

Clasificación de cultivares de maní (*Arachis hypogaea* L.) por caracteres cuantitativos para el establecimiento de colecciones nucleares del banco de germoplasma

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars classification based on quantitative traits to establish core collections of the genebank

E. Mazzani C.¹, V. Segovia¹, C. Marín R.² y W. Pacheco²

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Apdo. Postal 4653. Maracay, 2101. Venezuela. ¹Investigador. ²Técnico Asociado a la Investigación.

Resumen

La colección de cultivares de maní de Venezuela está constituida por 560 accesiones o introducciones procedentes de diferentes países de cinco continentes. Para facilitar la utilización de éste germoplasma se identificaron grupos de variabilidad en la colección aplicando técnicas de análisis multivariado. En el presente trabajo fueron clasificados 546 cultivares de acuerdo a 16 variables cuantitativas: días a emergencia, días a floración, días a cosecha, longitud, ancho y relación ancho/longitud del folíolo, longitud y ancho del fruto, peso de 100 frutos, número de semillas en 100 frutos, peso de 100 semillas, longitud y ancho de la semilla, relación ancho/longitud de la semilla, porcentaje de almendra y rendimiento por planta. Se realizó el análisis de componentes principales (CP) a partir de la matriz de correlación de las variables cuantitativas. El análisis de clasificación jerárquica ascendente fue usado para la determinación de los grupos de accesiones afines, usando el criterio de la distancia euclidiana entre individuos cuyos cálculos se basaron en los momentos de segundo orden (M2). Las variables mejor explicadas para la definición de los grupos de individuos fueron: peso de 100 semillas, peso de 100 frutos, número de semillas en 100 frutos, longitud y ancho del folíolo; longitud y ancho del fruto; % almendra y rendimiento. Otro grupo de variables con alta correlación con los CP seleccionados fueron días a

50% de floración, días a cosecha, longitud y ancho de la semilla. La clasificación jerárquica generó la formación de siete grupos de accesiones, que pueden representar núcleos de variabilidad en la colección de germoplasma.

Palabras clave: análisis de componentes principales, banco de germoplasma, maní, variabilidad, colecciones nucleares.

Abstract

The Venezuelan germplasm collection of groundnut has 560 accessions from different countries. In order to enhance the use of these germplasm, groups of variability were created applying multivariate methods. The classification of 546 accessions were based over 16 traits: days to emergence, days to 50% flowering, days to maturity, length and width of leaflet, leaflet width and length ratio, width and length of pod, weight of 100 pods, number of seeds per 100 pods, weight of 100 seeds, length and width of seeds, seed width and length ratio, kernel percent and yield per plant. Principal component analysis (PCA) was performed on the basis of correlation matrix of the quantitative variables. Groups of accessions were determined with ascendant hierarchical classification following the Euclidean distance matrix aggregation criterion, based on the moment of second order calculations. The first three components in the PCA accounted for 64% of the variability. The traits that better explained the groups were: 100 weight of 100 seeds, number of seeds per 100 pods, length and wide of leaf, length and wide of pods, % of kernel, and yield per plot. Other traits with good correlation with principal components were: days to 50% flowering, days to maturity, length and wide of seeds. Hierarchical classification resulted in seven clusters, which can represent cores of variability in the germplasm collection.

Key words: principal components analysis, germplasm collection, variability, groundnut, core subsets.

Introducción

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es la leguminosa comestible más ampliamente distribuida en el mundo, haciendo una importante contribución a la nutrición humana por sus elevados contenidos de aceite y proteína. Aún cuando en Venezuela el cultivo ha perdido importancia en las últimas décadas, es una especie de alta adaptación a las condiciones agroecológicas de las mesas orientales y otras regiones del país.

Introduction

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is the edible leguminous more widely distributed around the world, making an important contribution to the human nutrition due to its high oil and protein contents. In Venezuela, peanut is not an important crop, however, it is highly adapted to agroecological conditions of the eastern plains and other regions of the country.

This species is native from South America, possibly Bolivia, where a

Esta especie es originaria de América del Sur, posiblemente de Bolivia, por hallarse allí una gran variabilidad genética de parientes silvestres y razas primitivas (Mazzani, 1983).

El maní cultivado incluye dos subespecies, *A. hypogaea hypogaea* Krap. et Rig. y *A. hypogaea fastigiata* Waldron. Las variedades botánicas comúnmente cultivadas son: Spanish (Subesp. *fastigiata* var. *vulgaris*), Valencia (Subesp. *fastigiata* var. *fastigiata*) y Virginia (Subesp. *hypogaea* var. *hypogaea*) (Wynne y Halward, 1989) y se diferencian en sus caracteres agronómicos y morfológicos, habiendo superposición en algunos por presunta introgresión a niveles inter e intra subespecíficos (Bhagat *et al.*, 1991).

La colección de maní cultivado más importante se encuentra en el Instituto Internacional de Investigaciones de Cultivos para el Trópico Semi-Árido (ICRISAT) con 14.310 accesiones de 92 países y 413 de especies de *Arachis*. Asimismo, la colección de germoplasma del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) contempla 8.000 accesiones de *A. hypogaea* (Holbrook, 2001). Otras colecciones importantes de maní son mantenidas por Texas A&M, N.C. State University, el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) en Brasil y el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) en Argentina (Upadhyaya *et al.*, 2002a).

