar a cada ambiente particular las variedades de mejor adaptación al mismo. El fitomejoramiento participativo ha

constituido el mecanismo necesario para satisfacer esta necesidad técnica para aumentar los rendimientos, la diversidad de oferta, y la estabilidad y seguridad de la producción de este renglón alimenticio. En este sentido, Almekinders *et al.* (2006), manifestaron que una estrategia de fitomejoramiento puede hacer disponible mucha más diversidad genética al agricultor. La diversidad genética en términos generales favorecería la sostenibilidad del sistema agroecológico y daría oportunidades de mantener germoplasma de alto valor, no solamente para el agricultor, sino también para la humanidad.

Lamin *et al.* (2005), quienes evaluaron el impacto de la selección participativa de variedades de caraota (*P. vulgaris* L.) en La Palma, Pinar del Río en Cuba, indicaron que el acceso de los agricultores a una diversidad genética amplia a través de selección participativa de variedades, pudo contribuir a la mitigación de la erosión genética, favoreciendo un balance positivo de una mayor diversidad genética del cultivo en esas comunidades. Por otro lado, Viñals *et al.* (2002) observaron que los campesinos juegan un papel importante en el mejoramiento de las plantas, puesto que las variedades que ellos seleccionan y utilizan pueden superar a las variedades comerciales y precomerciales en algunos componentes del rendimiento.

Experiencias aportadas por el Proyecto de Investigación Integral para el desarrollo de las zonas altas del estado Lara (Venezuela), en trabajos de evaluación participativa de líneas avanzadas de papa y caraota, demostraron que la participación efectiva de agricultores y técnicos, el comportamiento de criterios y la toma de decisiones conjuntas en el proceso de desarrollo de investigaciones, pueden acortar el

periodo de evaluación y selección de nuevos materiales genéticos; así como constituye una garantía de capacitación mutua, facilitando la adopción de la tecnología y permitiendo generar investigaciones dentro de estrategias que respondan al desarrollo local integral y sostenido de las comunidades (Morros *et al.*, 1993).

Con la utilización de metodologías participativas en la selección local de variedades de caraota, Morros y Pire (2002) encontraron que los agricultores definieron como criterios favorables de selección de las variedades: el rendimiento, la tolerancia a plagas y la calidad del grano. En referencia a los criterios desfavorables, los agricultores descartaron los cultivares susceptibles a las principales plagas, así como, los que presentaron irregularidad en su madurez por la dificultad que representa para la cosecha.

En un estudio sobre evaluación agronómica de líneas promisorias de caraota (*P. vulgaris* L.) con un enfoque de mejoramiento genético participativo, Angola y Hernández (2010) lograron identificar los caracteres fenotípicos que los agricultores consideran primordiales al momento de discriminar los genotipos experimentales; entre estos, el ideotipo de la planta, o “carga”. Seguidamente, sin ser menos importante, tienden a apreciar otras variables como la susceptibilidad a plagas y enfermedades, días de siembra a cosecha prefiriendo aquellas variedades precoces. Por otro lado, el índice de preferencia (IP), permitió hacer una evaluación de los materiales en función de la apreciación de los participantes, encontrándose los siguientes resultados en las dos localidades donde se desarrollaron los ensayos: Para la Estación Experimental “Samán Mocho” el primer lugar lo obtuvo la variedad

comercial Tacarigua, seguido por las líneas avanzadas 88, 96 y 100, provenientes del programa de mejoramiento de caraota de la UCV. De los genotipos evaluados, en el caso de Valle de la Cruz, el más preferido fue la variedad comercial Magdaleno, seguido por Tenerife y las líneas avanzadas 27, 28 y 100, del programa de mejoramiento de caraota de la UCV. La línea 100 mostró un buen comportamiento en ambas localidades y fue de buena aceptación por parte de los agricultores, constituyéndose en un cultivar promisorio

En América Latina la experiencia sobre metodologías que prioricen la participación de los agricultores en actividades de investigación, ha aportado a las instituciones de investigación importantes avances para orientar y adecuar tecnologías a las condiciones socioculturales, económicas y agroecológicas de los agricultores (De Gouveia *et al.*, 2005).

De acuerdo a Sperling *et al.* (2001) los objetivos del MGP son:

- a. Ganancias en la productividad, incluyendo un incremento de la calidad y del valor agregado.
- b. Mejor eficacia del trabajo de mejoramiento por considerar mejor las demandas y preferencias de los agricultores y otros usuarios y las condiciones del medio.
- c. Conservación dinámica de la biodiversidad.
- d. Fortalecimiento de las capacidades de los grupos u organizaciones de agricultores.

Metodología de Mejoramiento Genético Participativo

Han sido diversas las técnicas de fitomejoramiento participativo de cultivos implementadas, muchas de las cuales están orientadas a las condiciones de cada región o país.

En un trabajo publicado por Ríos (2003) sobre los logros en la implementación del fitomejoramiento participativo en Cuba, indica que las etapas de investigación-desarrollo en FP se centran en:

- a. **Diagnóstico:** Este permite tipificar los agricultores de acuerdo a la caracterización socioeconómica y biofísica de los sistemas productivos. Este brinda argumentos clave para conocer los puntos de entrada de FP en las comunidades y desde esta fase los agricultores comienzan a sentirse parte activa de la sistematización del conocimiento comunitario.
- b. **Colección de los recursos fitogenéticos locales:** Brinda la posibilidad de conocer la diversidad manejada por los sistemas locales, facilita el acceso de estos a la propia comunidad, al sistema formal de fitomejoramiento y a otras comunidades o campesinos.
- c. **Desarrollo de ferias de diversidad:** Estas, se basan en una alternativa donde los fitomejoradores o los propios agricultores dan acceso a la diversidad genética proveniente de los sistemas formales e informales de semillas. Para esto se prepara un campo donde se reúnan todas las variedades con potencial de adaptación a las comunidades y los agricultores seleccionan aquellos cultivares que más les interesan. Las ferias de diversidad, además de ser una

inyección de diversidad genética con amplia aceptación comunitaria, han constituido una importante estrategia para la conservación de cultivares en peligro de pérdida y una ampliación del espectro de demanda de los agricultores.

d. **Experimentación campesina:** Una vez que los agricultores seleccionan los cultivares y con el objetivo de que sea analizada la respuesta de estos en condiciones específicas, desarrollan en sus fincas los experimentos, evalúan las variedades e intercambian semillas y experiencias a través de los talleres comunitarios, todo esto en conjunto con los investigadores.

Trouche *et al.* (2006), en un estudio sobre fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua, indica las etapas del proceso de FP del arroz aplicadas en el proyecto las cuales presentan en la Figura 7.

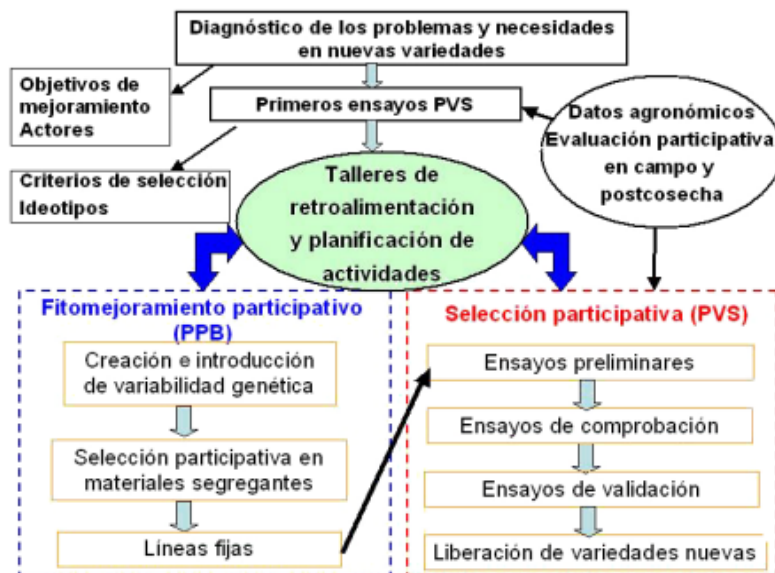


Figura 7. Etapas del proceso de fitomejoramiento participativo del arroz aplicado en el Proyecto

La etapa de diagnóstico estuvo encaminada a conocer mejor los sistemas de cultivo, las variedades utilizadas en los años anteriores y en la actualidad con sus características principales, los problemas y objetivos de producción y utilización, las formas de adquisición e intercambios de la semilla, entre otros, para finalmente determinar cuáles son los objetivos de mejoramiento para la zona. Estos diagnósticos se realizaron mediante talleres, reuniendo un grupo representativo de la comunidad. Con base a la información generada se establecieron los primeros ensayos de evaluación/selección participativa de líneas fijas y variedades (PVS en inglés), los cuales presentan a los productores una gama diversificada de nuevos cultivares. En estos primeros ensayos y los siguientes, los técnicos realizan las mediciones de las variables agronómicas y de rendimiento; los agricultores también evalúan los cultivares, tanto en campo como en postcosecha para los aspectos de calidad del grano de acuerdo a sus criterios (Trouche *et al.*, 2006).

En el estudio, el análisis de los resultados agronómicos y las apreciaciones de los agricultores permitió a los investigadores, precisar los criterios de selección con sus respectivos grados de importancia y los ideotipos de los productores, e identificar entre los materiales genéticos presentados cuáles son los que se acercan más a estos ideotipos. A partir de esos resultados, la continuación de los ensayos de PVS con germoplasma introducido y/o inicio de trabajos de selección participativa en materiales segregantes (PPB en inglés), son discutidas y planificadas con los productores y demás socios (Trouche *et al.*, 2006).

En una investigación sobre mejoramiento de maíces criollos de Honduras, mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo, Rosas *et al.* (2006) reportaron que el paso inicial para la ejecución del proyecto fue la conducción de diagnósticos para caracterizar a las comunidades participantes. Estos diagnósticos incluyeron aspectos socioeconómicos y sobre sus sistemas de producción. Las actividades de FP fueron precedidas por capacitaciones a técnicos y agricultores participantes. Se desarrollaron los materiales didácticos necesarios para la capacitación y los instrumentos para las actividades de FP por los agricultores. Las primeras capacitaciones se basaron en los resultados del diagnóstico y en los fundamentos de mejoramiento y selección en maíz. Las capacitaciones siguientes se efectuaron de acuerdo a los avances en el proceso de FP, incluyendo la necesidad de introducir nuevos genes a las poblaciones criollas, la aplicación de criterios de selección, el mejoramiento y manejo de poblaciones, la conducción de ensayos para estimar los avances por ganancia de selección, la validación y la liberación de variedades mejoradas, el incremento de semilla y el mantenimiento genético de las variedades y la producción comercial de semilla.

Las tres variedades adicionales de maíz desarrolladas mediante procesos de FP en Honduras, son en la actualidad las que se cultivan en mayor proporción en las comunidades participantes y vecinas; debido a que su proceso de adopción por los agricultores se inició durante las actividades de selección en las comunidades que integran el proyecto (Rosas *et al.*, 2006).

Técnicas de encuesta han sido utilizadas en MPC para solicitar a los agricultores sus opiniones de líneas o variedades en ensayos (Ceccarelli *et al.*, 2001 y Smith *et al.*, 2001). De esta manera, Garver *et al.* (2008) indicaron que los agricultores son involucrados en la selección de materiales para producción de semilla a gran escala o para avanzar en generaciones segregantes para eventuales selecciones. En este sentido, los mismos autores diseñaron y condujeron una encuesta para productores de frijol para recolectar información de muchos agricultores de varias comunidades, grupos étnicos y niveles económicos acerca de sus prácticas de producción de frijol, preferencias y problemas. La información fue recopilada para utilizarla en la definición de los objetivos y orientación de un programa de mejoramiento de frijol.

En un trabajo experimental con *P. vulgaris* en Colombia se mostró que los agricultores estaban en capacidad de seleccionar genotipos segregantes, así desarrollaron cultivares de similar rendimiento que los seleccionados por fitomejoradores, de acuerdo a Almekinders *et al.*, 2006.

Existen diferentes técnicas para evaluar tecnologías con la participación de agricultores; es importante escoger la más apropiada para cada situación. A continuación se mencionan algunas técnicas de evaluación participativa con agricultores, reportadas por Gandarillas y Almanzas, 2002; Guerrero *et al.*, 1996:

- **Método de cintas:** El agricultor mira todas las alternativas en campo y después coloca cintas al lado de las que más le gustaron. La alternativa preferida es la que tiene más cintas. Se pueden utilizar cintas de diferentes colores para

identificar las alternativas escogidas por cada agricultor. Se analiza con los participantes sus motivos para escoger cada alternativa.

- **Evaluación abierta:** El agricultor opina libremente sobre cada alterativa. El propósito es lograr que él piense en voz alta como si estuviera evaluando una nueva tecnología por cuenta propia. El entrevistador escucha y ayuda al agricultor a precisar sus respuestas; anotando exactamente lo que el agricultor opina, respetando sus palabras y expresiones.
- **Evaluación absoluta:** Evalúa la tecnología frente a una escala fija (o absoluta) y no relativa a otras alternativas, como en el caso del método de orden de preferencias. Con ésta, los agricultores tienen la oportunidad de evaluar cada una de las alternativas manifestando su preferencia e indicando los criterios de su selección. Posteriormente, las respuestas de los agricultores pueden clasificarse usando una escala de ponderación, donde las categorías malo, regular y bueno corresponden a una escala de 1, 3 y 5, respectivamente.
- **Orden de preferencias:** Es un método de evaluación relativa, porque se evalúa cada alternativa frente a las otras y no frente a una escala absoluta. El agricultor ordena alternativas desde la más preferida hasta la menos preferida. Por ejemplo, en el caso de un ensayo se podrían mover tarjetas representando los diferentes tratamientos; después se anotan las razones que el agricultor da por el orden asignado a cada alternativa.

- **Matriz de preferencias:** Los agricultores evalúan alternativas utilizando los diferentes criterios importantes para ellos en determinar su futura aceptabilidad. Cada agricultor del grupo da un puntaje a cada alternativa por cada criterio, usando granos de maíz o algún otro material local (por ejemplo, 1 grano = malo; 2 granos = regular y 3 granos = bueno). Así se construye una matriz con las alternativas como filas y los criterios como columnas.

De Gouveia *et al.* (2005), indican que el enfoque de evaluación absoluta es con frecuencia el más indicado cuando se trata de trabajos exploratorios donde el investigador y el agricultor se enfrentan a un número considerable de alternativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización socio-económica, cultural y sistemas de producción de la población agrícola El Pueblito

La investigación fue enmarcada en un contexto participativo, donde estuvieron involucrados agricultores de caraota de las poblaciones de El Pueblito, sector California, parroquia Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo y el sector Los Bagres, Los Valles de Tucutunemo, municipio Ezequiel Zamora, estado Aragua, quienes participaron en las evaluaciones de los cultivares en los ensayos de campo. A fin de conocer aspectos socio económicos, cultural y sistemas de producción donde habitan parte de los agricultores, se caracterizó la comunidad de El Pueblito, sector California, parroquia Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo. El diagnóstico se realizó entre los meses de enero y marzo de 2011. Se seleccionó esta comunidad porque parte de los agricultores tenían experiencia en la evaluación participativa de cultivares de caraota en Samán Mocho, en trabajo de investigación realizado por Angola y Hernández (2010).

La caracterización se realizó a través de un diagnóstico de la comunidad mediante entrevista semi-estructurada (Anexo 11). Esta fue aplicada a un grupo de agricultores y sus familias, siendo la muestra de 14 familias, que representaron el 23% de la población. El tamaño de la muestra de la población entrevistada fue considerado de acuerdo a la edad y se obtuvo según la expresión:

$$n = \frac{N k^2 \sigma^2}{N \varepsilon^2 + K^2 \sigma^2} = 14$$

Esta corresponde al tamaño de muestra irrestricta aleatoria para la estimación de una población finita (Cochran, 1980), donde:

N = tamaño de muestra

N = tamaño de la población = 60 (información suministrada por representantes del Consejo Comunal Local).

K = valor cuantil $(1 - \alpha)$ de la distribución de t de Student con infinitos grados de libertad, y $(1 - \alpha)$ es el coeficiente de confianza seleccionado al 95%.

σ^2 = varianza poblacional

ε = error máximo admisible

Los datos obtenidos de las entrevistas fueron procesados, tabulados y codificados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Se realizaron tablas de frecuencia y gráficos, que permitieron analizar y discutir los resultados.

Evaluación de la preferencia y criterios de selección por parte de agricultores de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L)

Para la evaluación de la preferencia y criterios de selección por parte de agricultores, de 30 cultivares de caraota, entre locales, líneas avanzadas y comerciales (Cuadro 23), se utilizaron los ensayos ubicados en la Estación

Experimental “Samán Mocho”, situada en las cercanías de la población de Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo, ciclos norte verano 2010-2011 y 2011-2012 y el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agrícola (CENIAP)-INIA, Av. Universidad, vía El Limón, municipio Mario Briceño Iragorry, Maracay, estado Aragua, ciclo norte verano 2011-2012, descritos en el Capítulo I.

Cuadro 23. Cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluados por los agricultores

N° Cultivar	Identificación	Clasificación
1	I-2011	CULTIVARES LOCALES
2	I-2019	
3	I-2041	
4	I-2148	
5	I-2162	
6	I-2208	
7	I-2226	
8	I-2254	
9	I-2363	
10	I-2368	
11	I-2494	
12	El Chino	
13	Gen-3	LÍNEAS AVANZADAS Programa de Mejoramiento Genético del INIA- CENIAP-Maracay
14	Gen-10	
15	Gen-12	
16	Gen-16	
17	Gen-18	
18	Gen-19	
19	UCV-27	LÍNEAS AVANZADAS Programa de Mejoramiento Genético de la FAGRO- UCV-Maracay
20	UCV-28	
21	UCV-56	
22	UCV-88	
23	UCV-96	
24	UCV-100	
25	Magdaleno	CULTIVARES COMERCIALES
26	Tacarigua	
27	Corocito	
28	Tenerife	
29	Montalbán	
30	Manuare	

Las evaluaciones se realizaron en la fase de madurez fisiológica de las plantas en la siembra, correspondientes a los 87 dds, 78 dds y 79 dds, respectivamente, mediante talleres de evaluación en campo con la participación de agricultores. Los talleres se iniciaron con una charla introductoria donde se explicó la importancia del Mejoramiento Genético Participativo y se dieron las pautas para la evaluación de los cultivares de caraota. Seguidamente, por observación directa en campo de las parcelas experimentales, los agricultores evaluaron cada una de los cultivares con un instrumento sencillo de selección justificada (Anexo 12), donde en las filas se identificaba el número de la parcela y en las columnas las condiciones de mala, regular y buena, y ¿por qué? de la selección. Cada parcela estaba identificada con un simple número, a fin de evitar prejuicios por conocimiento previo de un determinado genotipo.

Los datos obtenidos de la evaluación de los agricultores a los genotipos en campo, en cada localidad fueron ingresados en una base de datos hoja de cálculo, donde se colocaron los cultivares en filas y las condiciones de malo, regular y bueno en las columnas, calculándose la frecuencia de cada clase para cada cultivar. Con tales frecuencias se procedió a estimar una media ponderada, denominada índice de Preferencia (IP), donde las categorías de malo, regular y bueno correspondieron a una escala de 1, 3 y 5, respectivamente, transformándose la información en una variable cuantitativa (Angola y Hernández, 2010). Se identificaron, también los criterios del porque los agricultores prefirieron o seleccionaron un determinado cultivar.

