

# CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE GERMOPLASMA MEXICANO DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.)

## CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF MEXICAN PEANUT (*Arachis hypogaea* L.) GERM PLASM

Samuel Sánchez-Domínguez<sup>1</sup>, Abel Muñoz-Orozco<sup>2</sup>, Víctor A. González-Hernández<sup>2</sup> y Ángel Martínez-Garza<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México. (samuels@correo.chapingo.mx). <sup>2</sup>Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (amunozo@colpos.mx) (vgonzalez@colpos.mx)

### RESUMEN

Debido a la gran variación de ambientes en México que inducen una considerable interacción genotipo-ambiente, y con objeto de generar información básica para futuras investigaciones, se estudiaron 64 colecciones y variedades de cacahuete que se sembraron en el verano de 1988 en dos localidades del Estado de Morelos: Cuauchichinola (buen ambiente, S<sub>0</sub>) y Miacatlán (ambiente limitante, S<sub>1</sub>). Se midieron 33 características con las que se hizo análisis de varianza y de agrupamientos. Número de frutos maduros, número de ginóforos, peso de semilla, longitud de vaina y color de tallo tuvieron valores mayores en S<sub>1</sub> que en S<sub>0</sub>. Altura de planta, rendimiento biológico, porcentaje de cobertura y porcentaje de aceite en la semilla tuvieron valores mayores en S<sub>0</sub> que en S<sub>1</sub>. La interacción genotipo por ambiente resultó significativa en número de frutos inmaduros, reticulación de vaina y porcentaje de cobertura del suelo. Al considerar los efectos genéticos genéricos (G) mediante el análisis de conglomerados se formaron cuatro grupos de parentesco. Al involucrar la componente G×S que mide los efectos de interacción, se formaron grupos diferentes a los de G. Así, una clasificación de germoplasma es más completa si se considera la componente G, y la interacción G×S, porque involucra efectos genéticos genéricos (se expresan en ambas condiciones, S<sub>0</sub> y S<sub>1</sub>) y efectos genéticos específicos (sólo se expresan en una condición limitante).

**Palabras clave:** *Arachis hypogaea* L., ambiente seco, análisis de agrupamientos, interacción genotipo-ambiente.

### INTRODUCCIÓN

El cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) se siembra en aproximadamente 20 millones de ha y ocupa el tercer lugar entre las leguminosas de grano, después de la soya (*Glycine max* L. Merrill) y el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), los cuales se producen en 55 y 26 millones ha en el mundo (FAO, 1998). En México se cultiva desde la época prehispánica (Gillier y

### ABSTRACT

Due to the great variety of environments in México which induce a considerable genotype-environment interaction, and for the purpose of generating basic information for future investigators, a study was made of 64 accessions and varieties of peanut that were planted in the summer of 1988 in two localities of the State of Morelos: Cuauchichinola (good environment, S<sub>0</sub>) and Miacatlán (limiting environment, S<sub>1</sub>). Measurements were taken of 33 characteristics, with which analyses were made of variance and clusters. Number of mature fruits, number of gynophores, seed weight, pod length and stem color presented higher values in S<sub>1</sub> than in S<sub>0</sub>. Plant height, biological yield, percentage of coverage and percentage of oil in the seed showed higher values in S<sub>0</sub> than in S<sub>1</sub>. The genotypic interaction with environment was significant in number of immature fruits, pod reticulation and percentage of soil cover. When considering the generic genetic effects (G) through cluster analysis, four groups of relationship were formed. When the component G×S was involved, which measures the effects of interaction, groups were formed that were different from those of G. Thus, a classification of germ plasm is more complete if both the G component and the G×S interaction are considered, because it involves generic genetic effects (they are expressed under both conditions, S<sub>0</sub> and S<sub>1</sub>) and specific genetic effects (only expressed under a limiting condition).

**Key words:** *Arachis hypogaea* L., dry environment, cluster analysis, genotype-environment interaction.

### INTRODUCTION

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is planted in approximately 20 million ha, and occupies third place among the grain legumes after soybean (*Glycine max* L. Merrill) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), which are produced in 55 and 26 million ha in the world (FAO, 1998). It has been cultivated in México since the prehispanic era (Gillier and Silvestre, 1970), and occupies a surface of approximately 100 000 ha (INEGI, 2000). In the States of Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca and Chiapas, it is grown under dry

Recibido: Febrero, 2004. Aprobado: Noviembre, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 40: 171-182. 2006.