Una colección núcleo es una puerta de entrada para la utilización de accesiones con caracteres favorables en programas de mejoramiento (Dwivedi *et al.*, 2008). El mayor beneficio de éstas ha sido un aumento de la evaluación del germoplasma de maní

great genetic variability of wild relatives and primitive races is found (Mazzani, 1983).

The cultivated peanut includes two sub-species, *A. hypogaea hypogaea* Krap. et Rig. and *A. hypogaea fastigiata* Waldron. The commonly cultivated botanical varieties are: Spanish (Sub esp. *fastigiata* var. *vulgaris*), Valencia (Sub esp. *fastigiata* var. *fastigiata*) and Virginia (Sub esp. *hypogaea* var. *hypogaea*) (Wynne and Halward, 1989), which differ in their agronomic and morphologic characteristics, having overlapping in some of the characters for suspected introgression to inter and intra-sub-specific levels (Bhagat *et al.*, 1991).

The most important collection of cultivated peanut is located at the "Instituto Internacional de Investigaciones de Cultivos para el Trópico Semi-Árido (ICRISAT)" with 14.310 accesions of cultivated peanut from 92 countries and 413 species of *Arachis*. Also, the germplasm collection of the United States Department of Agriculture (USDA) includes 8.000 accesions of *A. hypogaea* (Holbrook, 2001). Other important peanut collections are maintained by Texas A&M, N.C. State University, the "Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN)" in Brazil and the "Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA)", Argentina (Upadhyaya *et al.*, 2002a).

A core collection is a gateway to use accesions with favorable characteristics in breeding programs (Dwivedi *et al.*, 2008). The greatest benefit of these has been an increase in peanut germplasm evaluation (Holbrook, 1999). The study of peanut genebanks has developed core

(Holbrook, 1999). El estudio de los bancos de germoplasma de maní ha desarrollado colecciones núcleo con diversos fines, aplicando distintos métodos de agregación. Destacan trabajos realizados en la colección del ICRISAT (Harch *et al.*, 1999; Upadhyaya *et al.* 2002b; Upadhyaya *et al.*, 2003), como en la de Estados Unidos (Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook, 1999; Holbrook y Stalker, 2003).

Los núcleos de colección de ambos bancos de germoplasma incluyen alrededor del 11% de las colecciones originales y representan la variación y los complejos génicos de las mismas, distinguiéndose grupos consistentes con la información taxonómica de la especie, como subespecies y variedades botánicas (Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook, 1999; Harch *et al.*, 1999; Upadhyaya *et al.*, 2003).

La colección núcleo del ICRISAT fue a su vez agrupada en accesiones afines, resultando en una mini colección de 184 accesiones, el 1,29% de la colección completa, la cual representa la variación disponible en la colección nuclear (Upadhyaya *et al.*, 2002a).

La colección nuclear de 831 entradas de la colección de Estados Unidos resultó en un mini núcleo de 112 materiales representativos de la colección, haciendo más eficiente la identificación de genes de interés para caracteres difíciles ó costosos de evaluar (Holbrook y Dong, 2005). La diversidad genética de éstas 112 accesiones fue extensivamente caracterizada con marcadores moleculares, encontrando moderado nivel de variación y agrupando las accesiones en la clasificación de subespecies y tipos comerciales (Kottapalli *et al.*, 2007). En esa mis-

collections for different purposes, by applying different aggregation methods. Highlight the research made in the collections of ICRISAT (Harch *et al.*, 1999;

Upadhyaya *et al.*, 2002b; Upadhyaya *et al.*, 2003), and in the United States (Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook, 1999; Holbrook and Stalker, 2003).

The core collection of these genebanks includes about 11% of the original collections and represents the variability and gene complexes of the original collections, distinguishing groups according to the taxonomic information of species, subspecies and botanical varieties (Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook, 1999; Harch *et al.*, 1999; Upadhyaya *et al.*, 2003).

The core collection at ICRISAT in turn was grouped in related accessions, resulting in a mini-core collection of 184 accessions, 1.29% of the entire collection, which represents the available variation (Upadhyaya *et al.*, 2002a).

The core collection of 831 accessions of the United States genebank resulted in a mini-core of 112 representative materials, improving the efficiency of identifying interest genes or characteristics expensive to evaluate (Holbrook and Dong, 2005).

The genetic diversity of these 112 accessions was extensively characterized with molecular markers, finding a moderate variation level and grouping the accessions in the classification of sub species and commercial types (Kottapalli *et al.*, 2007). In the same collection, but based on information of country of origin and

ma colección, pero partiendo de la información de país de origen y datos morfológicos y agronómicos de 630 accesiones tipo 'Valencia', fue seleccionado un núcleo de 77 accesiones que preservaron la diversidad existente en la colección (Dwivedi *et al.*, 2008).

Análisis de clasificación sobre caracterizaciones morfológicas han sido usados para estudiar relaciones inter e intra específicas de especies de *Arachis* (sección *Arachis*) identificando una amplia variabilidad dentro de las mismas (Chandran y Pandya, 2000).

El IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) y el ICRISAT, así como otros autores han publicado listados de descriptores para la especie *Arachis hypogaea* L. (IBPGR/ICRISAT, 1981 y 1992; Pittman, 1995).

Las clasificaciones jerárquicas y los métodos de ordenamiento han sido aplicados para establecer colecciones núcleo de caracteres cuantitativos, estudiar la diversidad entre caracteres, detectar duplicados y vacíos en bancos de germoplasma (Crossa *et al.*, 1995; Hamon *et al.*, 1995).