Análisis estadístico

A la variable Índice de Preferencia (IP) se le determinó la estadística descriptiva. Después de verificar los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia de los errores se realizó el análisis de varianza (ANAVAR) por ambiente

En caso de obtener diferencias estadísticas significativas entre cultivares se procedió a efectuar la prueba de media de Duncan a un nivel de probabilidad de 5%, para determinar las diferencias estadísticas entre las medias. Los datos fueron procesados con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización socio-económica, cultural y sistemas de producción de la población agrícola El Pueblito

El Pueblito es una comunidad netamente rural, ubicado en el sector California, parroquia Tacarigua, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo. Está rodeada de pequeñas unidades de producción. Cuenta con organización comunitaria mediante el Consejo Comunal Bolivariano El Pueblito, conformado en el año 2007 y que para el momento del diagnóstico de la comunidad estaba funcionando, teniendo reuniones periódicas los días domingo en horas de la mañana.

Las principales características de la población agrícola El Pueblito son:

- **Edad y género:** El rango de edad que representa el mayor porcentaje de personas (38%) de las familias entrevistadas está comprendido entre 19 y 35 años; de este el 55% corresponde a una población masculina y el 45% a una población femenina. El segundo y tercer rango es de 36 a 47 años y de 48 a 59 años, representando un 17% y 15% de la población, respectivamente, igualmente con una condición de género constituida predominantemente por una población masculina en el rango de edad de 36 a 47 años; sin embargo, de 48 a 59 años el 63% de la población fue del género femenino (Figura 8). Esto indica que la comunidad se caracteriza por una población relativamente joven. En referencia a la condición de género el 56,6% de la población total está representado por masculinos y el 43,30% femeninas.

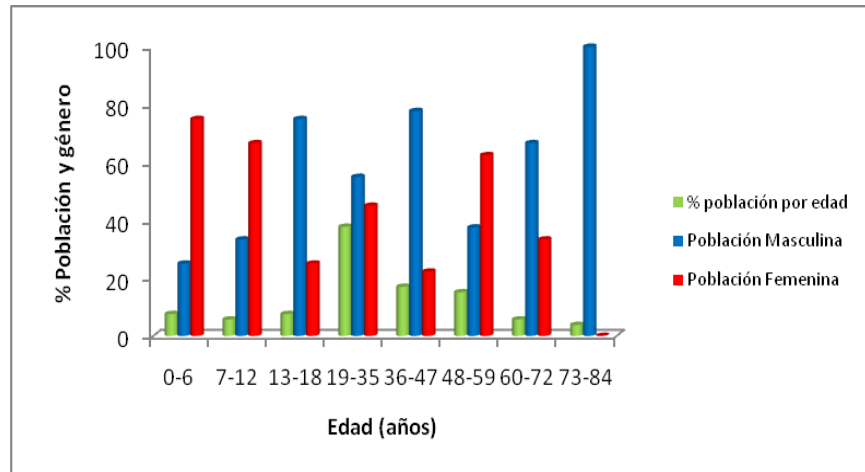


Figura 8. Edad (años) y porcentaje de población y género de personas que integraron las familias entrevistadas en El Pueblito, estado Carabobo

- **Educación:** En la comunidad de El Pueblito existe una escuela identificada como “Unidad Educativa Carlota Fuente de Pérez”. En estas los niños de la comunidad realizan sus estudios hasta 6to grado. La comunidad no cuenta con Liceo, por tal razón quienes continúan sus estudios se dirigen a un Liceo ubicado en la localidad de Las Minas, más o menos a 6 kilómetros de El Pueblito.
- **Nivel de escolaridad:** El 39,62% de los miembros de la comunidad cuentan con educación primaria, 28,30% bachilleres, un 15,09% universitario y un 16,98% no escolarizado. De la población no escolarizada el 55% son agricultores.
- **Vialidad:** La vía de acceso es engrazonada, en buenas condiciones.

- **Aguas blancas:** El servicio de agua proviene de un manantial y cada vivienda se surte de esta a través de mangueras. No se obtuvo información sobre la calidad del agua; sin embargo se conoció que no recibe ningún tipo de tratamiento antes de ser usada por la población. En oportunidades reciben agua de la Alcaldía de Municipio mediante camión cisterna.
- **Aguas servidas:** No existe sistema de recolección y distribución de aguas servidas, sino que estas son canalizadas por los mismos pobladores para ser vertidas a campo abierto muy cerca de las viviendas.
- **Electricidad:** Cuentan con servicio de electricidad, lo que les permite tener neveras, radios y televisores en sus viviendas.
- **Aseo:** No existe servicio de recolección de basura. Generalmente, una parte de esta la queman y otra la botan en las cercanías de las viviendas sin clasificarla.
- **Vivienda:** La tipología de las viviendas de las familias encuestadas fue 3 de bloques, representando un 21,43% y 11 ranchos que constituyen un 78,51%,., construidos de lámina galvanizada y techo de zinc.
- **Transporte:** Los habitantes de la comunidad se trasladan en unos vehículos rústicos, que tienen la ruta desde la población del Central Tacarigua hasta Manuare, pasando por El Pueblito. Es decir, que no existe una ruta de transporte fija para la comunidad.

- **Servicio Asistencial:** No existe ambulatorio o medicatura, no tienen ambulancia; así como, tampoco, médico o enfermera asignados. No cuentan con ningún programa de medicina preventiva o curativa. No está prevista la visita de ningún especialista de la salud a la zona. Los habitantes deben trasladarse para atender las emergencias hasta Noguera, pueblo ubicado a 6 km de El Pueblito, lo que se complica por la falta de transporte.
- **Actividad Agrícola:** Dentro de las actividades agrícolas las mujeres ocupan el 11,11% contra un 88,89% representado por los hombres. Por otro lado, El Pueblito es una comunidad rural por tradición, por lo que es de esperarse que la totalidad de los productores se dediquen a la agricultura; sin embargo, el 23,53% de los entrevistados además de dedicarse a su unidad de producción realizan otro tipo de actividad. De este 23,53% con actividades adicionales a la agrícola, un 50% trabaja en una agropecuaria beneficiadora de pollo cercana a la comunidad de El Pueblito y el 50% restante se dedica a la albañilería.
- **Aspectos económicos:** El ingreso mensual de las familias es desde 1.200,00 Bs hasta 5.047,51 Bs., con un promedio de 2.925,97 Bs (Cuadro 24). Se observa que la mayoría de las familias tienen un ingreso inferior al sueldo mínimo.

Cuadro 24. Ingreso mensual en bolívares (BS.) de las familias entrevistadas de la comunidad de El Pueblito en el estado Carabobo

N° Familia	INGRESO (Bs)		
	Individual	Familiar	Mensual
1			4000
2	3000	5047,51	5047,51
3	1200	1200	1200
4	2047,51	3047,51	3047,51
5	1000	3547,51	3547,51
6	3300	4300	4300
7	2047,51	800	2847,51
8			4047,51
9			1400
10			2000
11			2000
12			3200
13			1400
14			No informó
TOTAL			38037,55
Promedio			2925,97

El origen de los ingresos económicos de la manutención de las familias surge de las actividades laborales que realizan los miembros que la integran y participan en la actividades productivas, las cuales se describen a continuación: 44,74% depende de los ingresos por las actividades agrícolas, 18,42% que desempeñan funciones en beneficiadora de ave que se encuentra en población cercana a El Pueblito, donde laboran hasta las 2:00 p.m.; luego atienden sus parcelas desde las 3:00 p.m. y fines de semana, 26,32% que se desempeñan como obreros en diferentes empresas y otros representado por 21,05%. Tres (3) de los miembros de la comunidad encuestados cobran pensión y, de estos, uno tiene una bodega. De acuerdo a esta información, los miembros de la comunidad se desempeñan laboralmente en diferentes actividades,

correspondiendo el mayor porcentaje a la agrícola. Esto probablemente influenciado por su población, que es relativamente joven (Figura 8).

- **Cultivos y superficie de siembra:** Las unidades de producción de los agricultores presentan una diversificación de cultivos, siendo la caraota uno de los rubros sembrados en la zona (Cuadro 25). La mayor área de siembra corresponde al cultivo de cambur ($8^{1/2}$ ha), con 1,21 ha promedio por agricultor, seguido de la yuca y caraota con $7^{3/4}$ ha para ambos rubros; aunque la yuca es sembrada por 9 agricultores con un área promedio de 0,86 ha. Mientras que, la caraota es sembrada por 10 agricultores con un área promedio de 0,77 ha cada uno. Esto demuestra que los agricultores tienen conocimiento sobre el manejo de la caraota y tienen presente el ideotipo de planta de la misma.

Cuadro 25. Superficie de siembra de los cultivos sembrados por los agricultores

Cultivos	Nº Agricultores	Superficie (ha)	Promedio de superficie (ha) por agricultor
Café	4	$3^{1/4}$	0,81
Cambur	7	$8^{1/2}$	1,21
Plátano	2	1	$\frac{1}{2}$
Yuca	9	$7^{3/4}$	0,86
Auyama	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Ocumo	5	$1^{3/4}$	0,35
Ñame	9	4	0,44
Caraota	10	$7^{3/4}$	0,77
Frijol	4	$1^{1/2}$	0,37
Maíz	4	3	$\frac{3}{4}$
Ají Dulce	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Cacao	1	3	3
Cambur para hoja	2	$1^{1/4}$	0,62
Lechoza	1	1	1
Aguacate	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Limón, Mandarina y Naranja	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$

- **Semillas, financiamiento y maquinaria agrícola:** Las semillas que utilizan los agricultores, provienen de la cosecha de siembras anteriores, para la mayoría de los cultivos; es decir, que no utilizan semillas certificadas. En el caso de la caraota y el frijol, al realizar la cosecha guardan en tambores la semilla para la siembra del siguiente ciclo. La yuca, la cosechan y vuelven a sembrar. Mientras que, para el cultivo de maíz adquieren semilla certificada en la Agrícola ubicada en el Central Tacarigua, pueblo cercano a la comunidad de El Pueblito. En referencia al financiamiento, maquinaria agrícola y riego en 100% de los agricultores entrevistados manifestaron no contar con estos beneficios.
- **Distribución y comercialización de la cosecha:** El 14,29% de los agricultores utilizan la cosecha de sus productos agrícolas para autoconsumo, el 35,71% la vende a los intermediarios y el 42,86% la distribuye entre los intermediarios y autoconsumo. Del total de agricultores, el 7,14% no manifestó información sobre la comercialización de la cosecha (Figura 9).

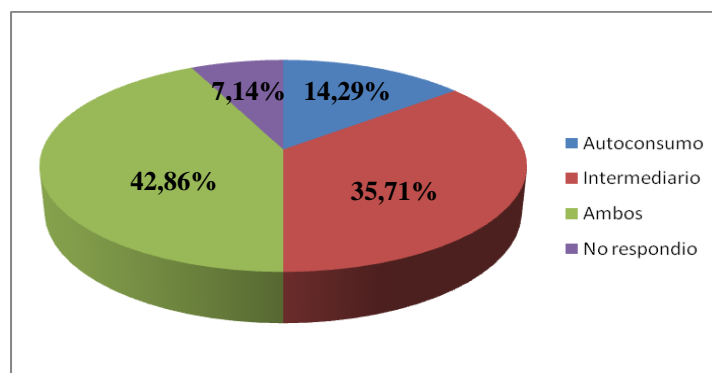


Figura 9. Comercialización de la cosecha que obtienen los agricultores de El Pueblito, estado Carabobo

Preferencia y criterios de selección por parte de agricultores de cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L.)

En la evaluación participativa estuvieron presente 16, 14 y 13 agricultores en la localidades de Samán Mocho, período de siembra norte-verano 2010-2011 (A1), Samán Mocho, de período siembra norte-verano 2011-2012 (A2) y Campo Experimental INIA-CENIAP, Maracay, período de siembra norte-verano 2011-2012 (A3), respectivamente.

Los valores medios y otros estadísticos descriptivos del índice de preferencia (IP) de cultivares de caraota en 3 ambientes se presentan en el Cuadro 26. En éste se observa una distribución normal de los datos. Los ambientes 2 y 3 presentaron iguales medias de IP, siendo de 3,31 e inferior a la media general de los 3 ambientes, la cual correspondió a un IP= 3,41. Los valores mínimos y máximos del IP fueron de 1,00 y 5,00 respectivamente, variando sólo en el ambiente 1. Esto indica que, los agricultores observaron un comportamiento diferente de los cultivares de caraota en el ambiente 1.

Cuadro 26. Medias y otros estadísticos del índice de preferencia de 30 cultivares caraotas evaluados por agricultores en 3 ambientes

Variable	Ambiente	Media	S	CV (%)	Vmín	Vmáx	Simetría	Kurtosis	Normalidad
IP	1	3,60	0,92	25,64	1,25	5,00	-0,83	0,19	0,91
	2	3,31	1,15	34,86	1,00	5,00	-0,48	-0,61	0,92
	3	3,31	0,87	26,45	1,00	5,00	-0,12	-0,47	0,96
	Media	3,41							

Desviación estándar (S), coeficiente de variación (CV), índice de preferencia (IP)

En el Cuadro 27 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza del IP de 30 cultivares de caraota evaluados por agricultores en tres ambientes. Se observa diferencias significativas de los cultivares solo en el ambiente 1; mientras que, en el ambiente 3 se observa diferencia significativa en la fuente de variación repetición, demostrándose que los agricultores observaron una variabilidad ambiental que fue distribuida entre los bloques y no dentro de los bloques. Los porcentajes de coeficientes de variación obtenidos 20,64%, 35,86% y 19,57% son aceptables y le dan confiabilidad a los resultados obtenidos.

Cuadro 27. Cuadrados medios del análisis de varianza del índice de preferencia (IP) de 30 cultivares de caraota evaluados por agricultores en tres ambientes

Fuentes de Variación	CUADRADOS MEDIOS			
	gl	A1	A2	A3
Repetición	1	2,20 ns	0,55 ns	14,26*
Cultivares	29	1,11*	1,28 ns	0,65 ns
Error	29	0,55	1,40	0,42
Total	59			
CV (%)		20,64	35,85	19,57

Diferencias estadísticamente significativas (*) altamente significativa (**), para valores de probabilidad ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$); no significativo (^{ns})

Las medias para la variable índice de preferencia (IP) se presentan en el Cuadro 28. En el ambiente 1, representado por la localidad de Samán Mocho, período de siembra ciclo norte-verano 2010-2011, los genotipos de mayor aceptación por parte de agricultores fueron los cultivares GEN-12 y GEN-16, con IP de 4,63; GEN-10 y UCV-96, con IP=4,57. Estos cultivares, son líneas avanzadas originadas de los

programas de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP (GEN-16, GEN-12 y GEN-10) y de la FAGRO-UCV (UCV-96).

Cuadro 28. Medias para la variable índice de preferencia (IP) de 30 cultivares de caraota evaluados por agricultores en tres ambientes

CULTIVAR	MEDIAS		
	A1	A2	A3
I-2011	3,88 ab	4,36	2,70
I-2019	2,01 cd	2,29	3,29
I-2041	3,94 ab	4,86	3,77
I-2148	3,88 ab	3,43	3,62
I-2162	2,63 bcd	3,50	3,08
I-2208	3,57 abc	3,65	2,39
I-2226	3,94 ab	2,57	3,00
I-2254	3,75 abc	2,57	4,23
I-2363	4,13 ab	3,15	3,15
I-2368	4,20 ab	1,72	3,00
I-2494	2,88 abcd	2,79	3,62
El Chino	2,63 bcd	3,93	3,00
GEN-3	3,07 abcd	4,50	2,54
GEN-10	4,57 a	2,29	3,46
GEN-12	4,63 a	2,65	3,70
GEN-16	4,63 a	4,86	3,29
GEN-18	3,88 ab	3,50	3,31
GEN-19	4,07 ab	2,86	4,23
UCV-27	3,50 abc	3,65	3,70
UCV-28	4,13 ab	2,14	4,39
UCV-56	4,00 ab	3,29	4,16
UCV-88	3,38 abcd	3,14	2,00
UCV-96	4,57 a	3,08	3,46
UCV-100	3,38 abcd	4,22	3,46
Magdaleno	1,69 d	2,86	3,62
Tacarigua	3,75 abc	3,00	3,23
Corocito	4,13 ab	4,22	2,62
Tenerife	2,69 bcd	2,86	3,08
Montabán	3,26 abcd	3,72	2,62
Manuare	3,38 abcd	3,57	3,29
PROMEDIO	-----	3,31	3,30

Prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Letras diferentes en las columnas indican promedios estadísticamente diferentes. Las columnas sin letras presentaron ausencia de diferencias significativas entre cultivares

La variedad comercial Magdaleno fue la menos preferida por los agricultores, presentando un $IP=1,69$. El resto de las variedades comerciales, aunque tuvieron un comportamiento estadísticamente similar, presentan índices de preferencia por debajo de 4, a excepción de Corocito; es decir, que dentro de ese grupo fue la de mayor interés de los agricultores. En los ambientes 2 (A2) y 3 (A3), todos los cultivares estuvieron representados por los valores promedios de IP igual a 3,31 y 3,30 respectivamente.

Tacarigua, que es la variedad comercial de tradición en el mercado, no reflejó la mayor aceptación por los agricultores. Esto indica, la importancia de generar nuevas alternativas de variedades comerciales que satisfagan sus necesidades; trabajo que está adelantado con las líneas avanzadas de los programas de mejoramiento genético de caraota, en el país, y que están presentando aceptación por parte de los agricultores.

Angola y Hernández (2010), en un estudio sobre evaluación agronómica de cultivares de caraota, en un enfoque participativo en Samán Mocho, encontraron que el genotipo de mayor aceptación por los agricultores fue el cultivar Tacarigua, resultado que difiere del obtenido en esta investigación. También, fueron de interés para los agricultores las líneas avanzadas UCV-88 y UCV-96, de las cuales solo la UCV-96 resultó de mayor preferencia en el presente trabajo. Por otro lado, aun siendo la misma localidad, generalmente las condiciones ambientales varían en cada año, principalmente la precipitación.

Al revisar los criterios considerados por los agricultores a fin de calificar como bueno, regular o malo un cultivar destacan los indicados en el Cuadro 29. Los agricultores prefirieron plantas de porte tipo maticá, es decir erecta porque lo siembran como monocultivo y esta característica corresponde a los cultivares mejorados; mientras que, generalmente, los cultivares locales tienden a ser volubles y trepadores. Este resultado coincide con el reportado por Lacruz (1994), en un estudio de producción de semilla de carota a nivel de pequeños productores en Mérida y Trujillo. El autor indica, que en la investigación casi la totalidad de los agricultores prefirieron carota tipo “arbolito o maticá” (erecto-determinado). También señaló, que algunos agricultores manifestaron que a la carota “rabuda” (erecto-indeterminado) se le pudren mucho las vainas inferiores y cuando las cosechan, las vainas superiores no están bien secas; es decir, hay maduración desuniforme. En este sentido, concluye que en los programas de mejoramiento genético de carota debe considerarse los cultivares erectos (tipo arbolito), ya que es la preferencia de los agricultores.

Otras características, de interés, manifestada por los agricultores fueron buena carga y maduración uniforme de los frutos, correspondiente a cultivares de alto potencial; así como, la producción de semilla grande y pesada. La buena carga está referida, técnicamente, al número de vaina por planta.

Los criterios señalados por los agricultores, expresan el ideotipo de cultivar de carota deseado por ellos. Por tal razón, es importante que estos sean considerados en los programas de mejoramiento genético del cultivo, por cuanto los agricultores son los demandantes principales de los nuevos cultivares que se generen; además,

esto permitirá su fácil adopción en las comunidades agrícolas donde se siembre este rubro.