Silvestre, 1970) y ocupa una superficie aproximada de 100 000 ha (INEGI, 2000). En los Estados de Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas se cultiva en condiciones de secano, en suelos marginales, donde muestra una excelente respuesta, particularmente bajo sequía. Existe una amplia diversidad morfológica desde el hábito de mata hasta los rastreros, con variaciones en otros caracteres morfológicos, como número de ramas vegetativas y reproductivas, y duración de la floración (Krapovickas y Gregory, 1994).

Se distinguen tres grupos o razas de cacahuete con características morfológicas diferentes: el Virginia, de hábito rastrero o semierecto, subespecie *hypogaea*; el de la subespecie *fastigiata*, variedad vulgaris, de hábito erecto y consistencia rígida; y el grupo Valencia (subespecie *fastigiata*) de plantas erectas y consistencia laxa. Una clasificación debe responder a la necesidad de los agrónomos e investigadores de reconocer variantes en el terreno y conocer las características esenciales de las variedades citadas en la literatura (Gillier y Silvestre, 1970).

Los caracteres hereditarios que interaccionan menos con el ambiente, y se consideran los más útiles para distinguir las diversas variedades de cacahuete son: tamaño y forma de la vaina, número de semillas por fruto y color del tegumento seminal (Gillier y Silvestre, 1970). El agrupamiento de variedades de cacahuete se ha realizado con base en características de germinación (Huiqin *et al.*, 1997), análisis de pedigrí (Tienjoung *et al.*, 1996), contenido de ácidos grasos (Hartch *et al.*, 1995) y tolerancia a inundaciones (Kotzamanidis y Stavropoulos, 1998).

Las variables de tipo cualitativo (color de tallo, hojas, flor, semilla etc.), respecto a las de tipo cuantitativo, presentan diferente grado de interacción con el ambiente, debido a la herencia monogénica o digénica de unas (Wayne y Coffelt, 1982) y poligénica o cuantitativa de las otras (Márquez 1985). Por tanto, generar una clasificación para caracteres cuantitativos y otra para cualitativos puede ayudar a entender mejor y complementar una clasificación.

La hipótesis de este trabajo fue que existe una amplia variabilidad fenotípica en el cacahuete, por lo que es posible clasificarlo en diferentes grupos de parentesco. La clasificación, si considera sólo los efectos genéticos (G) ignorando los niveles ambientales (S), difiere respecto de aquella basada en la interacción G×S. Los agrupamientos con base en G×S difieren tratándose de caracteres cuantitativos o cualitativos. La taxonomía numérica es el método más adecuado para hacer esta agrupación (Ortega y Sánchez, 1989).

El objetivo de este estudio fue caracterizar y clasificar germoplasma de cacahuete representativo de México, usando información obtenida bajo dos condiciones ambientales.

conditions, in marginal soils, where it has an excellent response, particularly under drought. There is a wide morphological diversity, ranging from the bunch habit to the spreading varieties, with variations in other morphological traits, such as the number of vegetative and reproductive branches, and duration of flowering (Krapovickas and Gregory, 1994).

Three groups or races of peanut are distinguished, with different morphological characteristics: Virginia, of spreading or semi-erect habit, subspecies *hypogaea*; that of the subspecies *fastigiata*, variety vulgaris, of erect habit and rigid consistency; and the Valencia group (subspecies *fastigiata*) of erect plants and lax consistency. A classification should respond to the need of agronomists and researchers of recognizing variants on the field and of knowing the essential characteristics of the varieties cited in the literature (Gillier and Silvestre, 1970).

The hereditary traits that interact the least with the environment, and that are considered the most useful for distinguishing the diverse varieties of peanut are: size and shape of the pod, number of seeds per fruit and color of the seminal tegument (Gillier and Silvestre, 1970). The grouping of peanut varieties has been carried out based on characteristics of germination (Huiqin *et al.*, 1997), analysis of pedigree (Tienjoung *et al.*, 1996), fatty acid content (Hartch *et al.*, 1995) and flood tolerance (Kotzamanidis and Stavropoulos, 1998).