El objetivo del presente estudio fue clasificar la colección de germoplasma de maní de Venezuela en términos de su variabilidad sobre la base de 16 caracteres cuantitativos utilizando técnicas de análisis multivariado, con miras a establecer colecciones nucleares ó grupos de variabilidad dentro de la colección.

Materiales y métodos

El ensayo de campo fue realizado en el Campo Experimental del Centro

morphological and agronomic data of 630 'Valencia' accessions, a core of 77 accessions was selected to preserve the diversity of the entire collection (Dwivedi *et al.*, 2008). Classification analysis on morphological characterizations have been used to study the inter and intra specific relations of *Arachis* species (*Arachis* section) identifying wide variability (Chandran and Pandya, 2000).

The IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) and the ICRISAT, likewise other authors have published descriptors lists for *Arachis hypogaea* L.. (IBPGR/ICRISAT, 1981 and 1992; Pittman, 1995).

Hierarchical classifications and ordering methods have been applied to establish core collections of quantitative characters, to study the diversity between characters, to detect duplicates and gaps in germplasm (Crossa *et al.*, 1995; Hamon *et al.*, 1995).

The objective of this study was to classify the peanut germplasm collection of Venezuela in terms of its variability on the basis of 16 quantitative characters using multivariate analysis techniques, to establish core collections or variability groups within the collection.

Materials and methods

The field trial was carried out in the "Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP)", Maracay, Aragua state, located at 455 masl 10°17' NL and 67°37' WL, with an approximate annual mean rainfall 1000 mm and monthly mean temperatures of 24 to 26°C, in sandy

Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, estado Aragua, ubicado a 455 msnm, 10°17' LN y 67°37' LO, con una precipitación media anual aproximada de 1000 mm y temperaturas medias mensuales de 24 a 26°C, en suelos de textura franco-arenosa. El clima de la región corresponde a bosque seco tropical (Ewel y Madriz, 1968). Las siembras para la descripción de cada material fueron realizadas, en condiciones de riego, en parcelas de 4 m² de cada accesión, a razón de 50 plantas por parcela.

La colección de germoplasma de maní de Venezuela consta de 556 entradas procedentes de diversos países (441 de América, 46 de Europa, 35 de África, 18 de Asia, cuatro (4) de Australia y 16 de procedencia desconocida). La misma está constituida por cultivares comerciales, líneas avanzadas de mejoramiento, cultivares obsoletos, selecciones promisorias y algunos tipos criollos, en los cuales se encuentran representadas las variedades botánicas y tipos comerciales propios de la especie. La colección está caracterizada y evaluada sobre la base de 48 variables morfo-agronómicas, incluyendo evaluaciones avanzadas como enfermedades foliares y latencia de la semilla, utilizando los Descriptores de Maní (IBPGR, 1981; IBPGR/ICRISAT, 1994).

Las variables seleccionadas para los análisis fueron: días al 50% de emergencia (NDE: número de días desde la siembra hasta el 50% de emergencia de las plántulas), días al 50% de floración (NDF: número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaran al menos una flor

loam soils. The climate of the region corresponds to tropical dry forest (Ewel and Madriz, 1968). Each material was planted in plots of 4 m², under irrigation, at a rate of 50 plants per plot.

The peanut germplasm collection of Venezuela consists of 556 entries from different countries (441 American, 46 European, 35 African, 18 Asian, four (4) from Australia and 16 of unknown origin). It consists of commercial cultivars, advanced breeding lines, obsolete cultivars, promissory selections and some native types, in which botanical varieties and commercial types of the specie are represented. The collection is characterized and evaluated based on the 48 morpho-agronomical characteristics, including advanced evaluations such as foliar diseases and seed dormancy, using descriptors for groundnut (IBPGR, 1981; IBPGR/ICRISAT, 1994).

The variables selected for analysis were: days to 50% emergence (NDE: number of days from sowing to 50% seedling emergence), days to 50% flowering (NDF: number of days from sowing to 50% of plants had at least one flower in anthesis), days to harvest (NDH: number of days until 75% of plants present physiological maturity), length and width of leaflet (LL, AL: average 10 leaflets completely mature, mm); leaflet width /length relation (A / LL), long and width of pods (LF and AF: average of 10 pods, mm); weight of 100 pods (P100F: g), number seeds in 100 pods (NS100F), weight of 100 seeds (P100S: weight of 100 seeds totally matures, g); seed width and length relation (A / SL); almond

en antesis), días a cosecha (NDC: número de días hasta que el 75% de las plantas presentaran madurez fisiológica); longitud y ancho del folíolo (LFOL, AFOL: promedio de 10 folíolos completamente maduros, mm); relación ancho/longitud del folíolo (A/LFOL); longitud y ancho del fruto (LF y AF: promedio de 10 frutos tomados al azar, mm); peso de 100 frutos (P100F: en g); número de semillas en 100 frutos (NS100F); peso de 100 semillas (P100S: peso de 100 semillas completamente maduras, g); longitud y ancho de la semilla (LSEM y ASEM: promedio de 10 semillas completamente maduras, mm); relación ancho/longitud de la semilla (A/LSEM); porcentaje de almendra (% ALM: peso de semillas secas maduras entre el total de peso del fruto) y rendimiento por planta (GPL: rendimiento, g.planta⁻¹).

Las evaluaciones de los cultivares en estudio fueron realizadas sobre el total de las parcelas y/o en 10 plantas, en competencia completa, seleccionadas al azar en cada parcela de siembra.