Cuadro 29. Criterios considerados por los agricultores para clasificar a los cultivares de mayor o menor preferencia

Cultivar	Criterios de acuerdo a la categoría		
	BUENO	REGULAR	MALO
AMBIENTE 1			
I-2368	Buena carga.	Desuniformidad en la maduración de los frutos.	
Gen-10	Buena porte y buena carga.	Frutos manchados.	
Gen-12	Buena porte tipo matica y buena carga.	Fruto estrecho, semilla pequeña, tallo grueso.	
Gen-16	Buen porte, matica, buena carga y maduración.	Manchas en las vainas	
UCV-96	Bejuco, tallo grueso, buena carga.	Desuniformidad en la maduración de los frutos.	
Magdaleno			Poca población de plantas y con poca carga
AMBIENTE 2			
I-2011	Buena carga, semillas grandes y pesadas.	Acame	
Gen-3	Plantas tipo matica, buena carga y maduración uniforme.		
Gen-16	Buena carga y maduración uniforme.		
Gen-16	Buena carga y maduración uniforme.		
UCV-100	Buena carga y maduración uniforme. Semilla grande	Acame	
Corocito	Buena carga	Semipostrada	
I-2368			Plantas débiles, poca carga y desuniformidad en la maduración
AMBIENTE 3			
I-2041	Buena carga.	Planta grande, crecimiento indeterminado.	
I-2254	Alto potencial, buena carga.	Acame	
Gen-19	Plantas paraditas, buena carga.		
UCV-28	Buena carga, semillas grandes, alto potencial y uniforme.		
UCV-56	Porte matica, buena carga, semillas grandes.		
UCV-96			Baja población de plantas y desuniformes, poca producción de vainas y semillas pequeñas.

De Gouveia *et al.* (2005), indican que en América Latina la experiencia sobre metodologías que prioricen la participación de los agricultores en actividades de investigación ha aportado a las instituciones de investigación importantes avances para orientar y adecuar tecnologías a las condiciones socioculturales, económicas y agroecológicas de los agricultores.

CONCLUSIONES

La población de El Pueblito en el estado Carabobo, cuenta con una organización comunitaria, representada por un “Consejo Comunal Bolivariano El Pueblito”, conformado en el año 2007 y que está activo.

Los miembros de la comunidad están representados en un 56,6% por una población masculina y 43,30% femenina; caracterizándose por una población relativamente joven. Aunque la comunidad cuenta sólo con una Unidad Educativa con servicio hasta 6^{to} grado, el nivel de escolaridad es alto, constituido por un 83,01%; mientras que, el mayor porcentaje de la población no escolarizada corresponde a los agricultores (55%).

En referencia al servicio de agua blanca, la distribuyen mediante mangueras desde un manantial hasta las viviendas. Cuentan con servicio de electricidad. En lo que respecta al tipo de vivienda se encontró que el 78,5% está constituida por ranchos y el 21,43% restante son de bloque. La comunidad no cuenta con aseo urbano, servicio asistencial, ni transporte directo.

La actividad agrícola está representada en un 88,89% por hombres y el 11,11% restante por mujeres. Un 23,53% de los agricultores, además de atender sus unidades de producción realizan otras actividades distintas a la agrícola.

El ingreso promedio mensual de las familias fue de 2.925,97 Bs. para el momento del diagnóstico, lo que indica muy por debajo del sueldo mínimo. La manutención de los núcleos familiares proviene del aporte de varios de sus miembros, de acuerdo a las actividades económicas que realizan, donde además algunos cobran pensión.

Las unidades de producción se caracterizan por una diversificación de cultivos, destacándose por área de siembra el cambur ($8^{1/2}$ ha), yuca ($7^{3/4}$ ha) y caraota ($7^{3/4}$ ha), con la participación de 7, 9 y 10 agricultores, respectivamente. Las semillas que utilizan para la siembra de los cultivos provienen de las cosechas anteriores, disponiéndose muy poco de semillas certificadas para la mayoría de los rubros.

La cosecha obtenida de los diferentes rubros es distribuida en un 14,29% para autoconsumo, 35,71% vendida a intermediario y el mayor porcentaje (42,86%) agrupa el autoconsumo y venta a intermediarios.

Los cultivares de mayor aceptación por los agricultores en el A1, sembrados en el ciclo norte verano 2010-2011, en la localidad de Samán Mocho, correspondieron a líneas avanzadas de los programas de mejoramiento genético de caraota del INIA-CENIAP y UCV, Maracay; mientras que, en el resto de los ambientes Samán Mocho (A2) y CENIAP-INIA en Maracay (A3), donde los cultivares de caraota fueron

sembrados en el periodo 2011-2012, se observó ausencia de diferencias estadísticas en el IP.

La variedad comercial de menor aceptación por los agricultores en el A1 fue Magdaleno; mientras que, Tacarigua, que es la variedad comercial de tradición en el mercado, tampoco fue de interés.

Existe la necesidad de generar nuevas alternativas de variedades comerciales de caraota que sean aceptadas por los agricultores, considerando sus criterios de selección; trabajo que está adelantado con las líneas avanzadas, en evaluación, de los programas de mejoramiento genético nacionales del rubro y que están presentando su interés.

El ideotipo de cultivar preferido por los agricultores, de acuerdo a los criterios manifestados, está referido a plantas de porte tipo matica, con alto número de vainas por planta (buena carga) y maduración uniforme de los frutos. Además, que tengan una producción de semilla grande y pesada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almekinders, C.; Molina-C., J.; Herrera-T., R.; Merlo-O., S. L.; González-S., J. M.;
García-C., J. 2006. Experiencias y aprendizajes del desarrollo de variedades de
frijol de manera participativa en el norte de Nicaragua. *Agronomía
Mesoamericana* 17(3):327-336.
- Almekinders, C.; A. Elings. 2001. Collaboration of farmers and breeders:
Participatory crop improvement in perspective. *Euphytica* 122 (3):425.-438
- Angola, C.C.; J.G. Hernández. 2010. Evaluación Agronómica de líneas promisorias
de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en un enfoque de mejoramiento genético
participativo. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, Venezuela;
Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 70 p.
- Cercarelli, S.; S. Grando; E. Bailey; A. Amri; M. El-Gelah,; F. Nassi; S. Rezgui;
Yahyaoui. 2001. Farmer participation in barley breeding in Syria. Morocco and
Tunisia. *Euphytica* 122:521-536.
- Cochran, W.G.; G. Cox. 1980. Diseños de Experimentos. 1ª ed. en español, 6ª
reimpresión. México. Editorial Trillas.

De Gouveia, M.; A. Bolívar; M. López; A. Salih; H. Pérez. 2005. Participación de agricultores en la selección de materiales genéticos de frijol (*Vigna unguiculata*) evaluados en suelos ácidos de la Parroquia Espino, estado Guárico (Venezuela). Cuadernos de Desarrollo Rural (54): 13-29.

Di Rienzo J.A., F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada; C.W. Robledo. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Gandarillas, E.; J. Almanza. 2002. Como escoger técnicas para evaluar alternativas tecnológicas con la participación de agricultores. PROINPA:Cochabamba. Ficha Técnica N°7.

Garver, E.; E. Falcón-Castillo; E. Peralta-Idrovo; J. Kelly. 2008. Encuesta a productores para orientar el fitomejoramiento de frijol en Ecuador. Agronomía Mesoamericana 19(1):07-18

González, G.; D. Pérez; A. Trujillo; M. Gutiérrez. 2007. Caracterización morfológica de 86 accesiones de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenecientes al banco de germoplasma del INIA-CENIAP. XVII Congreso Venezolano Botánica. DC-10. 471-474 p.

- Guerrero, M. del P.; J. Sabih; T. Gracia. 1996. Evaluación de tecnologías con productores: Ordenamiento de Preferencias. Unidad Instruccional N° 2. Cali, Colombia. CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical. 127 p.
- Gutiérrez, M.; C. Quiroz; D. Pérez; D. Rodríguez; T. Pérez; A. Martínez; W. Pacheco; C. Marín. 2004. Conservación *in situ* de diversas especies vegetales en conucos (home gardens) de los estados Carabobo y Trujillo de Venezuela. *Plant Genetic Resources News*. 137:1-8
- Gutiérrez, M. 2008. Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, Venezuela. MPPAT-INIA, FAO. 171 p.
- Hardon, J. 1995. Participatory plant breeding. The outcome of a workshop on participatory plant breeding, 26-29 July 1995. *Plant Genetic Resources* N° 3, October 1995. IPGRI, Rome.
- Hocdé, H. 2006. Fitomejoramiento participativo de cultivos alimenticios en Centro América: Panorama, resultados y retos. Un punto de vista externo. *Agronomía Mesoamericana*. 17(3):291-308.

- Jayaro, Y. 2005. Evaluación participativa de variedades. Una estrategia para la obtención de variedades de arroz en Venezuela. III Congreso Venezolano de Mejoramiento Genético y Biotecnología. IDEA, Sartenejal, 20 de octubre de 2005. Disponible en línea: http://danac.org.vr/ocs/papers.php?first_setter=j&cf=1
- Lamin, N. G.; S. Miranda; H. Ríos. 2005. Evaluación del impacto de la selección participativa de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en La Palma, Pinar del Río. Cultivos Tropicales 26(4):89-94
- Morros, M. E. 1998. El cultivo de la caraota: su importancia y su cultivo. En “Un Programa Integral de Investigación en Leguminosas” (Memorias del Taller realizado en Sartanejas, abril de 1998). Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Vicerectorado Académico. Editado por Viera Díaz, Julio y Marín Chirinos Douglas. 169-174 pp.
- Morros, M.E.; A. Pire. 2003. Evaluación participativa de materiales promisorios de vainita *Phaseolus vulgaris* L. en las zonas altas del estado Lara. Rev. Fac. Agron. (Luz) 20:21-33
- Morros, M. E.; A. Pire. 2002. Utilización de Metodologías Participativa en la selección local de variedades de caraota *Phaseolus vulgaris* L. Agronomía Tropical. 52 (1):59-74.

- Morros, M.; C. De Marcano; L. Salazar. 1993. La evaluación participativa de materiales genéticos avanzados de papa y cañote: Experiencia en un Proyecto de Investigación Integral. Revista Investigación Desarrollo para América Latina FONAIAP/CIRAD N°3:51-61
- Quintero, E.; V. Gil; H. Ríos; C.M. Martínez; M. Díaz. 2006. El fitomejoramiento participativo del frijol y su impacto en la introducción de caracteres positivos a los sistemas agrícolas de Villa Clara. Centro Agrícola, año 33. N°3:41-46.
- Trouche, G.; L. Narváez-Rojas; Z. Chow-Wong; J. Corrales-Blandon. 2006. Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: Metodologías, resultados y lecciones aprendidas. Agronomía Mesoamericana 17(3):309-325.
- Trouche, G. 2003. Mejoramiento poblacional participativo del arroz: Nueva metodología adaptada a las necesidades de pequeños productores de América central y el Caribe. In: Mejoramiento poblacional, una alternativa para explorar los recursos genéticos del arroz en América latina. Editor Elcio P. Guimarães. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 374 P.
- Ríos, H. 2003. Logros en la implementación del fitomejoramiento participativo en Cuba. Cultivos Tropicales. 24(4):17-23.

- Rosas, J. C.; O. Gallardo; J. Jiménez. 2006. Mejoramiento de maíces criollos de Honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. *Agronomía Mesoamericana* 17(3):383-392.
- Ortíz, R.; H. Ríos.; M. Ponce; L. Angarica.; F. Chávez; M. Cruz; R. Caballero. 2008. Impacto del fitomejoramiento participativo del frijol en Cooperativas Agrícolas del Occidente Cubano. *Cultivos Tropicales* 29(1):11-16.
- Smith, M.E.; F. Castillo; F. Gómez. 2001. Participatory plant breeding with maize in Mexico and Honduras. *Euphytica* 122:551-565.
- Sperling, L.; J. Ashby; E. Weltzien; M. Smith; S. McGuire. 2001. Base-broadening for client-oriented impact: Insights Drawn from Participatory Plant Breeding Field Experience. IPGRI/FAO. *Broadening the Genetic BASE OF Crop Production* (eds H. D. Cooper, C. Spillane and T. Hodgkin). p. 419-435
- Sperling L.; U. Scheidegger. 1995. Results, methods and institutional issues in participatory selection: The case of beans in Rwanda. En: *Using Diversity. Enhancing and Maintaining Genetic Resources on farm. Proceedings of a workshop.* (1995 jun. 19-21: New Delhi). p. 102-114.

Viñals, M.E.; R. Ortíz; M. Ponce; H. Ríos. 2002. Análisis de la diversidad fenotípica de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas por los campesinos en la comunidad La Palma en Pinar del Río. Cultivos Tropicales 23(1):15-19.

CAPITULO III

ESTIMACIÓN DE LA SIMILITUD GENÉTICA ENTRE CULTIVARES LOCALES Y MEJORADOS DE CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.) CON EL USO DE TÉCNICAS MOLECULARES

INTRODUCCIÓN

Los cultivares comerciales de uso actual en Venezuela producto del mejoramiento genético convencional, provienen de la introducción de líneas avanzadas de los programas de mejoramiento de otros países, especialmente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y subsiguiente selección individual dentro de esas poblaciones.

El avance genético en el mejoramiento de la caraota ha estado limitado, debido a la reducida variabilidad genética, por la utilización de progenitores genéticamente cercanos y por el efecto de autofecundación. Por otro lado, los estudios de isoenzimas y moleculares indican que durante el proceso de domesticación de la especie sólo una porción de la diversidad genética presente en las formas silvestres fue domesticada y que pocas plantas dentro de aquellas poblaciones participaron en el proceso de domesticación, lo que se conoce como efecto fundador (Gepts y Debouck, 1991). Estas realidades explican la poca variabilidad encontrada en la especie cultivada, lo

que a su vez conlleva a la vulnerabilidad del cultivo frente a efectos adversos y la necesidad de disponer de una variabilidad genética diferente.

Pocos estudios se han realizado para determinar las relaciones genéticas a escalas geográficas reducidas o dentro de una misma clase comercial Vidal-Barahona *et al.* (2006). En los programas de mejoramiento genético de caraota es importante verificar que los nuevos cultivares a desarrollar tengan un origen distinto a los cultivares en uso actual, y distintos entre sí. Estas diferencias genéticas pueden ser identificadas a través de técnicas moleculares disponibles para esta especie. Esto simplifica el proceso que tradicionalmente se ha usado, basado en marcadores morfológicos, los cuales son afectados por el ambiente y el estado de desarrollo de la planta.

El estudio de la diversidad genética con marcadores moleculares no está influenciado por el medio ambiente y muestra un alto nivel de polimorfismo, posibilitando una descripción más detallada de la estructura genética de las poblaciones (Miranda *et al.* 2006).

Los marcadores moleculares revelan sitios de variación en el ADN y son los más utilizados en el análisis del germoplasma vegetal. Debido a su abundancia son generados por diferentes tipos de mutaciones en el ADN, así como mutaciones por sustitución (puntuales), reordenamiento (inserciones o deleciones) o errores en la replicación del ADN en tándem (Gill-Langarica y Mayek-Pérez, 2008).

Una de las técnicas moleculares, estudiadas con mucho éxito, para la obtención la huella genética de ADN o determinar variabilidad del género *Phaseolus* es la de Microsatélites (Blair *et al.*, 2006, Blair *et al.*, 2003, Gaitán-Solís *et al.*, 2002;

Hamann *et al.*, 1995; Yu *et al.*, 1999), porque requieren de poco ADN y pueden automatizarse para el análisis de alto rendimiento (Miklas *et al.*, 2006).

Los marcadores microsatélites se basan en PCR con pocos requerimientos en términos de calidad y cantidad de ADN. Son co-dominantes y muy polimórficos, con gran número de alelos por locus. Son abundantes y están bien distribuidos en el genoma pudiendo llegar a representar el 80% del ADN genómico de eucariotas (Courtois *et al.*, 2003). Por su alto grado de polimorfismo pueden ser utilizados para diferenciar genotipos con alto grado de parentesco.

De allí que en este trabajo se estimó la similitud genética entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L) con 20 microsatélites.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estimar la similitud genética entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L) con el uso de marcadores moleculares tipo microsatélites.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Cuantificar la diversidad entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L).
- Determinar la homogeneidad entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L).
- Determinar la similitud genética entre cultivares locales y mejorados de caraota (*P. vulgaris* L) con 20 microsatélites.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen genético de *Phaseolus vulgaris* L.

El género *Phaseolus* comprende 50 especies de las cuales cinco se cultivan. Estas son: *P. vulgaris* L. (caraota común), *P. coccineus* L. (Caraota florida), *P. lunatus* (guaracaro, tapiramo), *P. acutifolius* A. Gray (frijol tepari) y *P. polyanthus* Greenman (caraota de año). De esas especies *P. vulgaris* es la más cultivada, ocupando más del 85% de las áreas de producción de todas las *Phaseolus* en el mundo (Gaitán-Solis *et al.*, 2002; Singh, 2001).

La caraota es una especie autógena ($2n=22$), normalmente la incidencia de cruzamiento es muy baja (Chaves-Barrantes *et. al.*, 2009). En Venezuela, los cultivares son líneas puras o mezcla de líneas que provienen de una base genética bastante estrecha (Voyses, 2000). Como ejemplo, Gutiérrez y Rincon (2011) indican que debido a la estrecha base genética de los cultivares comerciales de caraota en el país, la variabilidad genética en los bancos de germoplasma es limitada. Por tal razón, consideran de importancia primordial el rescate de las variedades locales y materiales nativos, con el fin de preservar la diversidad y hacer uso de estos acervos genéticos en la ampliación de la base genética de los cultivares comerciales, así como en la búsqueda de alternativas para los sistemas de producción actualmente en uso.

Dentro de una misma especie no existen barreras genéticas que impiden el cruzamiento entre el ancestro silvestre y su respectivo descendiente cultivado. Ambos acervos de genes, silvestre y cultivado, difieren en pocos genes, generalmente

aquellos relacionados con la morfología de la planta (Mora, 1997). El proceso de domesticación reduce intrínsecamente la variación genética y la siembra intensiva reduce aún más la variabilidad disponible (Acosta *et al.*, 2007).

La diversidad genética provee la posibilidad para desarrollar nuevos cultivares que puedan resistir a plagas y enfermedades, así como al estrés abiótico (Ebert *et al.*, 2007); es decir que, la variación genética es esencial para el desarrollo de cultivares mejorados. Uno de los principales impedimentos para lograr avances en el mejoramiento de la caraota cultivada es la reducida variabilidad genética por la utilización de progenitores genéticamente cercanos y por el efecto de autofecundación (Singh, 2001). La base de cualquier programa de mejoramiento es la existencia de variabilidad genética, la cual permitiría seleccionar aquellas variedades con las características adecuadas, según el objetivo. Arnao y colaboradores (2010) indican que la selección de los progenitores que formarán la población base, con la cual se dará inicio a un programa de selección, asegura en gran medida el éxito de cualquier programa de mejoramiento genético de plantas. Por lo tanto, el conocimiento previo acerca de las relaciones genéticas entre los materiales de mejoramiento es crucial para el uso eficiente del germoplasma

La mayoría de los estudios sobre diversidad genética de *P. vulgaris* se han realizado en muestras que representan orígenes geográficos amplios, con la finalidad de identificar subdivisiones en su germoplasma; tal es el caso de grupos genéticos y razas (Gepts, 1998). Vidal-Barahona *et al.* (2006), indican que pocos estudios se han

hecho para determinar las relaciones genéticas a escalas geográficas reducidas o dentro de una misma clase comercial.