Los análisis estadísticos fueron realizados sobre 546 accesiones, las cuales no tuvieron datos faltantes para las variables bajo estudio. La contribución de cada variable en la explicación de la variabilidad de los individuos (entradas ó accesiones) se determinó a través de los vectores propios derivados de la matriz de correlación entre las 16 variables.

Para la designación de los grupos de individuos fue aplicado el análisis de clasificación jerárquica ascendente (CJA), utilizando como criterio de agregación la distancia euclidiana entre individuos con cálculos basados

percentage (% ALM: weight of mature dry seeds in relation of total pod weight) and yield per plant (GPL yield g.plant⁻¹). Evaluations of cultivars were accomplished in each plot and/or in 10 plants in full competition, and randomly selected in each plot.

The statistical analysis was carried out on 546 accessions with no missing data. The contribution of variables to explain variability of individual (entrances or accessions) was determined by vectors obtained from the correlation matrix of the 16 variables. For designation of groups, the hierarchical classification analysis (HCA) was applied by using the Euclidean distance between individuals as aggregation criterion, based on second order moments (M2). The classes were represented through a Tree Diagram using logarithm scale.

Results and discussion

Descriptive statistics for the 16 variables on 546 accessions showed an important variability for all the evaluated characteristics (table 1). Most of the variation among accessions or entries was found in the weight of 100 pods (with values ranged between 66 and 350 g) and seed number of 100 pods (with range between 91 and 372 seeds.100 pod⁻¹).

On the other hand, the seed size was variable in relation to its length and width (being found a variation from 9 to 27 mm and 6 to 12 mm, respectively). Simpson *et al.* (1992) applying 53 descriptors to 2000 lines of the United States collection and Fundora *et al.* (2004) in an study with 86 peanut varieties of Cuban collection

en momentos de segundo orden (M2). Para la representación gráfica de las clases establecidas fue utilizado el diagrama de árbol en escala transformada en logaritmo.

Resultados y discusión

Basado en el análisis de la estadística descriptiva (cuadro 1) de las 16 variables cuantitativas evaluadas sobre 546 entradas evidenció una importante variabilidad en todas las características estudiadas. La mayor variación entre accesiones o entradas fue encontrada en el peso de 100 frutos (cuyos valores oscilaron entre 66 y 350 g) y en el número de semilla en 100 frutos (con rango entre 91 y 372 semillas 100 frutos⁻¹). Por otra parte, el tamaño de la semilla resultó variable en cuanto a su longitud y ancho (encontrándose una variación desde 9 hasta 27 mm y 6 hasta 12 mm, respectivamente). Simpson *et al.* (1992) aplicando 53 descriptores a 2000 líneas de la colección de Estados Unidos y Fundora *et al.* (2004) en un estudio con 86 variedades de maní de la colección cubana observaron gran variación en cuanto a caracteres de fruto y semilla. El ciclo de las entradas bajo estudio osciló entre 86 y 136 días desde la siembra, mostrando amplia variación, típica de los cultivares comerciales de la especie, los cuales abarcan cultivares de ciclo corto pertenecientes a los tipos comerciales arbustivos 'Spanish' y cultivares tardíos como los tipo rastreros 'Virginia' que pueden llegar hasta los 150 días hasta la cosecha (Mazzani, 1983).

Fueron encontrados coeficientes de correlación altos y significativos

observed high variation in relation to pod and seed characters.

The life cycle of cultivars ranged between 86 and 136 days from sowing, showing the wide, typical variation of commercial cultivars of the species, which includes short-cycle cultivars mostly belonging to the Spanish type and late cultivars like 'Virginia' type that could reach until 150 days until harvest (Mazzani, 1983).

High and significant correlation coefficients ($P > 0.01$) were found between days to harvest and days to 50% flowering ($r = 0.923$); and between length and width of leaflets ($r = 0.728$). Later-maturing cultivars tended to show a higher yield per plant ($r = 0.448$). Also, resulted important, positive and highly significant correlations between the weight of 100 seeds and seed length ($r = 0.691$) and weight 100 seeds with the relationship w/the same length ($r = 0.999$); weight of 100 pods and the weight of seeds ($r = 0.399$) and weight of 100 pods and length of seed ($r = 0.371$). The associations between dimensions and weights of pods and seeds suggest that pods selection could result in progenies of high weight of pods and seeds; likewise higher yields by surface unit (Simpson *et al.*, 1992). The results obtained in this collection suggest that selection in relation to seed yield could be made evaluating only pod yield, being possible selection of promissory materials for the seed weight only evaluating the pods weight. These results were consistent with those found by other authors in the same specie (Dwivedi *et al.*, 1989; Simpson *et al.*, 1992; Fundora, 2004).

The high and significant ($P > 0.01$)

Cuadro 1. Estadística descriptiva de 16 variables en 546 entradas de la colección de maní del CENIAP-INIA.**Table 1. Descriptive statistics of 16 variables in 546 entrances of peanut collection of CENIAP-INIA.**

Variable	Promedio	Desviación	Minimo	Maximo
NDE	9,24	1,43	4,00	12,00
NDF	25,33	7,84	14,00	42,00
NDC	104,08	15,49	86,00	136,00
LFOL	6,14	1,07	3,00	10,00
AFOL	2,78	0,56	2,00	4,00
A/LFOL	0,49	0,04	0,40	1,00
LF	31,25	5,49	20,00	53,00
AF	12,88	1,41	7,00	17,00
P100F	141,42	37,79	66,00	350,00
NS100F	225,25	49,11	91,00	372,00
P100S	63,37	7,93	42,00	96,00
LSEM	13,07	2,02	9,00	27,00
ASEM	8,02	0,89	6,00	12,00
A/LSEM	0,63	0,08	0,42	0,96
% ALM	73,97	5,36	37,00	91,00
GPL	26,57	11,48	4,00	96,00

NDE: días al 50% de emergencia; NDF: días al 50% de floración; NDC: días a cosecha; LFOL: longitud del folíolo en mm; AFOL: ancho del folíolo en mm; A/LFOL: relación ancho/longitud del folíolo; LF: longitud del fruto; AF: ancho del fruto; P100F: peso de 100 frutos en g; NS100F: número de semillas en 100 frutos; P100S: peso de 100 semillas en g; LSEM: longitud de la semilla en mm; ASEM: ancho de la semilla en mm; A/LSEM: relación ancho/longitud de la semilla; % ALM: porcentaje de almendra, GPL: rendimiento por planta en g.

($P > 0,01$) entre las variables días a cosecha y días al 50% de floración ($r = 0,923$); y entre la longitud y el ancho de los folíolos ($r = 0,728$). Los cultivares más tardíos tendieron a presentar un mayor rendimiento por planta ($r = 0,448$)

También resultaron importantes, positivas y altamente significativas las correlaciones entre el peso de 100 semillas y la longitud de las semillas ($r = 0,691$) y con la relación ancho/longitud de las mismas ($r = 0,999$); el peso de

association between the seeds number in 100 pods and the weight of 100 pods ($r = 0.508$) was also found by Fundora *et al.* (2004) who established that the number of seeds per pod could be one of the more important components in the yield determination. On the other hand, a positive and significant correlation was found in this collection between the seed length and pod ($r = 0.366$), which was not found on peanut collection studied by Fundora *et al.* (2004).

100 frutos y el ancho de la semilla ($r=0,399$) y el peso de 100 frutos y la longitud de la semilla ($r=0,371$). Las asociaciones entre dimensiones y pesos de frutos y semillas sugieren que la selección de frutos puede resultar en progenies de mayores pesos de frutos y semilla; así como de mayores rendimientos por unidad de superficie (Simpson *et al.*, 1992). Los resultados obtenidos en esta colección sugieren que la selección en cuanto a rendimiento de la semilla puede ser realizada evaluando solo el rendimiento en cáscara, siendo posible seleccionar materiales promisorios para peso de la semilla evaluando solo los pesos de los frutos. Estos resultados fueron consistentes con los encontrados por otros autores en la misma especie (Dwivedi *et al.*, 1989; Simpson *et al.*, 1992; Fundora, 2004).

La alta y significativa ($P>0,01$) asociación entre el número de semillas en 100 frutos y peso de 100 frutos ($r=0,508$) fue encontrada también por Fundora *et al.* (2004) quienes afirmaron que el número de semillas por fruto puede ser uno de los más importantes componentes en la determinación del rendimiento. Por otra parte, en esta colección fue encontrada una correlación positiva y altamente significativa entre la longitud de la semilla y del fruto ($r=0,366$) asociación no encontrada en la colección de maní analizada por Fundora *et al.* (2004).

De acuerdo al análisis de componentes principales, los primeros tres componentes explicaron el 29,12; 18,07 y 14,03% de la varianza total, respectivamente, lo que acumulado correspondió al 61,22%. Las correlaciones de los primeros tres componentes principales con las 16 variables estudiadas

According to the principal components analysis, the first three components explained the 29.12; 18.07 and 14.03% of total variance, respectively, which corresponded to the 61.22%. The correlations of the first three principal components with the 16 variables are shown in table 2. In general, these characters were well expressed by the two first components. The first factor was dominated by crop cycle (number of days to harvest and number days to 50% flowering), weight 100 seeds, size of the leaflet (width and length) and width of the seed. The second factor was important for pod length, weight of 100 pods, seed length and seed width/length ratio. The number of seeds in 100 pods prevailed on the third factor. Related accessions, according to the principal components analysis and Euclidean distance between accessions (figure 1) were distributed into two major groups of accessions, clearly separated in late maturing entries (A: 206 accessions, groups 1-4) and early (B: 340 accessions, groups 5-7).

At 6.15% of the total distance, the CJA grouped the 546 entries into seven groups or classes, as described below.

Group 1: It included 29 materials with 30 to 42 days to 50% flowering and late cycles (114 to 136 days to harvest); with high P100F and intermediate NS100F. It also included a group of 'Virginia' selections from the United States.

Group 2: It consisted of 75 entries with variability regarding the studied characteristics, with high P100F and large seeds (SL and SL). It included 40 selection from the United States and 12 accessions from Venezuela.

son presentadas en el cuadro 2. En general, estos caracteres quedaron expresados por los dos primeros componentes. Cabe señalar que el primer factor fue dominado por características de ciclo de cultivo (número de días a la cosecha y número de días al 50% de floración), peso de 100 semillas, dimensiones del foliolo (ancho y longitud) y ancho de la semilla. El segundo factor fue dado por la longitud del fruto, peso de 100 frutos, longitud de la semilla y la relación ancho/longitud de la semilla. Por otra parte, para la creación del tercer factor prevaleció el número de semilla en 100 frutos.