Importancia del estudio de diversidad genética en *Phaseolus* con la aplicación de técnicas moleculares

Uno de los aspectos más importantes en los planes de mejoramiento es el uso eficiente de los recursos genéticos y del germoplasma disponibles. Buso *et al.* (2006), señalan que un requisito previo para la utilización de los recursos genéticos es el conocimiento detallado de la extensión y distribución de la variabilidad genética de las especies cultivadas y sus parientes silvestres. Tradicionalmente, los recursos genéticos se caracterizaban por una combinación de caracteres morfológicos y agronómicos. Sin embargo, los marcadores moleculares representan una herramienta poderosa en la evaluación de la diversidad genética y en la determinación de identidad, especialmente en variedades de base genética estrecha (Arnao *et al.*, 2007). Con éstos se pueden explorar distintas regiones del genoma de forma rápida y eficiente permitiendo estimar la diversidad genética existente y el grado de similitud genética entre los cultivares. Los datos de similitud genética pueden ser usados por los mejoradores para seleccionar genotipos parentales, con el fin de desarrollar padres genéticamente divergentes y utilizarlos en cruzamientos, según los objetivos del programa de mejoramiento (Masuelli, R., 1999).

Los marcadores moleculares son segmentos de ADN que se consideran marcas o puntos de referencia para el análisis del genoma, representan cualquier característica

química o molecular medible, la cual es heredada según un modelo mendeliano (Phillips, 1998). También se pueden definir como, secuencias de ADN que se localizan físicamente en el genoma de un organismo y se emplean para identificar variaciones en la secuencia de ADN (Córdoba *et al.*, 2008). El desarrollo de técnicas para manipular y analizar el ADN ha sido muy veloz en los últimos años y la especie *P. vulgaris* ha sido una buena candidata para aplicar estas estrategias, por cuanto su genoma es relativamente pequeño (0,65 pb/genoma haploide) (Sánchez *et al.*, 1995).

En la actualidad se dispone de diversos tipos de marcadores moleculares para evaluar la diversidad genética en plantas. Estos incluyen marcadores basados en el polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP, por sus siglas en inglés), amplificación aleatoria de secuencias polimórficas de ADN (RAPD), polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) y microsatélites o secuencias sencillas repetidas (SSR). Estos marcadores se diferencian en su grado de polimorfismo, dominancia y técnicas de detección (Posso y Ghneim, 2008).

Los marcadores moleculares se pueden usar para estimar la diversidad genética entre variedades (por ejemplo, entre progenitores de acervo genético o entre planta extraídas de una población; así como, también entre poblaciones (por ejemplo, entre ciclos de recombinación o para comparar poblaciones con puntos de referencia como conjuntos de líneas desarrolladas por programas clásicos de mejoramiento, conjunto de variedades comerciales locales, o colecciones de referencia). Esta información puede ser utilizada en programas de mejoramiento poblacional a través de la selección recurrente para maximizar la diversidad dentro de las poblaciones mediante

cruzamientos de líneas con mayor distancia genética, para manejar los pedigrí o ajustar estrategias a largo plazo de programas de mejoramiento (Courtois *et al.*, 2003).

Autores como: Acosta *et al.* (2007), Payro de la Cruz *et al.* (2005), Zizumbo-Villarreal *et al.* (2005), Papa y Gepts (2003) indican que los marcadores moleculares se han utilizado para:

- Identificar y conformar la existencia de los dos principales acervo genético andino y mesoamericano de caraota común.
- Identificar y confirmar la existencia de razas ecogeográficas, entre caraotas domesticadas en cada uno de los dos bancos de genes.
- La reducción de la diversidad genética molecular durante y después de la domesticación en cada uno de los dos bancos de genes.
- Evaluar los niveles relativos de la diversidad genética en los bancos de genes de países andinos y mesoamericanos.
- Documentar la importancia del flujo de genes desde domesticado a las poblaciones silvestres.

En un estudio sobre la diversidad de caraota común (*P. vulgaris*), Singh *et al.* (1991), demostraron que los análisis moleculares en conjunción con evaluaciones morfológicas y agronómicas proveen información complementaria e incrementan el poder de resolución de los análisis de diversidad genética. Hamann *et al.* (1995)

indicaron que una de las técnicas moleculares, estudiadas con mucho éxito, para determinar la variabilidad genética de género *Phaseolus* es la de Microsatélite.

Microsatélites (SSR)

Los SSR son marcadores también denominados sitios de microsatélite de secuencia etiquetada (STMS) o polimorfismo de repeticiones de secuencia simple (SSRP) y consisten en repeticiones cortas de 1 a 6 pares de base (pb) en longitud (Córdoba *et al.*, 2008 y Posso y Ghneim, 2008); los más típicos miden de 2 a 3 pb. Estos son comunes en organismos eucariotas; el número de unidades repetidas varía ampliamente entre los organismos (Posso y Ghneim, 2008). Su utilidad deriva del hecho que detectan longitudes polimórficas del loci genético con repetidas secuencias simples (SSRs) y como un resultado son altamente variables (Blair *et al.*, 2003).

La abundancia, distribución relativamente uniforme a lo largo del genoma y el alto grado de polimorfismo, han convertido a los microsatélites en los marcadores moleculares de mayor acogida. Los SSR, por su carácter codominante, permiten diferenciar genotipos homocigotos y heterocigotos (Córdoba *et al.*, 2008). Los microsatélites pueden ser aislados directamente de bibliotecas de ADN genómico total, librerías de ADNc, librerías enriquecidas por microsatélites específicos (Maguire *et al.*, 2000). Al respecto, se han venido realizando diversos estudios como el de genómica de caraota, existiendo un grupo internacional denominado *Phaseomics* donde interactúan 80 investigadores de más de 20 países de diferentes

instituciones como el CIAT, EMBRAPA y el Instituto Nacional de Investigación Agrícola de México. El principal objetivo que tiene planteado el grupo es incrementar el conocimiento del cultivo de la caraota en cuanto a genes particulares y librerías de ADNc, secuencias de ADN y marcadores moleculares (VandenBosch, 2003).

Diferentes autores (Posso y Ghneim, 2008; Gaitán *et al.* 2002; Maguire *et al.*, 2000; Yu *et al.*, 2000; Yu *et al.*, 1999; Ferreira y Grattapaglia, 1998; McCouch *et al.*, 1997; Saghai *et al.*, 1994) han señalado las ventajas de los microsatélites comparado con otros tipos de marcadores, indicando que estos son:

- Codominantes, multialélicos e hipervariables. En un individuo heterocigoto ambos alelos son visualizados. Potencialmente, pueden detectarse y discriminarse todos los alelos de un locus dentro de una población.
- Basados en PCR. Las regiones que contienen microsatélites son amplificadas individualmente a través de la reacción en cadena de polimerasa (PCR) a partir de un par de iniciadores específicos con secuencias complementarias a las secuencias únicas que flaquean el microsatélite.
- Pueden aparecer distribuidos aleatoriamente, permitiendo la más completa cobertura de cualquier genoma de eucariotas.

- Son accesibles para otras investigaciones de laboratorio vía secuencia de iniciadores publicados, ya sea, en revistas científicas o vía base de datos disponibles en internet.

Han sido varios los trabajos desarrollados con el uso de marcadores de microsatélites en *P. vulgaris* L. Córdoba *et al.* (2008), en un estudio sobre la búsqueda de secuencias microsatelitales en caraota común (*P. vulgaris* L.), resaltan la importancia de los SSR, así como el programa estadístico empleado y los parámetros de búsqueda, los cuales determinarán el número de regiones identificadas como portadores de microsatélites. Para la búsqueda de microsatélites, de acuerdo a Córdoba *et al.* (2008), Buso *et al.* (2006), Guerra (2004), Gaitán *et al.* (2002) y Yu *et al.* (1999) en *P. vulgaris* se han utilizado técnicas basadas en el desarrollo de librerías genómicas ricas en SSR. Una lista de microsatélites utilizados en caraota está pública en http://www.ciat.cgiar.org/Biotechnology/SSR_table.html con la información sobre el mapa genético de localización, secuencia nucleotídicas repetida e iniciadores específicos.

En general, en la especie *P. vulgaris* L., los marcadores microsatélites han sido usados para construir mapas genéticos basados en PCR (Blair *et al.*, 2003; Yu *et al.*, 2000) para evaluar diversidad intraespecífica en el género *Phaseolus* (Gaitán-Solís *et al.*, 2002) y para determinar la diversidad genética en variedades comerciales en diferentes países, entre los que se incluye Europa (Masi *et al.*, 2003; Métais *et al.*,

2002) y Nicaragua (Gómez *et al.*, 2004); así como probados extensivamente en colecciones de germoplasma y usados para mapeo asociativo (Blair *et al.*, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ubicación de la investigación

La caracterización molecular se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética Molecular del Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA) de la Facultad de Agronomía, UCV-Maracay, estado Aragua.

2. Material vegetal

Los cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) que se caracterizaron correspondieron a 30 genotipos, entre locales y mejorados (Cuadro 2, Capítulo I). Se colocaron cinco semillas de cada cultivar en papel absorbente (30*25), previamente humedecido con agua destilada, para su germinación. A los tres días de pre-germinadas las semillas se les eliminaron el tegumento y se utilizaron para la extracción de ADN.

3. Técnica molecular

La técnica molecular que se utilizó fue la de microsatélites, evaluándose 20 de estos (Cuadro 30), por haber sido citados en la literatura como exitosos en generar bandas polimórficas en el cultivo de caraota y reportados en la base de datos de SSR estudiados por Blair *et al.*, (2006) y Gaitán-Solis *et al.*, (2002). Están registrados en la base de datos existente en el Laboratorio de Genética Molecular del CIBA de la Facultad de Agronomía, UCV-Maracay, estado Aragua y han sido utilizados por Pérez (2008) para estudiar la diversidad de cultivares locales representativos de

diferentes zonas de Venezuela.

Cuadro 30. Marcadores moleculares tipo microsatélites (SSR) utilizados para el estudio de similitud genética de 30 cultivares de caraota

Código SSR	Forward/reverse primer	N° de Alelos	Rango de longitud (pb)	
			Mínimo	Máximo
BM139	TTAGCAATACCGCCATGAGAG ACTGTAGCTCAAACAGGGCAC	13	84	118
BM140	TGCACAACACACATTTAGTGAC CCTACCAAGATTGATTTATGGG	8	160	210
BM142	TTCCGCTAGTTGGATATTAGAG AGCCCCGTTTCCTTCGTTTAG	6	155	159
BM143	GGGAAATGAACAGAGGAAA ATGTTGGGAACCTTTAGTGTG	18	118	176
BM155	GTTTCATGTTTGTGTTGACAGTTCA CAGAAGTTAGTGTGGTTTGATAACA	5	114	126
BM156	CTTGTTCCACCTCCCATCATAGC TGCTTGCATCTCAGCCAGAATC	16	210	315
BM160	CGTGCTTGGCGAATAGCTTTG CGCGGTTCTGATCGTGACTTC	11	183	265
BM164	CCACCACAAGGAGAAGCAAC ACCATTCAGGCCGATACTCC	12	139	186
BM170	AGCCAGGTGCAAGACCTTAG AGATAGGGAGCTGGTGGTAGC	14	155	182
BM171	TGGCATTTCAGATTAACACTCC CTTCCTTGCTGTTTCCACTG	-	149*	-
BM172	CTGTAGCTCAAACAGGGCACT GCAATACCGCCATGAGAGAT	11	82	110
BM175	CAACAGTTAAAGGTGTCAAATTT CCACTCTTAGCATCAACTGGA	16	145	215
BM181	ATGCTGCGAGTTAATGATCG TGAGGAGCAAACAGATGAGG	9	182	193
BM183	CTCAAATCTATTCCTGCTGAGC TCTTACAGCCTTGCAGACATC	11	134	160
BM184	AGTGCTCTATCAAGATGTGTG ACATAATCAATGGGTCACTG	10	150	168
BM189	CTCCCACTCTCACCCTCACT GCGCCAAGTGAACTAAGTAGA	6	107	116
BM197	TGGACTGGTTCGATACGAAGC CCCAGAAGATTGAGAACCACCAC	4	195	203
BM202	ATGCGAAAAGAGGAACAATCG CCTTTACCCACACGCCTTC	7	138	158
BM205	CTAGACCAGGCAAAGCAAGC TGAGCTGGGATTTCAATTTCTG	9	135	154
AG1	CATGCAGAGGAAGCAGAGTG GAGCGTCGTCGTTTCGAT	7	126	142

Fuente: Pérez (2008), Blair *et al.*, 2006 y *Gaitán-Solis *et al.*, 2002

4. Procedimiento para la evaluación molecular

4.1. Extracción de ADN

Para la extracción de ADN, se utilizaron las semillas de 3 días de pre-germinadas, con previa eliminación del tegumento. Estas fueron maceradas con nitrógeno líquido y se procedió a efectuar la extracción con tampón CTAB (2%) siguiendo el procedimiento estandarizado en el Laboratorio de Genética Molecular (CIBA-UCV), basado a su vez, en los trabajos de Castañeda (2010), Gepts *et al.* (1992), Gepts y Clegg (1989) y Murria y Thompson (1980). La calidad y cantidad de ADN obtenido se verificaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 0,8%, teñido con bromuro de etidio ($0,5 \mu\text{g mL}^{-1}$), en comparación con una concentración conocida de ADN fago Lambda. Los geles fueron visualizados en un transiluminador UV y se capturó la imagen en un analizador de imágenes BIO-RAD Gel Doc XR. Con la información obtenida, las muestras de ADN fueron preparadas a una concentración final de $2,5 \text{ ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$.

4.2. Amplificación de los Microsatélites a través de la técnica de PCR

Las condiciones de amplificación por PCR utilizada fueron estandarizadas en el Laboratorio de Genética Molecular (CIBA-UCV) y descritas por Ramis *et al.* (2007), tanto para el medio de reacción (Cuadro 31) como para el programa de PCR (Cuadro 32).

Cuadro 31. Condiciones de amplificación SSR-PCR en caraota (*P. vulgaris* L.)

REACTIVO	VOLUMEN (μL) para 1 reacción
ADN $2,5 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$	10
Tampón 5X	4
MgCl_2	2
Primer R	0,2
Primer F	0,2
dNTP's 10 mM	0,4
BSA 1mg/ml	1
Go-Taq ($5 \text{ U } \mu\text{L}^{-1}$)	0,2
H_2O	2
Volumen Final	20

Cuadro 32. Programa PCR

PASO	TEMPERATURA	TIEMPO
1	94 °C	2 min.
2	92 °C	30 seg.
3	54-55 °C	30 seg.
4	72 °C	1 min.
5	Ir al paso 2.	30 veces
6	72 °C	5 min.
7	Fin	-----

4.3. Electroforesis y revelado de los productos amplificados

Los microsatélites (SSR) amplificados fueron separados por su talla (pb) a través de la técnica de electroforesis en geles de poliacrilamida al 6%, y luego visualizados con revelación de nitrato de plata según procedimiento estandarizado en el Laboratorio de Genética Molecular por Arnao (2003).

5. Análisis estadístico de los resultados de la caracterización molecular

La distancia entre bandas fue establecida por medición directa, a partir de las líneas medias de las mismas. De acuerdo a las bandas observadas, en los geles de poliacrilamida, para cada genotipo y SSR se le asignó el alelo (s) correspondiente según la movilidad de la banda y se preparó una matriz de genotipado, en formato de hoja de cálculo de Microsoft Excel. Luego, la información se organizó por presencia (1) y ausencia (0) de bandas, obteniéndose de esta manera la matriz básica binaria. Se identificó el número de alelos por locus, se calculó el porcentaje de frecuencias alélicas y se determinó el contenido de información polimórfica (PIC) usando la formula $PIC = 1 - \sum f_i^2$, donde f_i es la frecuencia del alelo i calculada para cada locus (Powell *et al.*, 1996); ésta información sirvió para cuantificar la diversidad de los cultivares locales, líneas avanzadas, variedades comerciales y la población global. Se contó el número de alelos homogéneos y se calculó el porcentaje de homogeneidad con base en el número de SSR que amplificaron. El estudio de similitud se realizó aplicando los coeficientes de similitud DICE (Nei and Li, 1979), para conformar los grupos utilizando las técnicas jerárquicas (Dendograma). El criterio de agregación usado para crear las jerarquías fue el método de UPGMA. Se realizó también el análisis de coordenadas principales. Los datos fueron procesados usando el programa estadístico InfoStat (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción del ADN Genómico

La calidad y cantidad del ADN extraído de cada uno de los 30 cultivares de caraota fueron verificadas mediante electroforesis en gel de agarosa 1% (Figura 10). Las concentraciones de los ADN obtenidas estuvieron entre $50 \text{ ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$ y $300 \text{ ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$.

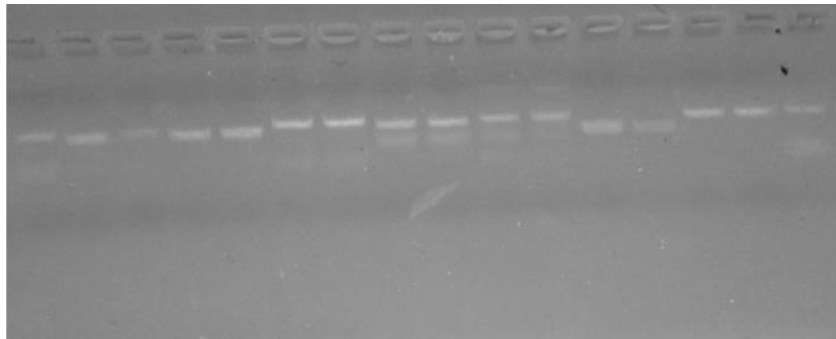


Figura 10. Visualización de la calidad y cantidad del ADN en gel de agarosa 0,8%, teñido con bromuro de etidio, visualizado con luz UV

A partir de la información de las concentraciones, se procedió a realizar las diluciones del ADN para las reacciones PCR-SSR.

Polimorfismo

Por observación directa en los geles de poliacrilamida al 6%, se identificó que de los 20 SSR utilizados en el estudio de similitud de 30 cultivares de caraota, cuatro no permitieron discriminar entre los cultivares, comportándose como marcadores monomórficos, siendo estos: BM140, BM155, BM160 y BM197. Este resultado

difiere de los obtenidos por Pérez (2008), en un estudio de caracterización de 96 accesiones de caraota y Blair *et al.* (2006) en la diversidad de 44 genotipos de *P. vulgaris* L.; estos autores utilizaron semillas de diferentes colores y los SSR resultaron polimórficos. Es importante destacar que en esta investigación los 30 cultivares de caraota evaluados fueron todos de semilla negra. El SSR BM140, resultó con igual comportamiento al reportado por Castañeda (2010), en un estudio sobre la evaluación molecular de la resistencia a la bacteriosis común (*Xanthomonas phaseoli*) y del rendimiento, en familias F_{2:4} de caraota negra. Esto supone que los SSR que resultaron monomórficos pueden identificar polimorfismo en genotipos de caraota de otros colores, diferentes a las semillas negras.

Frecuencias alélicas, talla y contenido de información polimórfica

En el Cuadro 33, se presentan las frecuencias alélicas, pares de base de cada alelo y contenido de información polimórfica (PIC) para cada SSR en 30 cultivares de caraota. En la población global, que incluye los 30 cultivares de caraota evaluados, el total de alelos presentes fue de 47 alelos, con un promedio de 2,94 alelos/locus en un rango de 2 a 5. Se observó un valor medio de PIC de 0,47 y osciló en un rango entre 0,13 y 0,67; siendo los SSR BM142, BM143 y BM156 los más informativos, ya que presentaron valores de PIC igual a 0,61; 0,66 y 0,67, respectivamente. De estos, el SSR BM143 presentó el mayor número de alelos (5).

Cuadro 33. Frecuencias alélicas, pares de base de cada alelo y contenido de información polimórfica (PIC) para cada SSR en 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.)