Las accesiones afines, según el análisis de clasificación jerárquica ascendente y distancia euclidiana entre accesiones (figura 1) fueron distribuidas en dos grandes grupos de accesiones, en los cuales fueron separadas claramente entradas de ciclo tardío (A: 206 accesiones, grupos 1-4) y precoces (B: 340 accesiones, grupos 5-7). Al 6,15% de la distancia total, la CJA proporcionó la agrupación de las 546 entradas en siete grupos ó clases, los cuales son descritos a continuación:

Grupo 1: comprendió 29 materiales de floración (de 30 a 42 días al 50% de floración) y ciclo tardíos (de 114 a 136 días a cosecha); con altos P100F y NS100F intermedios. Incluyó, mayoritariamente, un conjunto de selecciones procedentes de Estados Unidos, posiblemente del grupo comercial 'Virginia'.

Grupo 2: constituido por 75 entradas variables por las características estudiadas, con altos P100F y de semillas grandes (LSEM y ASEM). Incluyó 40 selecciones de Estados Unidos y 12 materiales venezolanos.

Grupo 3: It included 43 entries similar regarding NDF and NDH (late cycle), with elongated seeds (SL), intermediate leaflets and pods with the highest percents of almond. It has a large proportion of individuals (19) from the United States.

Grupo 4: It comprised 59 materials of small pods taking into account LF and AF, from the United States, Colombia, Venezuela and Africa. This group included some Virginia cultivars.

Grupo 5: It has 125 materials, coming from different countries, with short cycle in relation to NDF and NDC, small leaflets and intermediate P100S. It grouped a high proportion of Spanish varieties and 20% entrances from Cuba.

Grupo 6: It consisted of 140 early flowering accessions (NDF), with high NS100F and P100F, small leaves (low values of AF and LF). It was the group with the highest number of entries, and materials ranked "Virginia" type and 22 selections from Cuba.

Grupo 7: It included 75 individuals of short cycle (NDH) and small leaves; mostly from the Unites States (85%).

Some of the groups established on the basis of the studied variables may represent important cores of variability in the peanut germplasm collection to establish nuclear collection, as found by other authors in various collections of the species, who using multivariate techniques found homogeneous groups of peanut cultivars (Holbrook *et al.*, 1993; Harch *et al.*, 1999; Holbrook, 1999; Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook and Stalker, 2003; Dwivedi *et al.*, 2008). In this regard, groups of accessions with high

Cuadro 2. Correlación de los primeros tres componentes principales con las 16 variables estudiadas en 546 entradas de la colección de maní del CENIAP-INIA.

Table 2. Correlation of the first three mean components with 16 variables studied in 546 entrances of the peanut collection of CENIAP-INIA.

Variable	CP1	CP2	CP3
NDE	-0,31	0,30	-0,16
NDF	0,85	-0,12	-0,29
NDC	0,88	-0,07	-0,23
LFOL	0,71	-0,17	0,46
AFOL	0,73	-0,3	0,22
A/LFOL	-0,06	-0,22	-0,46
LF	0,07	0,73	0,45
AF	-0,05	0,19	0,15
P100F	0,42	0,66	0,48
NS100F	-0,10	0,16	0,86
P100S	0,75	0,46	-0,24
LSEM	0,32	0,78	-0,44
ASEM	0,74	0,21	-0,12
A/LSEM	0,23	-0,70	0,34
% ALM	0,46	-0,47	0,12
GPL	0,59	-0,17	0,02

Correlación cofenética: 0,778

NDE: días al 50% de emergencia; NDF: días al 50% de floración; NDC: días a cosecha; LFOL: longitud del folíolo en mm; AFOL: ancho del folíolo en mm; A/LFOL: relación ancho/longitud del folíolo; LF: longitud del fruto; AF: ancho del fruto; P100F: peso de 100 frutos en g; NS100F: número de semillas en 100 frutos; P100S: peso de 100 semillas en g; LSEM: longitud de la semilla en mm; ASEM: ancho de la semilla en mm; A/LSEM: relación ancho/longitud de la semilla; % ALM: porcentaje de almendra, GPL: rendimiento por planta en g.

Grupo 3: incluyó 43 entradas similares en cuanto a NDF y NDC (de ciclo tardío), con semillas alargadas (LSEM), dimensiones de folíolos intermedios y los mayores porcentajes de almendra. Presentó gran proporción de selecciones (19) de Estados Unidos.

Grupo 4: comprendió 59 materiales de frutos pequeños en cuanto a LF y AF, procedentes de Estados Unidos, Colombia, Venezuela y África. Este

yields and large pods and seeds can be highlighted and could be promising for direct consumption. It is the case of groups 2 and 6 with entrances of weights of pods and seeds which were related to high yields (Simpson *et al.*, 1992; Fundora, 2004); and could be used as parentals in breeding programs designed to produce better segregants for grain quality (Hariprasanna *et al.*, 2008).

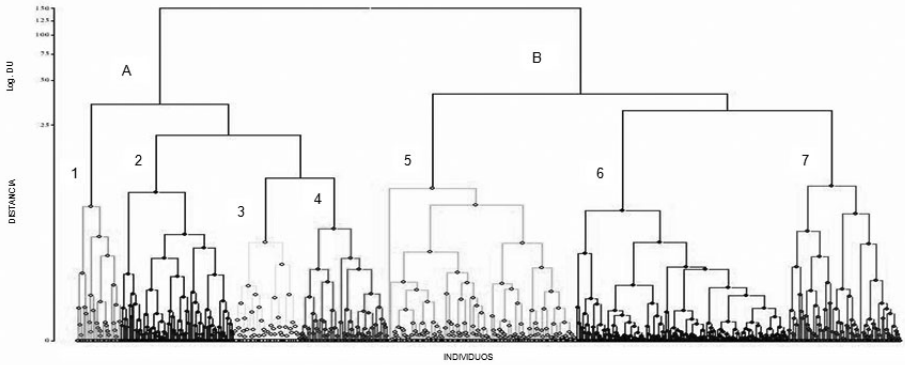


Figura 1. Dendrograma de clasificación de 546 accesiones de germoplasma de maní del CENIAP-INIA, Venezuela sobre la base de 16 variables cuantitativas.

Figure 1. Classification dendrogram of 546 accessions of peanut germplasm from CENIAP-INIA, Venezuela, on the base of 16 quantitative variables.

grupo comprendió algunos cultivares tipo Virginia.

Grupo 5: aglomeró 125 materiales, de diversas procedencias, con ciclo corto en cuanto a NDF y NDC, folíolos pequeños y P100S intermedios. Comprendió gran proporción de variedades tipo Spanish y 20% de entradas procedentes de Cuba.

Grupo 6: constituido por 140 accesiones tempranas en cuanto a floración (NDF), con elevados NS100F y P100F, hojas pequeñas (bajos valores de AF Y LF). Fue el grupo con mayor número de entradas, y ubicó materiales tipo Virginia y 22 selecciones procedentes de Cuba.

Grupo 7: incluyó 75 individuos de ciclo corto (NDC) y hojas pequeñas; con un 85% de selecciones de Estados Unidos.

Algunos de los grupos establecidos sobre la base de las características analizadas pudieran representar nú-

Moreover, group 4 represented materials with small pods, mostly of ‘Spanish’ type. Groups of long cycle entrances (groups 1 and 3) and short cycle (groups 5 and 7) can also be distinguished. Accessions showed a tendency to group according to ‘Virginia’ and ‘Spanish’ types. Even though, plants description showed the basic structure of variation in specie, many intermediate types were found, showing a possible introgression in the collection; because of accessions regenerations or the commercial cultivars breeding process. This has been reported as the reason by which the taxonomy of peanut types cultivated is not clear (Simpson *et al.*, 1992; Upadhyaya *et al.*, 2003).

There is a tendency in classifying the entrances according its country of origin which could be selections of the same breeding programs, that is the case of some accessions coming from

cleos importantes de variabilidad en la colección de germoplasma de maní para el establecimiento de colecciones nucleares, tales como los encontrados por otros autores en diversas colecciones de la especie, quienes utilizando técnicas multivariadas pudieron establecer grupos homogéneos de cultivares de maní (Holbrook *et al.*, 1993; Harch *et al.*, 1999; Holbrook, 1999; Holbrook *et al.*, 1993; Holbrook y Stalker, 2003; Dwivedi *et al.*, 2008).

Al respecto, se pueden destacar los grupos con entradas de altos rendimientos y de frutos y semillas grandes, los cuales podrían ser promisorios para consumo directo en confitería. Es el caso de los grupos 2 y 6 con entradas de altos pesos de frutos y semillas, los cuales estuvieron relacionados con altos rendimientos (Simpson *et al.*, 1992; Fundora, 2004); y podrían ser usados como padres en programas de mejoramiento destinados a la obtención de mejores segregantes en cuanto a calidad (Hariprasanna *et al.*, 2008).

Por otra parte, el grupo 4 representó materiales de frutos pequeños, posiblemente del tipo 'Spanish'. También pudieron ser distinguidos grupos de entradas de ciclo largo (grupos 1 y 3) y de ciclo corto (grupos 5 y 7).

Las accesiones tendieron a conformar grupos de acuerdo a los tipos 'Virginia' y 'Spanish'. Aún cuando la descripción de plantas mostró la estructura básica de la variación en la especie, se presentaron muchos tipos intermedios, indicando posible introgresión en los materiales de la colección; bien por regeneraciones llevadas a cabo en la colección ó por el proceso de mejoramiento genético que originó los cultivares. Esto ha sido re-

the United States, Venezuela and Cuba.

Conclusions

The various groups established based on the studied variables could represent important nucleus of variability to form the core collection, distinguish especially cores of pod and grain with suitable size for direct consumption, cultivars with early and late cycle that could be planted in areas of different moisture regimes.

The variability patterns of the peanut germplasm collection on the base of studied variables, like characters of pod and seed, and yield could offer valuable information for genetic breeding programs of the crop, and also could provide the direct use of germplasm by farmers.

End of english version

portado como la razón por la cual la taxonomía de los tipos cultivados de maní no es clara (Simpson *et al.*, 1992; Upadhyaya *et al.*, 2003).

Existe una tendencia en clasificar las entradas analizadas de acuerdo a su país de procedencia, las cuales podrían ser selecciones de programas de mejoramiento, como el caso de algunas accesiones procedentes de Estados Unidos, Venezuela y Cuba.

Conclusiones

Los diversos grupos establecidos sobre la base de las variables en estu-

dio podrían representar los principales núcleos de variabilidad para constituir próximamente la colección nuclear. Se distinguen especialmente núcleos de entradas de fruto y grano con tamaño aptos para confitería, grupos de entradas precoces y tardíos que podrían ser sembrados en zonas de diferentes regimenes de humedad.