SSR/PIC	ALELO	pb (Blair <i>et al.</i> , 2006)	pb	POBLACIÓN GLOBAL	CULTIVARES LOCALES	LÍNEAS AVANZADAS	CULTIVARES COMERCIALES
BM 139	a	84-118	108	0,67	0,58	0,92	0,33
	b		106	0,33	0,42	0,08	0,67
	PIC			0,44	0,49	0,15	0,44
BM 142	a	115-159	165	0,52	0,75	0,50	0,08
	b		160	0,20	0,17	0,29	0,08
	c		142	0,28	0,08	0,21	0,85
PIC			0,61	0,43	0,62	0,27	
BM 143	a	118-176	167	0,10	0,00	0,26	0,00
	b		144	0,09	0,21	0,00	0,00
	c		123	0,29	0,71	0,00	0,00
	d		107	0,48	0,08	0,70	1,00
	e		102	0,03	0,00	0,04	0,00
PIC			0,66	0,45	0,45	0,00	
BM 156	a	210-315	250	0,07	0,00	0,08	0,17
	b		246	0,17	0,09	0,33	0,00
	c		230	0,34	0,36	0,50	0,00
	d		220	0,41	0,55	0,08	0,83
PIC			0,67	0,56	0,55	0,28	
BM 164	a	139-186	153	0,50	0,42	0,55	0,64
	b		151	0,50	0,58	0,45	0,36
PIC			0,50	0,48	0,50	0,46	
BM 170	a	155-182	182	0,58	0,11	0,82	0,90
	b		178	0,30	0,56	0,18	0,10
	c		158	0,12	0,33	0,00	0,18
PIC			0,56	0,57	0,30	0,00	
BM 171	a	149 Gaitán-Solis <i>et al.</i> (2002)	208	0,09	0,10	0,04	0,17
	b		206	0,80	0,70	0,88	0,83
	c		202	0,07	0,10	0,08	0,00
	d		200	0,04	0,10	0,00	0,00
PIC			0,34	0,48	0,22	0,28	
BM 172	a	82-110	80	0,71	0,63	0,67	0,80
	b		78	0,29	0,37	0,33	0,20
PIC			0,42	0,46	0,44	0,32	
BM 175	a	145-215	166	0,28	0,42	0,29	0,00
	b		163	0,72	0,58	0,71	1,00
PIC			0,40	0,48	0,42	0,00	
BM 181	a	182-193	193	0,30	0,36	0,16	0,33
	b		187	0,70	0,64	0,84	0,67
PIC			0,42	0,46	0,26	0,44	
BM 183	a	134-160	152	0,31	0,64	0,17	0,00
	b		149	0,52	0,23	0,83	0,42
	c		146	0,17	0,14	0,00	0,58
PIC			0,60	0,52	0,28	0,48	
BM 184	a	150-168	162	0,02	0,04	0,00	0,00
	b		160	0,59	0,78	0,50	0,30
	c		154	0,04	0,00	0,00	0,20
	d		148	0,35	0,17	0,50	0,50
PIC			0,53	0,36	0,50	0,62	
BM 189	a	107-116	106	0,93	0,83	1,00	1,00
	b		104	0,07	0,17	0,00	0,00
PIC			0,13	0,28	0,00	0,00	
BM 202	a	138-158	158	0,34	0,41	0,31	0,25
	b		156	0,56	0,50	0,63	0,58
	c		154	0,10	0,09	0,06	0,17
PIC			0,56	0,57	0,50	0,57	
BM 205	a	135-154	140	0,07	0,04	0,04	0,17
	b		134	0,93	0,96	0,96	0,83
PIC			0,13	0,08	0,08	0,28	
AG1	a	126-142	142	0,02	0,04	0,00	0,00
	b		138	0,14	0,25	0,14	0,00
	c		136	0,70	0,54	0,86	0,67
	d		132	0,14	0,17	0,00	0,33
PIC			0,47	0,62	0,24	0,36	
Total alelo			ALELO	47	43	37	32
Prom alelo			ALELO	2,94	2,69	2,31	2
Valor min			ALELO	2	2	1	1
Valor max			ALELO	5	4	4	3
Promedio			PIC	0,47	0,46	0,34	0,29
Valor min			PIC	0,13	0,08	0	0
Valor max			PIC	0,67	0,62	0,62	0,62

Los resultados coinciden con Blair *et al.* (2006), quienes en un estudio de diversidad en caraota utilizando marcadores microsatélites encontraron que los SSR BM142, BM143 y BM156 presentaron un alto contenido de información polimórfica, con valores de 0,537; 0,887 y 0,818, respectivamente. Sin embargo, el número de alelos observados fueron superiores a los encontrados en esta investigación, variando de 13 a 18 alelos. En relación a los pares de base de los alelos, se evidenció que la mayoría está en un rango de talla dentro de los descritos por Blair *et al.* (2006), para los microsatélites utilizados en esta investigación. En el caso del SSR BM171, Gaitán-Solis *et al.* (2002) reportaron una talla de 149 pb, resultado que difiere del encontrado en este trabajo donde se encontró un rango entre 200 pb y 208 pb.

Cuando se analizó cada grupo de cultivares que representaba la población global (Cuadro 33) se encontró que los cultivares locales tuvieron un total de 43 alelos, con un promedio de 2,69 alelos por locus; el valor promedio de PIC fue de 0,46 y estuvo comprendido en un rango de 0,08 a 0,62. De los 20 SSR estudiados el AG1 mostró un PIC de 0,62 siendo el más informativo, seguido de BM170, BM202, ambos con PIC igual a 0,57, así como, BM156 (PIC=0,56) y BM183 (PIC=0,52); el resto de los SSR presentaron valores de PIC por debajo de 0,50. Para el caso de las líneas avanzadas, se observó un total de 37 alelos, con un promedio de 2,31 alelos por locus; el valor promedio de PIC fue de 0,34 comprendido en un rango de 0 y 0,62 donde el SSR BM142 fue el más informativo, con un valor de PIC igual a 0,62 seguido de BM156 (PIC=0,55), el resto de los SSR presentaron valores de PIC inferiores a 0,5. Las variedades comerciales tuvieron un total de 32 alelos con un promedio de alelos por

locus; el valor promedio de PIC fue de 0,29, comprendido en un rango entre 0 y 0,62; siendo el SSR BM184 el más informativo por su valor de PIC igual a 0,62 seguido por 0,57 en el SSR BM202. El resto de los SSR presentaron valores de PIC inferiores a 0,46.

El SSR BM143, el cual presentó el mayor número de alelos (5) resultó altamente informativo (PIC=0,66) cuando se analizaron los 30 cultivares en conjunto. Este resultado coincide con el obtenido por Pérez (2008), quien evaluó la diversidad genética de 96 accesiones de caraota utilizando marcadores microsatélites y encontró que el BM143 fue el más informativo (PIC=0,7899) y también presentó el mayor número de alelos. Sin embargo, en este estudio ese SSR reflejó un PIC (0,45) medianamente informativo para los cultivares locales y líneas avanzadas, no así para las variedades comerciales donde resultó no informativo (PIC=0). Esto indica que el PIC se ve disminuido cuando alguno de los alelos se presenta en mayor frecuencia; tal es el caso, que para ese SSR unos de los alelos presentes en los cultivares locales y líneas avanzadas acumuló más del 70% de las frecuencias y en los comerciales uno de los alelos concentró el 100% de la frecuencia.

Cuando se compara la diversidad genética contenida en los cultivares locales, comerciales y líneas avanzadas se aprecia que el mayor PIC y total de alelos estuvo presente en los locales. Esto muestra que, los cultivares locales cuentan con una riqueza alélica que pudiera ser aprovechada en los programas de mejoramiento de la caraota, por contar con mayor variabilidad. En referencia a los cultivares comerciales

presentan menor variabilidad porque, generalmente, en el proceso de mejora se pierden muchos genes y se fijan los de interés.

Homogeneidad (%) de cultivares de caraota.

Es importante considerar que para la obtención del ADN de cada cultivar se formó una mezcla de 3 semillas pre-germinadas aunado a que por la condición autógena de la caraota, generalmente los cultivares son líneas puras o mezclas de líneas.

Cuadro 34. Homogeneidad (%) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) evaluada con 20 SSR

SSR	HOMOGENEIDAD (%)			
	Población global	Cultivares Locales	Líneas Avanzadas	Cultivares Comerciales
BM 139	60	17	83	100
BM 142	70	67	67	83
BM 143	93	92	100	100
BM 156	86	75	83	100
BM 164	62	67	64	50
BM 170	96	100	100	80
BM 171	96	100	92	100
BM 172	41	25	50	60
BM 175	67	58	58	100
BM 181	85	82	80	100
BM 183	62	64	83	17
BM 184	65	75	67	40
BM 189	100	100	100	100
BM 202	52	55	75	17
BM 205	93	92	92	100
AG 1	76	67	73	100
Promedio	73,93	69,79	78,71	74,79

Con base en el genotipado, donde a cada cultivar y SSR se le asignó el alelo (s) correspondiente según la movilidad de la banda, se determinó el porcentaje de homogeneidad en la población global y en las diferentes condiciones de los cultivares de caraota (Cuadro 34). La población global presentó una homogeneidad promedio de 73,93%, donde el SSR BM 189 reflejó que todos sus alelos fueron homogéneos (100%). Al analizar los diferentes tipos de cultivares se observó que las líneas avanzadas tuvieron un 78,71% promedio de alelos homogéneos, seguido de los cultivares comerciales con un promedio de 74,79% y en menor cuantía los cultivares locales (69,79%). En todos los grupos de cultivares se presentaron SSR con 100% de homogeneidad, indicando que la combinación de alelos fue igual en todos los individuos evaluados. En los cultivares comerciales, de los 16 SSR polimórficos 9 fueron completamente homogéneos; lo que era de esperarse por cuanto esos cultivares fueron generados de un proceso de mejoramiento genético y liberados comercialmente por su homogeneidad de acuerdo a la característica de interés; sin embargo, en los mismos cultivares los SSR BM 183 y BM 202 presentaron un 17% de homogeneidad. Esto pudo deberse a la mezcla de semilla, por cuanto en caraota como planta autógama, es posible lograr un 98% de homocigosis, arrastrándose un mínimo porcentaje de heterocigosis, lo cual también es factible observar en los cultivares locales, donde para el BM 139 se reflejó igual resultado.

Similaridad

La similitud de los 30 cultivares de caraota a través del análisis de dendograma diferenció seis grupos, con una mínima similitud de 0,43 (Figura 11). El primer grupo, ubicado a una distancia de similitud de 0,52 y compuesto por los cultivares locales I-2254 e I-2363, se distinguió de resto de los grupos. Estos dos cultivares han sido conservados por los agricultores en zonas agrícolas de los estados Sucre y Mérida, respectivamente.

A una distancia de similitud de 0,65 un segundo grupo, representado por los cultivares comerciales Corocito, Tenerife, Montalbán y Manuare. Estos provienen de selecciones dentro de líneas introducidas del CIAT. En este grupo también se incluyó la línea avanzada UCV-100, desarrollada en el programa de mejoramiento de la UCV, originada del cruce entre una línea del CIAT y un cultivar local del estado Lara en Venezuela.

El grupo III representado por 7 de los 12 cultivares locales evaluados, siendo estos: I-2019, I-2162, I-2041, I-2011, I-2148, I-2226 e I-2208. Cabe destacar que estos cultivares han sido conservados por los agricultores en diversas zonas agrícolas del país, ubicadas en los estados: Aragua, Trujillo, Lara, Carabobo, Guárico, Sucre y Apure, respectivamente.

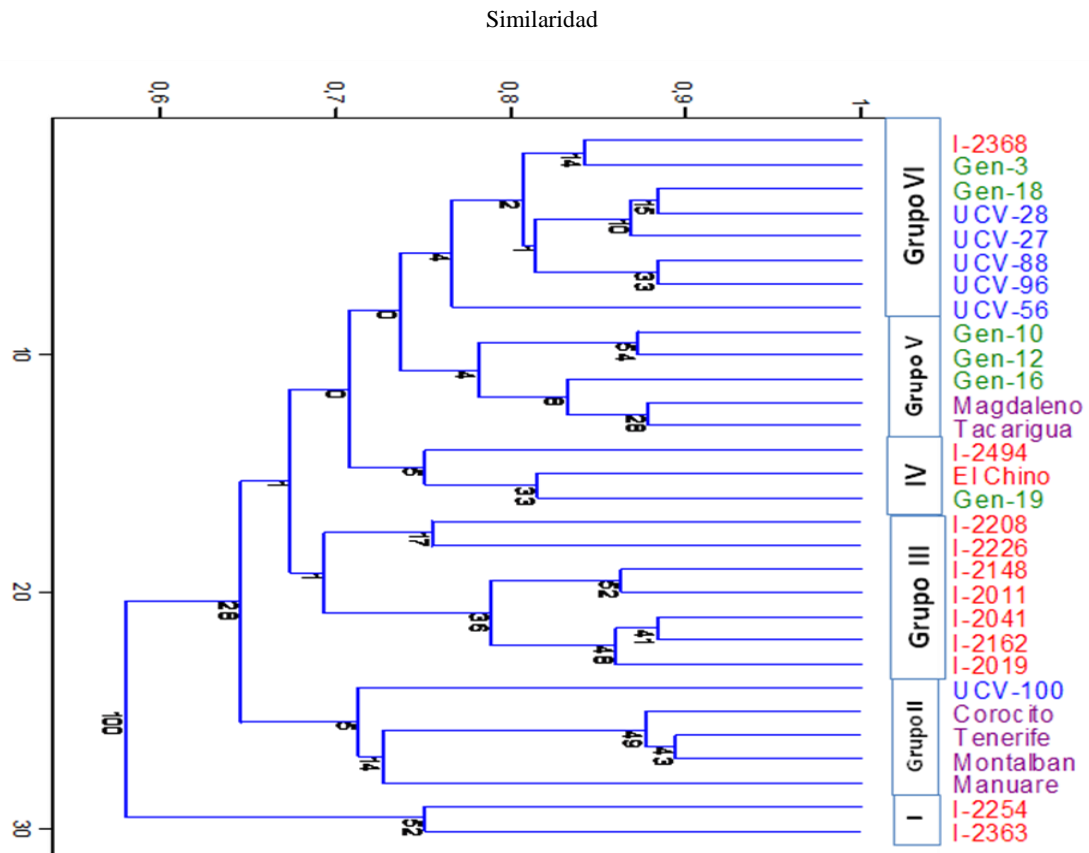


Figura 11. Dendrograma de las similitudes genéticas de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) con 20 marcadores SSR, utilizando coeficiente de Dice y cálculo de agrupamiento por el método UPGMA. Los números en los nodos indican el número de veces en porcentaje en que la topología de un nodo en particular se repite

El grupo IV, a una distancia de similaridad de 0,71 lo integran dos variedades locales (I-2404 y El Chino), provenientes de los estados Lara y Aragua y la línea avanzada Gen-19, desarrollada en el Programa de Mejoramiento Genético del INIA CENIAP.

El grupo V, a una distancia de similaridad de 0,74 donde se agrupan 3 líneas

avanzadas del programa de mejoramiento genético del INIA (Gen-16, Gen-12 y Gen-10) en conjunto con Tacarigua, variedad comercial que data de más de 40 años generada por el INIA y que proviene de una selección individual de la Línea Ven 44; además, la variedad comercial Magdaleno.

Por último, a una distancia de 0,74 se observa el grupo VI donde se encuentran ubicadas 5 líneas avanzadas desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de caraota en la UCV, 2 líneas avanzadas del INIA (Gen-18 y Gen-3) y el cultivar local I-2368 proveniente de Mérida. Cabe señalar que, las cinco líneas avanzadas de la UCV provienen del mismo cruce, lo que las ubica en el mismo grupo. Las variedades que se generen a partir de estas líneas serán diferentes a las existentes.

De acuerdo al estudio de similaridad los cultivares se presentan genéticamente similares, aparentemente con algún progenitor en común. Tal es el caso de los cultivares locales, los cuales no presentaron agrupaciones definidas por distribución geográfica, pero la mayoría se ubicó en el mismo grupo. Esto pudo deberse a la mezcla de semilla o introgresiones entre accesiones. En este aspecto, destacaron los cultivares locales I-2254 proveniente del estado Sucre e I-2363 del estado Mérida, resultado que se corresponde con los obtenidos por Pérez (2008), quien en un estudio de diversidad de caraota de diferentes procedencias encontró que las regiones Andina y Oriental fueron las más diversas y las semejantes para los SSR evaluados, confirmado mediante estudio de diversidad de los patrones de faseolina. El autor indica que esto refuerza la teoría de que la caraota común se domesticó en Venezuela

a través de dos zonas de introducción, correspondientes a las vertientes occidentales de los Andes colombianos hasta Mérida y por las Antillas Mayores y Menores por el Caribe hasta Sucre. Todo esto influenciado por el agricultor y condiciones del entorno agronómico, las condiciones climáticas, manejo del cultivo, consumo e intercambio de semillas entre agricultores.

El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros componentes (CP1, CP2) explicaron 24,83% de la variación total observada (Cuadro 35). El primer componente contribuyó con 13,33 % y el segundo con el 11,50%, lo cual no permite una discriminación eficiente de los 30 cultivares; aunque hasta el componente 5 se explica un 46,47% de la variabilidad observada.

Cuadro 35. Valores característicos del análisis de componentes principales y proporción de la varianza explicada con base en la matriz de correlación

Componentes	Valor característico	Proporción de la variación	
		Explicada (%)	Acumulada (%)
1	1,71	13,33	13,33
2	1,47	11,50	24,83
3	1,29	10,10	34,92
4	0,77	5,99	40,91
5	0,71	5,56	46,47

Al graficar el análisis de los dos primeros componentes (Figura 12) se refuerza las agrupaciones de los cultivares obtenidos en el dendograma (Figura 10), donde se observa claramente la separación de los cultivares locales I-2254 e I-2363, los cuales

deben ser considerados en los programas de mejoramiento genético tomando en cuenta su comportamiento agronómico y apreciación de los agricultores.

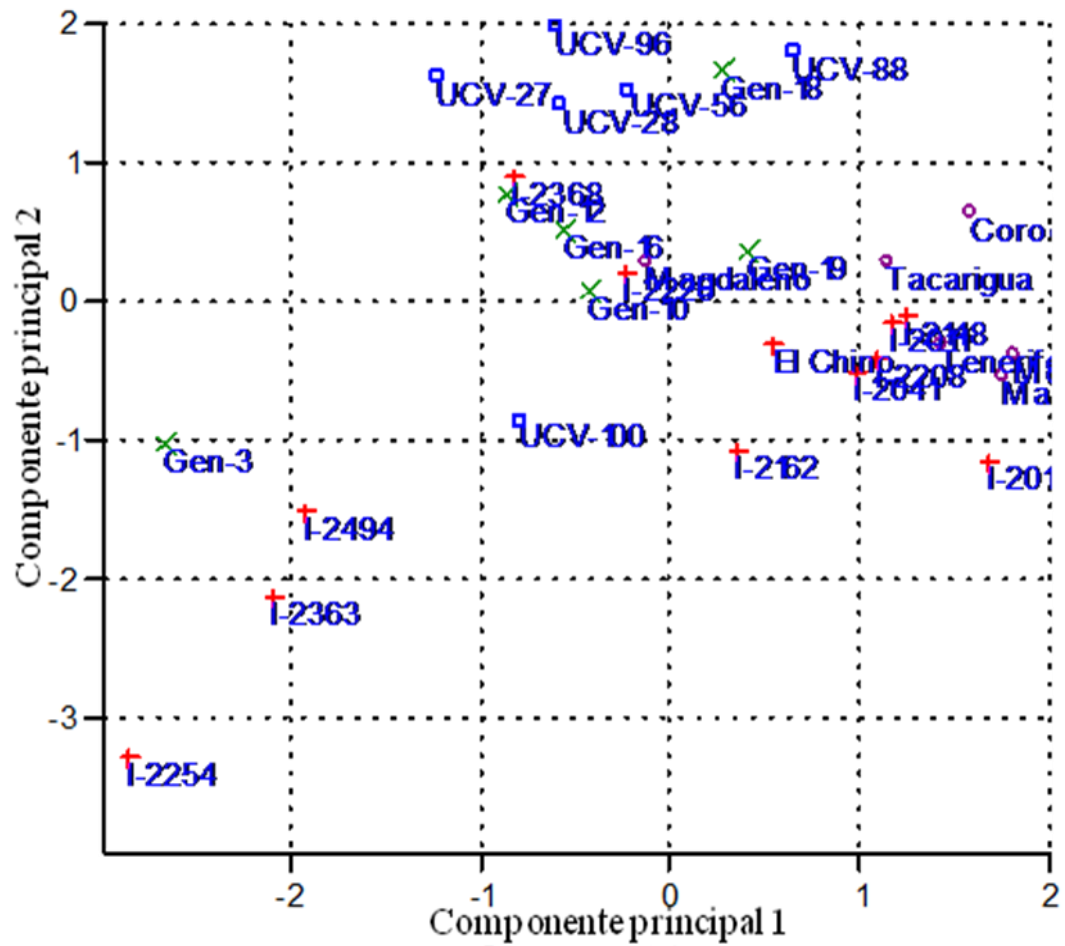


Figura 12 . Gráfica bidimensional obtenida mediante el análisis de los dos primeros componentes principales de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.)