Los patrones de variabilidad de la colección de germoplasma de maní sobre la base de las variables estudiadas, como caracteres de fruto y semilla, y rendimiento, podría ofrecer valiosa información para programas de mejoramiento genético del cultivo, así como el uso directo de germoplasma de la colección bajo estudio por parte de agricultores.

Literatura citada

- Bhagat, N.R., K. Rajgopal, N.R. Ghetia y P.K. Bhalodia. 1991. NRCG Valencia peanut germplasm evaluation catalogue based over four years. National Research Centre for Groundnut. India 74 p.
- Chandran, K. y S.M. Pandya. 2000. Morphological characterization of *Arachis* species of section *Arachis*. Plant Genetic Resources Newsletter 121:38-41.
- Crossa, J., H.I. De Lacy y S. Taba. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. pp. 77-92. En: Hopkin, T., H. Brown y E. Morales (Eds.). Core collection of Plant Genetic Resources. John Wiley and Son.
- Dwivedi, S., K. Thendapani y N. Nigman. 1989. Genetic studies and relationship among fruits and seed characters in peanut. Peanut Science 16(1):14-20.
- Dwivedi, S.L., N. Puppala, H.D. Upadhyaya, N. Manivannan y S. Singh. 2008. Developing a Core Collection of Peanut Specific to Valencia Market Type. Crop Sci. Crop Sci. 48:625-632.
- Ewel, J.J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Memorias Explicativas sobre el Mapa Ecológico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ed.). Caracas, Venezuela. 59 p.
- Fundora Mayor, Z., M. Hernández, R. López, L. Fernández, A. Sánchez, J. López, E. L. Ravelo. 2004. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collections. Plant Genetic Resources Newsletter 137(1):9-13.
- Hamon, S., M. Norit y F. Anthony. 1995. Developing a coffee core collection using principal component score strategy with quantitative data. pp. 55-76. En: Hopkin, T., H. Brown y E. Morales (Eds.) Core collection of Plant Genetic Resources. John Wiley and Son.
- Harch B.D., K.E. Basford, I.H. DeLacy, P.K. Lawrence. 1999. The analysis of large scale data taken from the world groundnut (*Arachis hypogaea* L.) germplasm collection. II. Two-way data with mixed data types. Euphytica 105(2):73-82.
- Hariprasanna, K., T. Chuni Lal, H.K. Radhakrishnan Gor, B.M. Chikani. 2008. Analysis of diallel cross for some physical-quality traits in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Euphytica 160(1):49-57.
- Holbrook, C.C. y W. Dong. 2005. Development and evaluation of a mini core collection for the U.S. peanut germplasm collection. Crop Science 45(7):1540-1544.
- Holbrook, C.C. y H.T. Stalker. 2003. Peanut breeding and genetic resources. Plant Breeding Reviews, Volumen 22. Janick, J. (Ed.). John Wiley & Sons, Inc. En: http://media.wiley.com/product_data/excerpt/14/04712154/0471215414-1.pdf.
- Holbrook, C.C. 1999. Testing and utilization of a core collection for US germplasm collection of peanut. En: Johnson, R.C. y T. Hodgkin (Eds.). Core collections for today and tomorrow. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 224 p.

- Holbrook, C.C. 2001. Status of the United States germplasm collection of peanut. *Peanut Science* 28(2):84-89.
- Holbrook, C.C., W.F. Anderson, R.N. Pittman. 1993. Selection of a core collection from the U.S. germplasm collection of peanut. *Crop Sci.* 33:859-861
- IBPGR/ICRISAT. 1981. Groundnut Descriptors. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancherú, India.
- IBPGR/ICRISAT. 1992. Descriptors for Groundnut. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancherú, India.
- Kottapalli, K.R., M.D. Burow, G. Burow, J. Burke y N. Puppala. 2007. Molecular Characterization of the U.S. peanut mini core collection using microsatellite markers *Crop Sci.* 47:1718-1727.
- Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Caracas. 629 p.
- Pittman, R.N. 1995. United States peanut descriptors. ARS-132, USDA-ARS.
- Simpson, C.E., D.L. Higgins, G.D. Thomas y E.R. Howard. 1992. Catalog of passport data and minimum descriptors of *Arachis hypogaea* L. germplasm collected in South America 1977–1986. *Texas Agr. Expt. Sta. MP-1737.H. D.*
- Upadhyaya H.D., P.J. Bramel, R. Ortiz y S. Singh. 2002a. Developing a Mini Core of Peanut for Utilization of Genetic Resources. *Crop Science* 42:2150-2156.
- Upadhyaya, H.D., P.J. Bramel, R. Ortiz, S. Singh. 2002b. Geographical patterns of diversity for morphological and agronomic traits in the groundnut germplasm collection. *Euphytica* 128(2):191-204.
- Upadhyaya, H.D., R. Ortiz, P.J. Bramel y S.U. Singh. 2003. Development of a groundnut core collection using taxonomical, geographical and morphological descriptors *Genet. Resour. Crop Evol.* 50(2):139-148. Consultado En: <http://www.springerlink.com/fhxb4q455334uhqjmugmkn3n/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,3,11;journal,29,154;linkingpublicationresults,1:102893,1>
- Wynne, J.C. y T.M. Halward. 1989. Germplasm enhancement in peanut. En: Stalker H.T. y C. Chapman (Eds.) 1989. IBPGR Training Courses: Lecture Series. 2. Scientific Management of Germoplasm: Characterization, Evaluation and Enhancement. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.