Los resultados confirman lo reportado por Gutiérrez y Rincón (2011), quienes indican que la base genética de los cultivares comerciales de caraota utilizados en

Venezuela es bastante estrecha, por lo que la variabilidad genética presente en los Bancos de Germoplasma es limitada. En tal sentido, se considera de importancia primordial el aprovechamiento de las variedades locales y genotipos nativos, con el fin de preservar la diversidad y hacer uso de estos acervos genéticos en la ampliación de la base genética de los nuevos cultivares a desarrollar; así como, en la búsqueda de alternativas para los sistemas de producción actualmente en uso.

CONCLUSIONES

De los 20 SSR utilizados 16 resultaron polimórficos, lo que permitió discriminar la similitud entre los 30 cultivares de caraota de semilla negra, pudiendo continuarse su utilización en futuros estudios de diversidad genéticas de la especie.

El contenido de información polimórfica (PIC) promedio de la población global y los diferentes tipos de cultivares evaluados con 20 SSR presentaron poco polimorfismo genético entre los 30 cultivares, demostrando que la base genética de la caraota negra es estrecha.

De los 30 cultivares evaluados, las líneas avanzadas provenientes 6 de estas del Programa de Mejoramiento Genético de la FAGRO-UCV y otras 6 del Programa de Mejoramiento Genético del INIA CENIAP, presentaron el mayor porcentaje de homogeneidad.

El análisis de similaridad permitió la conformación de 6 grupos de cultivares, destacándose los cultivares locales I-2363 e I-2294 que integraron un solo grupo. El resto de los genotipos se organizaron en su mayoría por grupos de cultivares locales, comerciales y líneas avanzadas.

La variación entre los cultivares fue similar. Sin embargo, existe una variabilidad

distinta a los cultivares comerciales de uso actual que puede ser aprovechada en los programas de mejoramiento genético del cultivo.

Es necesario conformar poblaciones básicas más complejas, mediante la recombinación de genes, que permitan mayor variabilidad genética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Gallegos, J.A.; J.D. Kelly and P. Gepts. 2007. Prebreeding in Common Bean and Use of Genetic Diversity from Wild Germplasm. *Crop. Sci.* 47(53):544-559.
- Arnao, E.; R. Perdomo; E. Graterol. 2010. Diversidad genética en cultivares de soya utilizando marcadores microsatélites, en Venezuela. *Interciencia* 35(7):5534-538.
- Arnao, E.; N. Rodríguez; P. Hinrinsen; Y. Jayaro; C. Ramis; I. Pérez-Almeida. 2007. Evaluación de la diversidad genética de subespecies de arroz usando marcadores microsatélites y AFLP. *Agronomía Tropical*. 57(1):45-50
- Arnao, E. 2003. Aplicación de marcadores moleculares en la recuperación del padre recurrente en el mejoramiento por retrocruza para la Resistencia a *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. Tesis de Maestría. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 66 p.
- Blair, M.W., M.M. Torres; M.C. Giraldo; F. Pedraza. 2009. Development and diversity of Andean-derived, gene-based microsatellites for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *BMC Plant Biology*. 9 (100): 1-14.

- Blair, M.W.; M.C. Giraldo; H.F. Buendía; E. Tovar; M.C. Duque; S.E. Beebe. 2006. Microsatellite marker diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet.* 113:100-109.
- Blair, M.W.; F. Pedraza; H.F. Buendía; E. Gaitán-Solís; D.E. Beebe; P. Gepts; J. Tohme. 2003. Development of a genome-wide anchored microsatellite map for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet* 107:1362-1374
- Buso, G; Z. Amari; R. Brondani; M. Ferreira. 2006. Microsatellite markers for common bean *Phaseolus vulgaris*. *Molecular Ecology Notes*, Vol. 6, pp 252-254.
- Castañeda, R. 2010. Evaluación molecular de la resistencia a la bacteriosis común (*Xanthomonas phaseoli*) y del rendimiento, en familias F_{2:4} de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 70 p.
- Chaves-Barrantes, N.; R. Araya-Villalobos; D. Debouck. 2009. Flujo de genes entre frijol común y silvestre en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana.* 20(2):237-244.

Córdoba, J.M.; J.C. Mendivelso; L. Fernando. 2008. Búsqueda de Secuencias Microsatelitales en Fríjol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) En: III Congreso Colombiano de Computación, Medellín. Abril 23 – 25 de 2008.

Courtois B.; D. Filloux; N. Ahmadi; J.L. Noyer; C. Billot; E.P. Guimarães. 2003. Uso de marcadores moleculares para el manejo de poblaciones de arroz mejoradas mediante la selección recurrente. In: Mejoramiento poblacional, una alternativa para explorar los recursos genéticos del arroz en América Latina. Editor, Elcio P. Guimarães. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 374 P.

Di Rienzo J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada; C.W. Robledo. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Ebert, A.W.; C. Astorga; I.C.M. Ebert; A. Mora; C. Umaña. 2007. Securing Our Future: CATIE's Germplasm Collections=Asegurando Nuestro Futuro: Colecciones de Germoplasma del CATIE. Turrialba, C. R. CATIE. Serie Técnica, Boletín Técnico N°26. 204 P.

- Ferreira, M.E.; D. Grattaglia. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. Tercera edición EMBRAPA, Brasilia. Brasil. 220 p.
- Gaitán-Solís, E.; M.C. Duque; K.J. Edwards; J. Tohme. 2002. Microsatellite Repeats in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Isolation, Characterization, and Cross-Species Amplification in *Phaseolus* ssp. Crop Science Society of America: 42, 2128-2136.
- Gepts P. 1998. Origin and evolution of common bean: past events and recent trends. Hort. Sci. 33:1124-1130.
- Gepts. P.; D. Debouck. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Common beans. Research for crop improvement. A Van Schooven, O. Voysest. (Ed.). CAB International, Cali, Colombia., CIAT. p. 7-54.
- Gepts P.; V. Llaca; R.O. Nodar; L. Panella. 1992. Analysis of seed proteins, isozymes and RFLPs for genetic and evolutionary studies in *Phaseolus*. In:Linskens H-F, Jackson JF (eds.), Modern methods of plant analysis (New Series). Seed analysis. Springer, Berlin. pp. 63-93.

- Gepts P.; M.T. Clegg. 1989. Genetic Diversity in Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) at the DNA Sequence Level. *The Journal of Heredity* 80(3):203-208.
- Gill-Langarica, H.R.; N. Mayek-Pérez. 2008. Los Marcadores Moleculares en el Mejoramiento Genético de la Resistencia a Enfermedades del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Aplicaciones y Perspectivas. *Revista Mexicana de FITOPATOLOGIA*. 26(2):164-176.
- Gómez, O.J.; M.W. Blair; B.E. Frankow-Lindberg; U. Gullberg. 2004. Molecular and Phenotypic Diversity of Common Bean Landraces from Nicaragua. *Crop Sic.* 44:1412-1418.
- Guerra-S., J. 2004. New SSR marks of *Phaseolus vulgaris* from sequence database. *Plant Breeding*. 123:87-89.
- Gutiérrez, M.; Rincón, C.A. 2011. Caracterización de la variabilidad genética mediante el uso de marcadores RAPDS, de un grupo de genotipos nativos y comerciales de caraota en Venezuela. *Agronomía Trop.* 61(1): 73-83.
- Hamann, A.; D. Zink; W. Nagl. 1995. Microsatellite fingerprinting in the Genus *Phaseolus*. *Genome*. Ottawa, Ontario, Canada. National Research Council of Canada. June 1995. V. 38(3):507-515.

- Maguire, T. L.; K.J. Edwards; P. Saenger; R. Henry. 2000. Characterization and analysis of microsatellite loci in a mangrove species, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. (Avicenniaceae). *Theor. Appl. Genet.* 1001:279-285.
- Masi, P.L.; Z. Spagnolelli; P. Donini. 2003. Development and analysis of multiplex microsatellite markers sets in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding.* 11:303-313.
- Masuelli, R.W. 1999. Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento genético de especies hortícolas. *Avances en Horticultura.* 4(1). Edición on-line: www.horticulturaar.com.ar/bajar.php
- Metais I.; B. Hamon; R. Jalouzot; D. Peltier. 2002. Structure and level of genetic diversity in various bean types evidenced with microsatellite markers isolated from a genomic enriched library. *Theor. And Appl. Genet.* 104:1346-1352.
- Miklas, P.N.; J.D. Kelly; S.D. Beebe; M.W. Blair. 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. *Euphytica* 147:105-131.

McCouch, S.R.; X.L. Chen; O. Panaud; S. Temnykh; Y.B. Xu; Y.G. Cho; N. Huang; T. Ishii; M. Blair. 1997. "Microsatellite marker development, mapping and applications in rice genetics and breeding". *Plant. Molec. Biol.* 35:89-99.

Miranda-L., S.; Rosas-S, J.C.; L.L. Aranda-R.; R. Ortiz-P.; M. Ponce-B.; H. Ríos-L. 2006. Análisis molecular de la diversidad genética de frijol común manejada por campesinos en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 17(3): 369-382.

Mora , O.A. 1997. Origen e importancia del cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Fac. Agron. Maracay-Venezuela.* 23:225-234

Murria, M.G. and W.F. Thompson. 1980. Rapid isolation of high molecular weight DNA. *Nucleic Acids Res.* 8:4321-4325.

Nei, M. and H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Nat. Acad. Sic.* 76:5269-5273.

Ramis, C.; A. Medina; A. Maselli; M. Pérez; O. Movil; L. Salazar; J. Jiménez; A. Bedoya; M. Gutiérrez; D. Pérez. 2007. Componente Investigación y Desarrollo Proyecto N° 26110, Subprograma: búsqueda de marcadores moleculares asociados a la resistencia a la bacteriosis común (*Xanthomonas phaseoli*) en caraota BID-FONACIT II. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA-

CENIAP, Laboratorio de Bacteriología INIA. Universidad Central de Venezuela
CIBA-Facultad de Agronomía. Laboratorio de Genética Molecular.

Papa, R. and P. Gepts. 2003. Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. *Theor. Appl. Genet.* 106:239-250.

Payro de la Cruz; E.P. Gets; P. Colunga-Garcia Marin; D. Zizumbo-Villarreal. 2005. Spatial distribution of genetic diversity in wild populations of *Phaseolus vulgaris* L. from Guanajuato and Michoacán. México. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 52:589-599.

Pérez, M.A. 2008. Caracterización del acervo genético de caraota común (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de marcadores bioquímicos y moleculares. Tesis de *M.Sc.* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 100 p.

Phillips, W. 1998. Marcadores moleculares en plantas. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 29 p.

- Posso, D.; T. Ghneim. 2008. Uso de marcadores moleculares para la estimación de diversidad genética en plantas. Manual de Laboratorio. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Ediciones IVIC. Caracas, Venezuela. 69 p.
- Powell, W.; M. Morgante; C. Andre; M. Hanafey; J. Vogel; S. Tingey; A. Fafalski. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol. Breeding* 2:225-238.
- Saghai, M.A.; R.M. Biyashev; G.P. Yang; Q. Zhang; R.W. Allard. 1994. Extraordinarily polymorphic microsatellite DNA in barley: Species diversity, chromosomal locations and population dynamics. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 91:5466-5470.
- Sánchez, M.; S. Hernández; P. Guzman; J. Simpson. 1995. A simple protocol for the isolation of High Molecular Weight DNA Molecular from Common Bean (*P. vulgaris*). Department of Genetic Engineering. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV), Unidad Irapuato. Apdo Postal 629. Irapuato México.
- Singh, S.P. 2001. Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars. *Crop Science.* 41:1659-1675.

- Singh S.P. 1999. Production and Utilization. En: Singh, S. P. (ed). Common vean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers. pp 1-24.
- Sing, S.P.; J.A. Gutierrez; A. Molina; C. Urrea; P. Gepts. 1991. Genetic Diversity in Common Bean: II. Marked-Based Analysis of Morphological and Agronomics Traits. Crop Sciece. 31:23-29
- VandenBosch, K. 2003. Summaries of Legume Genomics Projects from around the Globe. Community Resources for Crops and Models. Plant Physiol, March 2003, Vol. 131, pp 840-865.
- Vidal-Barahoma, A.; L. del C. Lagunes-Espinoza; E. Valadez; C.F. Ortíz-García. 2006. Variabilidad morfológica y molecular de cultivares criollos y mejorados de frijol común en Tabasco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(4):273-281
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de Variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 195 p.
- Yu, K., S.J. Park; V. Poysa; P. Gepts. 2000. Integration of simple sequence repeat (SSR) markers into a molecular linkege map of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Hered. 1(6):429-434.

Yu, K.; S.J. Park; V. Poysa. 1999. Abundance and variation of microsatellite DNA sequences in beans (*Phaseolus* and *Vigna*). *Genome* 42:27-34.

Zizumbo-Villarreal, D.; P. Colunga-Garciamarín; E. Payró de la Cruz; P. Delgado-Valerio; P. Gepts. 2005. Population structure and evolutionary dynamics of wild-weedy-domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. *Crop Sci.* 35:1073-1083.

CAPITULO IV

IDENTIFICACIÓN DE CULTIVARES DE CARAOTA PROMISORIOS CON LA INTEGRACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO, ESTABILIDAD, ADAPTABILIDAD, PREFERENCIA DE LOS AGRICULTORES Y DIVERGENCIA GENÉTICA

INTRODUCCIÓN

El producto final de un programa de mejoramiento genético son cultivares superiores y novedosos. De manera convencional, las características morfológicas y agronómicas han sido utilizadas para demostrar la superioridad y distinguibilidad de un nuevo cultivar; en ese último caso, las diferencias morfológicas muchas veces no son suficientes.

Por otra parte, el verdadero éxito de los cultivares novedosos es la adopción por parte de sus usuarios primarios, los agricultores. Estos cultivares deben presentar un buen comportamiento agronómico, con características deseables por parte de los agricultores y distintos a los ya conocidos.

La recomendación del uso de un cultivar debe considerar todos esos aspectos, haciendo complejo el estudio por las diferentes características que deben ser incluidas.

Por una parte los caracteres morfológicos son afectados por el ambiente, así como por la subjetividad del evaluador; en otro aspecto, la caracterización molecular pudiera ser más eficiente en los estudios de divergencia genética, a partir de datos no sesgados. En la actualidad, se combinan los métodos convencionales del mejoramiento con las técnicas biotecnológicas, para acelerar los procesos de caracterización y recomendación de los nuevos cultivares.

OBJETIVO

Identificar cultivares de caraota (*P. vulgaris* L) promisorios en los estados Aragua y Carabobo, con la integración de criterios referente a su comportamiento agronómico, estabilidad, adaptabilidad, preferencia de los agricultores y divergencia genética.

REVISIÓN DE LITERATURA

Tradicionalmente la variabilidad intra e inter específica de *P. vulgaris*, se ha evaluado a través de características morfológicas, las que incluyen las agronómicas (Voyset, 2000). La combinación de estos estudios con técnicas moleculares ha permitido una mejor diferenciación y caracterización. Ambos tipos de análisis son complementarios, en estudios de diversidad y estructura genética de las poblaciones; así como, en la caracterización agronómica y productiva (Vidal-Barahoma *et al.*, 2006).

Tapia *et al.* (2005) evaluaron 63 cultivares de mandarinas a través de 30 caracteres morfológicos y 109 bandas de AFLPs. La comparación entre las matrices correspondientes a los datos morfológicos y los moleculares mostraron una baja correlación ($r= 0.31$, $P=1.0$). Sin embargo, los autores señalan que pese al bajo nivel de correlación se obtuvieron grupos similares en los dendrogramas obtenidos para cada tipo de variable, demostrando así el beneficio de incluir ambos tipos de variables.

En *Phaseolus vulgaris*, Vidal-Barahoma *et al.* (2006) evaluaron 21 genotipos de caraota con respecto a 18 caracteres agro-morfológicos, 3 marcadores tipo RAPDs y 4 tipo ISSR, utilizando la prueba de Mantel; donde los resultados mostraron una baja

asociación entre los caracteres agro-morfológicos y los moleculares con un valor para el Coeficiente de correlación de 0,159.

En maíz (*Zea mays* L.), Defacio *et al.* (2005) estudiaron 10 poblaciones locales a través de variables agro-morfológicas y moleculares. En la investigación, encontraron que para algunas poblaciones se observó una fuerte concordancia entre la caracterización molecular y agronómica; en otras la discrepancia fue dispar, obteniendo en conjunto una baja correlación ($r= 0.18$), entre ambas matrices de datos. Los autores señalan que los dos tipos de información son imprescindibles, ya que ambos aportan datos diferenciales, siendo importante el uso de técnicas que permitan un análisis conjunto.

Como aspecto importante, en el Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (Gutiérrez, 2008), se reporta que el advenimiento y adopción de las técnicas moleculares han permitido acelerar el proceso de caracterización de genotipos y la mejora genética de los principales cultivos. Por otro lado, las actividades de premejoramiento y la incorporación de los métodos de mejoramiento genético participativo favorecen la atención precisa de las demandas de los agricultores, con soluciones adaptadas a sus circunstancias y necesidades particulares.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Origen de la data

Se consideraron datos procedentes de la evaluación agronómica de 30 genotipos de caraota en cuatro ambientes (Capítulo I), la aceptación por parte de los agricultores medido a través del Índice de Preferencia (Capítulo II), y la evaluación de la similitud genética a partir del estudio de marcadores moleculares de tipo microsatélites (Capítulo III).

2. Estudio de Asociación entre comportamiento agronómico y aceptabilidad por parte de los agricultores

2.1 Análisis de correlación simple. Se determinó el nivel de sociación entre las variables de rendimiento, sus componentes y el índice de preferencia mediante el cálculo del índice de correlación de Pearson.

2.2 Análisis multivariado. Se realizó un análisis de componentes principales, con base en los coeficientes de correlación de Pearson, en representación Biplot, con el auxilio del paquete estadístico PAST.

3. Estudio de asociación entre comportamiento agronómico, aceptabilidad por parte de los agricultores y similitud molecular

Se desarrollaron matrices binarias para los datos agronómicos, de preferencia y moleculares. Para los dos primeros casos, los datos agronómicos y de preferencia de los agricultores se codificaron en 1 cuando correspondió al promedio \pm desviación

estándar, ó con el dígito 0, si estuvo fuera de ese rango. Para los datos moleculares, se tomó en cuenta la presencia (1) o ausencia (0) de cada banda.

Con las matrices binarias y a fin de establecer las similitudes entre los genotipos se realizaron los correspondientes análisis de agrupamiento (UPGMA), basados en la distancia euclidiana para caracteres morfológicos y de preferencia, y de Dice para los moleculares.

Finalmente, con el propósito de verificar la correspondencia entre la caracterización agronómica, de preferencia y molecular, se realizó una prueba de Mantel entre pares de matrices para obtener el valor de correlación y significación entre los conjuntos de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de Asociación entre comportamiento agronómico y aceptabilidad por parte de los agricultores

Los coeficientes de correlación simple de Pearson, entre las variables morfológicas, del rendimiento y sus componentes se presentan en el Cuadro 36. En general, se observa valores significativos medios a altos entre las variables de sobrevivencia, vigor y altura de planta.

En cuanto al rendimiento, los mayores valores de correlación se observan con las variables peso de fruto, peso de 100 semillas y el número de semillas por fruto. Bajo las condiciones de los ensayos, con tres ambientes de bajo índice ambiental, los mayores valores se esperarían con aquellos componentes del rendimiento menos afectados con el ambiente.

En el componente número de frutos no se observó la asociación, muy al contrario con resultados anteriores, donde el componente número de frutos por planta fue el del mayor valor (Mora, 1983, Madriz, 2009). Las diferencias pudieran deberse a la gran variabilidad genética entre los cultivares incluidos en el estudio, por compensación entre los distintos componentes del rendimiento, observado en otros cultivos (Ramis, 1999). De esta manera es posible obtener distintos rendimientos con plantas de bajo o alto número de frutos por plantas, pero de semillas grandes y de mayor número de semillas por frutos.

Cuadro 36. Índices de correlación simple entre variables morfológicas, del rendimiento y sus componentes e índice de preferencia

VARIABLES	%SC	Vigor	AP	R /kg.ha-1)	NFP	PF	NSV	P100S	IP
%EP15dds	0,339*	0,519**	0,347*	0,00003	0,592**	0,801 **	0,846**	0,393*	0,0003
%SC		0,774**	0,069	0,429*	0,559**	0,521**	0,425*	0,686**	0,682**
Vigor			0,599**	0,195*	0,039	0,773**	0,615**	0,821**	0,560**
AP				0,574**	0,117*	0,109*	0,089	0,119	-0,581**
R /kg.ha-1)					0,096	0,762**	0,439**	0,864**	0,003
NFP						0,518**	0,13	0,547**	0,901**
PF							0,0006	0,915**	0,155
NSV								0,0005	0,186
P100S									0,029

En referencia al índice de preferencia (IP), los mayores valores de correlación se observaron con las variables NFP, %SC, AP, Vigor. Tal como se explicó en el Capítulo II, los agricultores mostraron preferencia por plantas erectas, que tienden a tener menor altura de planta, de buen vigor, observándose aquellas con mayor número de plantas por área, aunque no esté asociado directamente con el rendimiento. Este resultado apoya la idea que, no necesariamente los productos de mejoramiento genético, los nuevos cultivares, sean bien aceptados por los agricultores; aun con características superiores en cuanto a su comportamiento agronómico. De esta manera, se evidencia la necesidad de incorporar a los usuarios primarios en los programas de desarrollo de los nuevos cultivares, mediante las distintas metodologías del mejoramiento participativo.

El porcentaje de variabilidad explicada de cada vector y su valor propio, obtenido por el análisis de componentes principales, se presenta en el Cuadro 37. En

el mismo se observa un 53,22% de la variabilidad acumulada explicada mediante los dos primeros componentes. Al detallar el peso de cada variable, en los dos primeros componentes, se observa para el primero el mayor peso para las variables rendimiento, índice de preferencia y peso de 100 semillas (Cuadro 38).

Cuadro 37. Valor propio y porcentaje de la variabilidad explicada por cada eje del análisis de componentes principales de variables morfológicas, del rendimiento y del índice de preferencia de 30 cultivares de caraota

Componente Principal	Valor Propio	% varianza explicado	%varianza acumulado
1	1,8375	28,825	28,825
2	1,5243	24,391	53,216
3	0,8344	17,837	71,053
4	0,3929	8,138	79,191

Cuadro 38. Coeficientes para los dos primeros componentes principales del análisis de 9 características morfológicas y del índice de preferencia de 30 cultivares de caraota

Variable \Componente principal	CP1	CP2
%EP15dds	0,247	-0,27
%SC	-0,03	-0,115
Vigor	0,05	-0,158
AP	-0,253	-0,425
R /kg.ha-1)	0,438	-0,491
NFP	-0,058	-0,249
PF	-0,03	-0,055
NSV	-0,25	-0,47
P100S	0,404	0,416
IP	0,461	-0,088

En la Figura 13, se presenta el resultado del análisis de componentes de principales. En la misma se observa una baja asociación entre los cultivares, en cuanto a sus características morfológicas; mostrando así, la amplia variabilidad presente en el estudio, que pudiera ser aprovechada directamente como cultivo o para los programas de mejoramiento genético. Por otra parte, se observan las asociaciones entre el rendimiento, el índice de preferencia, el peso de 100 semillas y la emergencia a los 15dds, y la agrupación de 12 cultivares alrededor de tales características. Tales cultivares corresponden a 8 líneas promisorias de los programas de mejoramiento genético de INIA y UCV, 3 cultivares locales y el cultivar comercial Corocito.

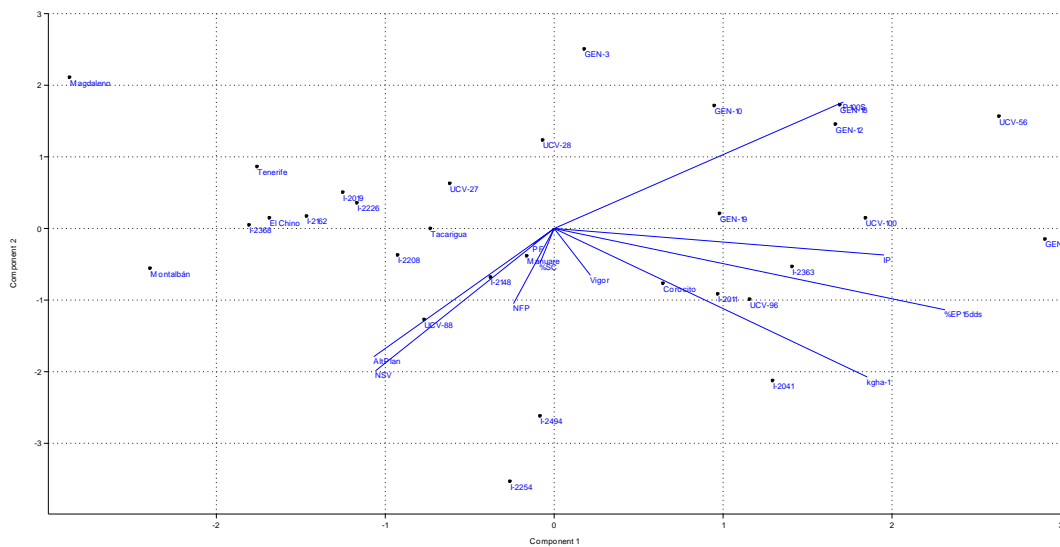


Figura 13. Análisis bidimensional de componentes principales entre 30 cultivares de caraota, con base en características morfológicas, del rendimiento y preferencia de los agricultores

Mediante este tipo de análisis, Laurentín *et al.* (2003) estudiando la asociación entre seis cultivares de ajonjolí con respecto a la presencia de siete metabolitos secundarios en cinco distintas partes de la planta, lograron identificar el carácter que permitía una clara diferencia entre los cultivares, en ese caso la presencia de flavonoides en hojas y flores.

Estudio de Asociación entre comportamiento agronómico, aceptabilidad por parte de los agricultores y similitud molecular

Finalmente, con miras de estudiar al asociación entre las variables morfológicas, de aceptación de los productores y la similitud genética entre los 30 cultivares incluidos en el estudio se realizó la prueba de Mantel entre pares de matrices para obtener el valor de correlación y significación entre los conjuntos de datos. El valor de correlación fue bajo 0,184, resultado similar obtenido por otros autores como Vidal *et al.* (2006). Este baja asociación se explica debido a que los marcadores microsatélites incluidos han sido utilizados en diversos estudios de diversidad genética (Blair *et al.*, 2006, Pérez, 2008) como una muestra representativa del genoma del cultivo y se espera baja relación o neutralidad con características morfológicas o agronómicas. La independencia entre tales características favorece el uso complementario de las distintas evaluación con miras de realizar recomendaciones de cultivares de buen comportamiento agronómico, buena aceptación y distintos entre sí.

En ese contexto, a fin de realizar recomendaciones en cuanto a los cultivares más promisorios a ser utilizados por los agricultores, se consideraron los aspectos siguientes: rendimiento, peso de 100 semillas, adaptabilidad al ambiente, índice de preferencia, grupo genético, como se muestra en el Cuadro 39. Considerando tales criterios se recomiendan la multiplicación de los cultivares I-2041, I-2011, Gen-18, UCV-56 y UCV-100 como cultivares estables, de alto potencial, de buena adaptación y novedosos por presentar diferencias genéticas con respecto a la mayoría de los cultivares comerciales actuales. Por otra parte, se recomienda la multiplicación de los cultivares I-2363 y Gen-16, que aunque mostraron inestabilidad, presentan excelente comportamiento en ambientes favorecidos. Estos deberían evaluarse con productores de mejor desempeño tecnológico.

Cuadro 39. Características de 30 cultivares de caraota con en base en criterios considerados para la recomendación de cultivares novedosos de caraota de buen comportamiento agronómico, buena aceptación y adaptabilidad

Cultivar	Rendimiento potencial (kg,ha-1)	Peso 100 semillas	Estabilidad y Adaptabilidad		IP	Grupo genético	Cultivares recomendados
I-2011	2.397,90	15,38	estable	por encima de la media	3,65	III	X
I-2019	1.113,10	14,48	inestable	por debajo de la media	2,53	III	
I-2041	2.317,50	15,30	estable	por encima de la media	4,19	III	X
I-2148	1.766,30	14,93	estable	por debajo de la media	3,64	III	
I-2162	1.247,40	13,88	inestable	por debajo de la media	3,07	III	
I-2208	2.087,90	13,03	estable	por encima de la media	3,20	III	
I-2226	2.374,70	15,15	estable	por debajo de la media	3,17	III	
I-2254	2.759,00	13,05	inestable	adaptado a buenos ambientes	3,52	I	
I-2363	2.895,30	17,35	inestable	adaptado a buenos ambientes	3,48	I	X
I-2368	2.214,40	12,73	estable	por debajo de la media	2,97	VI	
I-2494	1.958,70	15,55	estable	por encima de la media	3,10	IV	
El Chino	1.085,10	15,28	inestable	por debajo de la media	3,19	IV	
Gen-3	1.255,80	19,55	inestable	por debajo de la media	3,37	VI	
Gen-10	2.004,70	17,58	estable	por debajo de la media	3,44	V	
Gen-12	1.945,60	17,63	estable	por debajo de la media	3,66	V	
Gen-16	2.868,90	17,25	inestable	adaptado a buenos ambientes	4,26	V	X
Gen-18	2.003,90	18,88	estable	por debajo de la media	3,56	VI	X
Gen-19	1.791,70	17,33	estable	por debajo de la media	3,72	IV	
UCV-27	1.445,80	13,45	estable	por debajo de la media	3,62	VI	
UCV-28	1.821,30	16,73	estable	por debajo de la media	3,55	VI	
UCV-56	2.471,00	19,10	estable	por encima de la media	3,82	VI	X
UCV-88	2.456,30	13,00	estable	por encima de la media	2,84	VI	
UCV-96	2.214,80	16,93	estable	por encima de la media	3,70	VI	
UCV-100	2.353,60	17,53	estable	por encima de la media	3,69	II	X
Magdaleno	567,9	16,55	inestable	por debajo de la media	2,72	V	
Tacarigua	2.052,60	14,13	estable	por debajo de la media	3,33	V	
Corocito	1.904,90	15,10	estable	por encima de la media	3,66	II	
Tenerife	1.660,20	15,58	estable	por debajo de la media	2,88	II	
Montalban	1.545,80	15,90	estable	por debajo de la media	3,20	II	
Manuare	2.045,50	16,10	estable	por encima de la media	3,41	II	

CONCLUSIONES

Para el grupo de cultivares de caraota incluidos en el estudio se evidenció una variabilidad amplia en cuanto a su comportamiento agronómico para rendimiento y sus componentes.

El índice de preferencia, como indicativo de la aceptación de los cultivares por parte de los productores, mostró una mayor asociación con las características de número de frutos por planta, % de sobrevivencia a cosecha, altura de planta y vigor; características que muestran claras diferencias para el agricultor.

El análisis de Mantel mostró baja asociación entre el análisis molecular y las características morfológicas, de rendimiento y de preferencia por parte de los agricultores, con un valor de correlación $r = 0,184$.

Los análisis permitieron recomendar los cultivares I-2041, I-2011, Gen-18, UCV-56 y UCV-100, por presentar buen comportamiento agronómico, de estabilidad, preferencia por los agricultores y genéticamente de origen distinto entre sí y con respecto a la mayoría de los cultivares comerciales actuales, haciendo disponibles cultivares superiores y novedosos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blair, M. W.; M. C. Giraldo; H. F. Buendía; E. Tovar; M. C. Duque; S. E. Beebe. 2006. Microsatellite marker diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor Appl Genet.* 113:100-109.
- Defacio, R.; N. Paz; S. Bramardi; M. Ferrer; A.R. Schlatter. 2005. Relación entre datos agro-morfológicos y moleculares en 10 poblaciones locales de maíz. Instituto nacional de Tecnología agropecuaria. Disponible en línea <http://www.inta.gov.ar/index.asp> (consultado: 17 de noviembre 2013).
- Gutiérrez, M. 2008. Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, Venezuela. MPPAT-INIA, FAO. 171 p.
- Laurentin, H.; C. Pereira; M. Sanabria. 2003. Phytochemical characterization of six sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes and their relationships with resistance against the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius. *Agron. J.* 95:1577–1582 (2003).
- Madríz, P.M. 2009. Efecto del ambiente en la absorción de flores y frutos y estabilidad del rendimiento en caraota, *Phaseolus vulgaris* L. Tesis Doctora.

Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
244 p.

Mora, O.A. 1983. Análisis de la estabilidad del rendimiento en cultivares de caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.) con fines de selección. Trabajo de Ascenso. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 86 p.

Pérez, M.A. 2008. Caracterización del acervo genético de caraota común (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de marcadores bioquímicos y moleculares. Tesis de *M.Sc.* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 100 p.

Ramis, C. 1998. Evaluación de selecciones de *Canavalia ensiformis* L. (DC) por arquitectura de la planta en cuatro localidades bajo dos densidades de siembra. Trabajo de ascenso. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad central de Venezuela. 88 p.

Tapia, E.; M.A. Gutiérrez; M. Warburton; A. Santacruz; Á. Villegas. 2005. Characterization of madarin (CITRUS SPP.) Using morphological and aflu markers. *Interciencia* 30(11): 687-693.

Vidal-Barahona, A.; L. del C. Lagunes-Espinoza; E. Valadez M; C.F. Ortíz-García.
2006. Variabilidad morfológica y molecular de cultivares criollos y mejorados de
frijol común en Tabasco, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(4):273-281

Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado
de Variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de
Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 195 p.

ANEXOS

Anexo 1. Balance hídrico en el ambiente 1 (A1), Samán Mocho, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo. Período 2010-2011

Semana	Precipitación	ETo	ETr	Almacén	ETa	Déficit	Exceso
1	53,3	16,0	6,4	52,0	6,4	0,0	0,0
2	63,7	14,1	5,6	100,0	5,6	0,0	10,0
3	30,6	22,3	8,9	100,0	8,9	0,0	21,7
4	10,2	17,9	8,6	100,0	8,6	0,0	1,6
5	8,0	19,9	12,7	95,3	12,7	0,0	0,0
6	4,9	21,6	17,2	83,0	17,2	0,0	0,0
7	0,0	27,0	25,8	57,1	25,8	0,0	0,0
8	0,0	21,8	24,3	32,8	24,3	0,0	0,0
9	1,1	24,2	27,8	6,1	27,8	0,0	0,0
10	1,4	23,0	26,5	0,0	7,5	19,0	0,0
11	0,0	28,9	33,2	0,0	0,0	33,2	0,0
12	0,0	29,7	34,2	0,0	0,0	34,2	0,0
13	0,0	33,5	38,5	0,0	0,0	38,5	0,0
14	0,0	33,2	38,2	0,0	0,0	38,2	0,0
15	0,0	33,2	34,0	0,0	0,0	34,0	0,0
16	0,0	35,7	27,4	0,0	0,0	27,4	0,0
17	3	29,2	14,5	0,0	3,0	11,5	0,0

Anexo 2. Balance hídrico en el ambiente 2 (A2), Samán Mocho, municipio Carlos Arvelo, estado Carabobo. Período 2011-2012

Semana	Precipitación	ETo	ETr	Almacén	ETa	Déficit	Exceso
1	59,0	23,1	9,2	100,0	9,2	0,0	27,0
2	5,7	20,4	8,2	97,5	8,2	0,0	0,0
3	12,0	22,2	8,9	100,0	8,9	0,0	0,7
4	25,0	16,8	8,1	100,0	8,1	0,0	16,9
5	7,3	17,3	11,0	96,3	11,0	0,0	0,0
6	10,7	14,8	11,8	95,1	11,8	0,0	0,0
7	0,0	27,3	26,1	69,0	26,1	0,0	0,0
8	7,0	23,5	26,2	49,8	26,2	0,0	0,0
9	0,0	22,0	25,3	24,5	25,3	0,0	0,0
10	0,0	26,8	30,8	0,0	24,5	6,3	0,0
11	0,0	26,6	30,6	0,0	0,0	30,6	0,0
12	0,0	28,1	32,3	0,0	0,0	32,3	0,0
13	0,0	33,6	38,6	0,0	0,0	38,6	0,0
14	1,0	30,5	35,1	0,0	1,0	34,1	0,0
15	0,0	33,2	34,0	0,0	0,0	34,0	0,0
16	0,0	36,7	28,2	0,0	0,0	28,2	0,0
17	0,0	36,1	17,9	0,0	0,0	17,9	0,0

Anexo 3. Balance hídrico en el ambiente 3 (A3), INIA-CENIAP, municipio Mario
Briceño Irragory, Maracay, estado Aragua. Período 2010-2011

Semana	Precipitación	Evaporación	Kc			Almacén	Déficit	Exceso
			cultivo	ETo	ETr			
1	38,9	32	0,40	12,8	138,9	12,8	0,0	26,1
2	17,2	26	0,40	10,4	117,2	10,4	0,0	6,8
3	3,6	25,6	0,40	10,2	103,6	10,2	0,0	0,0
4	0	38,8	0,48	18,6	93,4	18,6	0,0	0,0
5	0	26,4	0,64	16,9	74,8	16,9	0,0	0,0
6	0	31,4	0,80	25,0	57,9	25,0	0,0	0,0
7	0	28,1	0,96	26,9	32,8	26,9	0,0	0,0
8	0	28,9	1,12	32,2	6,0	6,0	-26,3	0,0
9	0	33,5	1,15	38,5	0,0	0,0	-38,5	0,0
10	0	32,7	1,15	37,6	0,0	0,0	-37,6	0,0
11	0	35,8	1,15	41,2	0,0	0,0	-41,2	0,0
12	0	44,7	1,15	51,4	0,0	0,0	-51,4	0,0
13	0	35,1	1,15	40,4	0,0	0,0	-40,4	0,0
14	1,5	35	1,15	40,3	1,5	1,5	-38,8	0,0
15	0	33,1	1,02	33,9	0,0	0,0	-33,9	0,0
16	20,9	24,1	0,77	18,5	20,9	18,5	0,0	0,0

Anexo 4. Medias y otros estadísticos de las variables evaluadas en diferentes etapas de 30 cultivares caraotas (*P. vulgaris* L.) en 4 ambientes

ETAPA	Variable	Ambiente	Media	S	Vmín	Vmáx	Simetría	Kurtosis	Normalidad
Desarrollo Vegetativo	%PE15dds	1	85,82	17,46	22,00	100,00	-1,77	3,22	0,78
		2	82,32	7,17	60,00	100,00	-0,45	1,40	0,97
		3	69,85	17,77	30,00	98,00	-0,47	-0,80	0,92
		4	81,00	10,79	37,00	95,00	-1,25	3,31	0,92
		Media	79,75						
	%SPC	1	79,17	11,92	47,00	98,00	-0,70	0,22	0,94
		2	72,10	21,27	17,00	100,00	-1,02	0,58	0,89
		3	78,78	14,89	26,00	100,00	-0,87	1,39	0,94
		4	52,02	21,19	10,00	87,00	-0,30	-1,00	0,93
		Media	70,52						
	Vigor	1	3,83	0,83	2,00	5,00	-0,42	-0,18	0,83
		2	3,85	1,44	1,00	5,00	-0,83	-0,68	0,89
		3	3,35	1,40	1,00	5,00	-0,77	-0,80	0,76
		4	3,55	1,21	1,00	5,00	-0,18	-0,72	0,78
		Media	3,65						
	AP (cm)	1	114,93	18,29	71,50	163,10	-0,16	0,50	0,97
2		100,67	18,27	51,90	133,80	-0,54	-0,31	0,94	
3		61,98	22,37	27,60	114,10	0,70	-0,65	0,89	
4		51,24	20,78	21,62	128,00	1,35	2,04	0,88	
Media		82,2							
Rendimiento	R (kg ha ⁻¹)	1	1.954,25	791,71	427,86	3.620,75	0,28	-0,77	0,95
		2	1.021,53	398,84	197,84	1.900,00	-0,23	-0,24	0,96
		3	519,92	210,69	83,61	1.186,73	0,87	0,81	0,94
		4	416,32	289,32	16,01	1.029,01	0,37	0,87	0,92
		Media	978,01						
	PSP (g planta ⁻¹)	1	17,54	6,12	5,54	40,56	1,01	2,04	0,95
		2	10,23	2,51	5,02	18,83	0,60	1,34	0,98
		3	5,94	1,87	2,32	11,18	0,47	0,09	0,97
		4	5,36	3,29	1,15	20,06	1,80	5,79	0,88
		Media	9,77						
Componentes del rendimiento	NFP	1	25,13	8,19	10,70	53,90	0,77	1,20	0,96
		2	17,64	5,48	6,60	29,80	-0,09	-0,68	0,96
		3	12,10	4,31	5,00	26,00	0,63	0,50	0,96
		4	11,76	5,40	0,52	22,80	0,20	-0,64	0,96
		Media	16,66						
	PF (g)	1	1,26	0,18	0,82	1,78	0,33	0,46	0,99
		2	1,11	0,17	0,76	1,55	0,34	-0,13	0,97
		3	1,05	0,18	0,78	1,61	0,75	0,66	0,95
		4	0,95	0,20	0,59	1,46	0,09	-0,22	0,96
		Media	1,09						
	NSV	1	4,49	0,72	2,39	5,64	-0,65	0,17	0,95
		2	4,57	0,58	2,48	5,63	-1,06	1,96	0,94
		3	4,33	0,75	2,21	6,05	-0,66	0,75	0,96
		4	4,30	0,92	2,41	6,83	0,35	0,28	0,98
		Media	4,42						
P100S	1	17,39	1,93	13,54	21,85	-0,17	-0,56	0,96	
	2	15,37	3,90	9,41	26,08	1,01	0,75	0,91	
	3	15,98	3,52	10,54	28,34	0,87	1,53	0,95	
	4	14,48	5,51	3,17	33,26	1,26	2,75	0,90	
	Media	15,81							

Desviación estándar (S), % Plantas establecidas 15 días después de la siembra (%PE15dds), % Supervivencia de plantas al momento de la cosecha (%SPC), altura de planta (AP), rendimiento (R), peso de semillas por planta (PSP), número de frutos por planta (NFP), peso de fruto (PF), número de semillas por vainas (NSV) y peso de 100 semillas (P100S)

Anexo 5. Cuadrados medios del análisis de la varianza de %EP15 dds, %SPC, vigor y AP (cm) evaluadas en el desarrollo vegetativo de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.), en cuatro ambientes

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS			
		%PE 15 dds	% SPC	Vigor	AP (cm)
AMBIENTE 1 SAMÁN MOCHO 2010-2011					
Repetición	1	54,15 ^{ns}	1.179,27**	1,07 ^{ns}	494,21 ^{ns}
Cultivar	29	587,30**	115,67 ^{ns}	0,63 ^{ns}	488,79**
Error	29	30,77	132,85	0,72	174,87
Total	59				
CV (%)		6,50	14,56	22,16	11,51
AMBIENTE 2 SAMÁN MOCHO 2011-2012					
Repetición	1	0,82 ^{ns}	405,60 ^{ns}	7,35 ^{ns}	14,70 ^{ns}
Cultivar	29	41,15 ^{ns}	573,08 ^{ns}	1,94 ^{ns}	352,63 ^{ns}
Error	29	63,40	333,67	2,01	325,91
Total	59				
CV (%)		9,67	25,34	36,78	17,93
AMBIENTE 3 CENIAP MARACAY 2011-2012					
Repetición	1	784,82 ^{ns}	453,75 ^{ns}	33,75**	2.487,13**
Cultivar	29	384,04 ^{ns}	257,20 ^{ns}	1,49 ^{ns}	837,27**
Error	29	231,30	177,99	1,34	94,83
Total	59				
CV (%)		21,77	16,93	34,51	15,71
AMBIENTE 4 ZUATA 2011-2012					
Repetición	1	273,07 ^{ns}	770,42 ^{ns}	1,35 ^{ns}	349,45 ^{ns}
Cultivar	29	113,90 ^{ns}	411,40 ^{ns}	1,32 ^{ns}	688,30**
Error	29	113,72	475,66	1,63	178,42
Total	59				
CV (%)		13,17	41,93	35,92	26,07

Coeficiente de Variación (CV), porcentaje de plantas establecidas 15 días después de la siembra (%PE 15 dds), porcentaje de sobrevivencia de plantas al momento de la cosecha (% SPC), altura de planta en centímetros (AP).

* y **, significan diferencias al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. ^{ns} no significativo.

Anexo 6. Cuadrados medios del análisis de la varianza del rendimiento y sus componentes en cuatro ambientes

Fuente de Variación de Libertad	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS					
		R	PSP	NFP	PF	NSV	P100S
AMBIENTE 1 SAMÁN MOCHO 2010-2011							
Repetición	1	7.081.850,38**	200,93 ^{ns}	834,30**	0,01 ^{ns}	0,00	2,79 ^{ns}
Cultivar	29	599.734,26 ^{ns}	33,46 ^{ns}	58,75 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,57	5,15*
Error	29	431.289,55	35,76	49,03	0,03	0,48	2,30
Total	59						
CV (%)		33,61	34,09	27,86	13,57	15,38	8,71
AMBIENTE 2 SAMÁN MOCHO 2011-2012							
Repetición	1	450,88 ^{ns}	1,13 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,34 ^{ns}
Cultivar	29	232.009,51**	7,57 ^{ns}	42,49**	0,04**	0,58**	20,88*
Error	29	91.613,37	5,17	18,45	0,01	0,10	9,97
Total	59						
CV (%)		29,63	22,22	24,36	10,46	6,89	20,54
AMBIENTE 3 CENIAP MARACAY 2011-2012							
Repetición	1	1.103.070,75**	53,81**	355,41**	0,12*	0,35 ^{ns}	144,21**
Cultivar	29	35.314,96*	2,97 ^{ns}	10,36*	0,04**	0,68 ^{ns}	10,19 ^{ns}
Error	29	16.957,81	2,27	15,21	0,02	0,46	10,01
Total	59						
CV (%)		24,57	25,36	32,22	12,7	15,73	19,8
AMBIENTE 4 ZUATA 2011-2012							
Repetición	1	808.724,74**	103,02**	29,39 ^{ns}	0,29**	10,06**	118,05*
Cultivar	29	50.027,24 ^{ns}	8,92 ^{ns}	33,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,75 ^{ns}	37,53*
Error	29	92.381,50	9,52	25,31	0,03	0,61	20,25
Total	59						
CV (%)		73,01	57,57	42,79	17,27	18,23	31,07

Coeficiente de Variación (CV), Rendimiento (R), peso de semillas por planta (PSP), número de frutos por planta (NFP), peso de fruto (PF), número de semillas por vaina (NSV) y peso de 100 semillas (P100S).

* y **, significan diferencias al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. ^{ns} no significativo.

Cuadro 7. Pruebas de homogeneidad de varianzas de los cuadrados medios del error de las variables evaluadas en 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en cuatro ambientes

Variable	Cuadrados Medios del Error				Prueba de varianzas iguales (Bartlett, 1937)
	A1	A2	A3	A4	
%PE15dds	30,77	51,68	278,78	113,00	90,51 ^{ns}
%SPC	132,85	585,32	209,09	456,31	98,61 ^{ns}
Vigor	0,72	2,01	1,34	1,63	24,06 ^{ns}
AP (cm)	174,87	325,91	94,83	178,42	105,26 ^{ns}
R (kg ha ⁻¹)	431.289,55	91.613,37	16.957,81	92.381,50	147,43 ^{ns}
PSF (g)	35,76	5,17	2,27	9,52	175,37*
NFP	49,03	18,45	15,21	25,31	133,46 ^{ns}
PF	0,03	0,01	0,02	0,03	145,57 ^{ns}
NSV	0,48	0,10	0,46	0,61	184,05*
P100S	2,30	9,97	10,01	20,25	162,91*

* Significancia (p<0,05) y ^{ns} no significativo

Anexo 8. Análisis de varianza de la regresión lineal del rendimiento (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en 4 ambientes durante los periodos 2010-2011 y 2011-2012, según el método de Eberhart y Russell (1996)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
Ambiente	3	88.271.386,11	29.423.795,37**
Cultivar	29	6.436.397,65	221.944,75 ^{ns}
Int. CxA	87	20.159.095,43	231.713,74*
Amb/Cult.	90	108.430.481,54	1.204.783,13**
Amb. Lineal	1	88.271.386,11	88.271.386,11**
CxAmb Lineal	29	12.948.053,30	446.484,59**
Desv. Reg Comb.	60	7.211.042,13	120.184,03 ^{ns}
Desv. I-2011	2	507.321,83	253.660,91 ^{ns}
Desv. I-2019	2	492.126,52	246.063,26 ^{ns}
Desv. I-2041	2	32.245,64	16.122,82 ^{ns}
Desv. I-2148	2	158.432,10	79.216,05 ^{ns}
Desv. I-2162	2	93.229,65	46.614,82 ^{ns}
Desv. I-2208	2	102.039,08	51.019,54 ^{ns}
Desv. I-2226	2	716.531,78	358.265,89 ^{ns}
Desv. I-2254	2	338.876,49	169.438,24 ^{ns}
Desv. I-2363	2	305.467,75	152.733,88 ^{ns}
Desv. I-2368	2	488.801,41	244.400,71 ^{ns}
Desv. I-2494	2	100.571,51	50.285,76 ^{ns}
Desv. El Chino	2	375.051,08	187.525,54 ^{ns}
Desv Gen-3	2	577.169,07	288.584,54 ^{ns}
Desv. Gen-10	2	139.678,80	69.839,40 ^{ns}
Desv. Gen-12	2	240.628,68	120.314,34 ^{ns}
Desv. Gen-16	2	145.026,21	72.513,11 ^{ns}
Desv. Gen-18	2	79.677,21	39.838,61 ^{ns}
Desv. Gen-19	2	88.547,31	44.273,66 ^{ns}
Desv. UCV-27	2	407.954,19	203.977,10 ^{ns}
Desv. UCV-28	2	784.690,22	392.345,11 ^{ns}
Desv. UCV-56	2	21.244,98	10.622,49 ^{ns}
Desv. UCV-88	2	81.146,16	40.573,08 ^{ns}
Desv. UCV-96	2	395.613,90	197.806,95 ^{ns}
Desv. UCV-100	2	29.328,46	14.664,23 ^{ns}
Desv. Magdalena	2	43.680,21	21.840,10 ^{ns}
Desv. Tacarigua	2	86.014,79	43.007,39 ^{ns}
Desv. Corocito	2	96.839,44	48.419,72 ^{ns}
Desv. Tenerife	2	96.232,81	48.116,40 ^{ns}
Desv. Montalban	2	129.664,01	64.832,01 ^{ns}
Desv. Manuare	2	57.210,76	28.605,38 ^{ns}
Residual	116	18.335.024,84	158.060,56 ^{ns}

Obs.: las SQ y Qm ya están multiplicadas por el número de repeticiones (r = 2)

* y **, significan diferencias al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. ^{ns} no significativo.

Anexo 9. Análisis de varianza de la regresión lineal del rendimiento (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en 4 ambientes durante los periodos 2010-2011 y 2011-2012, según el método de Eberhart y Russell (1996)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
Ambiente	3	88.271.386,11	29.423.795,37**
Cultivar	29	6.436.397,65	221.944,75 ^{ns}
Int. CxA	87	20.159.095,43	231.713,74*
Ambiente/Cultivar	90	108.430.481,54	1.204.783,13**
A/I-2011	3	6.809.425,99	2.269.808,66**
A/I-2019	3	972.267,55	324.089,18 ^{ns}
A/I-2041	3	4.014.874,17	1.338.291,39*
A/I-2148	3	1.800.129,96	600.043,32 ^{ns}
A/I-2162	3	807.126,74	269.042,24*
A/I-2208	3	3.927.653,58	1.309.217,86*
A/I-2226	3	5.445.009,15	1.815.003,05 ^{ns}
A/I-2254	3	6.664.160,46	2.221.386,82 ^{ns}
A/I-2363	3	8.246.039,03	2.748.679,68 ^{ns}
A/I-2368	3	5.057.736,22	1.685.912,07 ^{ns}
A/I-2494	3	1.974.572,79	658.190,93*
A/El Chino	3	909.587,55	303.195,85*
A/Gen-3	3	1.465.052,28	488.350,76*
A/Gen-10	3	3.415.979,22	1.138.659,74 ^{ns}
A/Gen-12	3	2.964.767,81	988.255,93 ^{ns}
A/Gen-16	3	9.075.511,28	3.025.170,43 ^{ns}
A/ Gen-18	3	2.863.843,60	954.614,53 ^{ns}
A/ Gen-19	3	2475882,39	825.294,13*
A/ UCV-27	3	2341125,88	780.375,29*
A/ UCV-28	3	3222320,88	1.074.106,96 ^{ns}
A/ UCV-56	3	5573022,87	1.857.674,29 ^{ns}
A/ UCV-88	3	5276335,95	1.758.778,65 ^{ns}
A/ UCV-96	3	5097708,45	1.699.236,15 ^{ns}
A/ UCV-100	3	4729339,85	1.576.446,62 ^{ns}
A/Magdaleno	3	44279,76	14.759,92**
A/Tacarigua	3	3292418,31	1.097.472,77 ^{ns}
A/Corocito	3	2283044,28	761.014,76*
A/Tenerife	3	2358002,39	786.000,79*
A/Montalban	3	1480464,64	493.488,21*
A/Manuare	3	3842798,49	1.280.932,83 ^{ns}
Residuo	116	18335024,84	158.060,56

Obs.: las SQ y Qm ya están multiplicadas por el número de repeticiones ($r = 2$)

* y **, significan diferencias al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. ^{ns} no significativo.

Anexo 10. Análisis de varianza de la regresión lineal del rendimiento (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de caraota (*P. vulgaris* L.) en 4 ambientes durante los períodos 2010-2011 y 2011-2012, según Modelo AMMI (Crossa, 1990)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
Ambiente	3	0,44	0,15
Cultivar	29	0,32	110.972,00
CxA	87	0,10	115.857,00
AMMI CP1	31	0,70	225.128**
AMMI CP2	29	0,26	91.306.8**
Residual	27	452.686,00	16.766.1
Total	119	0.57	

** , significa diferencia al 1% de probabilidad.

Anexo 11. Entrevista semi-estructura para diagnóstico a la comunidad



ENTREVISTA PARA DIAGNOSTICO DE LAS COMUNIDADES
CARACTERIZACIÓN: SOCIO-ECONÓMICA, CULTURAL Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
EL PUEBLITO, SECTOR CALIFORNIA, PARROQUIA TACARIGUA, MUNICIPIO CARLOS ARVELO, ESTADO CARABOBO

FECHA: _____

ENTREVISTADO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FAMILIA: _____

1 DATOS PERSOSALES Y EDUCACIÓN

Nombre y Apellido	Parentesco	Edad	Genero		Educación					Lugar de Nacimiento	Actividad que realiza	
			M	F	Estudia		Terminada					
					SI	NO	P	B	U			

2 SERVICIOS:
 Servicios disponibles: 2.1. Agua potable SI ___ No ___

2.2. De donde proviene: Tubería ___ Pozo ___ Río ___ Quebrada ___ Otro ___

2.3. Luz: SI ___ NO ___

2.4. Aseo urbano: SI ___ Cuanto tiempo recogen la basura _____
 NO ___ Que hacen con la basura _____

2.5. Cloacas ___ Pozo séptico ___ Otro _____

2.6. Transporte: Publico ___ Privado _____

2.7. Vías de Comunicación: Buena o Mala
 Asfaltada: _____
 Engransonada: _____
 Otra: _____

3 VIVIENDA: Bloque ___ Rancho ___ Otra _____

4 INGRESO FAMILIAR:

Individual	Familiar	Ingreso Mensual

5 SERVICIO ASISTENCIAL:

Ambulatorio o medicatura: _____

Otro: Especifique: _____

6 ORGANIZACIÓN COMUNITARIA: Si: _____ Especifique: _____
No: _____

7 ACTIVIDAD AGRÍCOLA

Terreno propio: Si _____ No _____ Observación: _____

8 Cultivos:

Cultivo	Nombre común	Cuanto siembra	Cuanto cosecha	Controla				Sacos o cestas
				Maleza	Abona	Plagas	Otras	

9 SEMILLA

10.1. De donde proviene la semilla que siembra:

- a.- Propia _____
- b.- Comprada _____ Donde la compra _____
- c.- Donada _____ Nombre del donador _____
- d.-Vuelve a guardar la semilla que cosecha:
Si _____ Como guarda la semilla _____
No _____

10 USTED CUENTA CON:

DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIÓN
10.1. Financiamiento			Fuente:
10.2. Maquinaria Agrícola			
10.3. Sistema de Riego			

11 A quien le vende su cosecha: Camionero Pueblo Carretera

12 Cualquier otro comentario del encuestador: _____

Encuesta realizada por: Ing. Agr. M.Sc. Oralys León, estudiante de Doctorado UCV e Inv. INIA

Dra. Ctatalina Ramis, Prof. Titular UCV

Anexo 12. Instrumento de evaluación de evaluación participativa de cultivares de
caraota

Para cada parcela indique cómo le parece el comportamiento de las plantas,
explique brevemente la razón de su selección.

Parcela	Mala	Regular	Buena	Por qué?
1				
2				
3				
4				
·				
·				
·				
·				
·				
·				
N				

Fuente: Voysest, 2000 y Guerrero, 1996.