The qualitative type variables (color of stem, leaves, flower, seed, etc.), with respect to those of the quantitative type, present a different degree of interaction with the environment, due to the monogenic or digenic inheritance of some (Wayne and Coffelt, 1982), and the polygenic or quantitative inheritance of the others (Márquez, 1985). Therefore, the generation of one classification for quantitative traits and another for qualitative traits may be useful for a more thorough understanding and a complement of classification.

The hypothesis of the present study was that there is a wide phenotypic variability in peanut, and therefore it can be classified into different groups of relationship. Classification that considers only the genetic effects (G), ignoring the environmental levels (S), differs with respect to that based on the interaction G×S. The clusters based on G×S differ with respect to quantitative or qualitative traits. Numerical taxonomy is the most adequate method for making this grouping (Ortega and Sánchez, 1989).

The objective of this study was to characterize and classify peanut germ plasm representative of México, using information obtained under two environmental conditions.

The information for this work dates from 1988, and has been reanalyzed as the techniques of numerical taxonomy have been perfected in the management of data and the biological interpretation of the models, to evaluate drought resistance. The germ plasm of the region of study

La información para este trabajo data de 1988 y se ha reanalizado al perfeccionarse las técnicas de taxonomía numérica en el manejo de los datos y la interpretación biológica de los modelos, para evaluar resistencia a sequía. El germoplasma de la región de estudio (cuenca media y baja del río Balsas) es valioso por su resistencia a factores adversos. Dadas las condiciones de sequía y calor en la región, estas características de resistencia a sequía adquieren mayor relevancia a medida que se agudiza el cambio climático (IPCC, 2001), lo que agudiza el problema de la sequía en el ámbito mundial. A la fecha no hay una clasificación de la variabilidad que incorpore la componente genotipo por niveles de sequía (G×S), con la cual las plantas enfrentan los cambios ambientales. Por lo anterior se consideró relevante publicar los resultados de esta investigación, independientemente de cuándo se registró la información.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material genético

El material genético estudiado se integró con 64 genotipos: 59 recolectas y cinco variedades comerciales de cacahuate; de éstas 48 son de hábito rastrero o semirastrero (sr), y 16 de hábito erecto (e) o semierecto (se) (Cuadro 1).

La mayoría de las recolecciones provenientes de los Estados de Puebla y Oaxaca pertenecen a las recolecciones de trabajo del Colegio de Postgraduados; y las de Guerrero, Morelos, México y Guanajuato fueron recolectadas en 1987 por investigadores del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Con excepción de las recolecciones G-35 y G-68, que pertenecen a la raza *Arachis hypogaea hypogaea* vb *hirsuta*, la recolección Me-31 de la raza *Arachis hypogaea fastigiata* vb *fastigiata*, y la variedad Criollo Tres Granos de Nayarit clasificada como raza *Arachis hypogaea fastigiata* vb *vulgaris*; las demás son de la raza *Arachis hypogaea hypogaea* vb *hypogaea*.

(mid and low basin of the Río Balsas) is valuable because of its resistance to adverse factors. Given the conditions of drought and heat of this region, these characteristics of drought resistance acquire greater relevance as the climatic change becomes more acute (IPCC, 2001), aggravating the problem of drought at world level. At this point there is still no classification of variability that incorporates the component of genotype by drought levels (G×S), with which the plants face the environmental changes. Therefore, it was considered relevant to report the results of this research, regardless of the time that the information was recorded.

## MATERIALS AND METHODS

### Genetic material

The genetic material studied was integrated with 64 genotypes: 59 accessions and five commercial varieties of peanut; of these, 48 are of a spreading or semispreading habit (ss), and 16 of erect (e) or semierect habit (se) (Table 1).

Most of the accessions from the states of Puebla and Oaxaca belong to the work collections of the Colegio de Postgraduados; and those of Guerrero, Morelos, México and Guanajuato were collected in 1987 by investigators of the Departamento de Fitotecnia of the Universidad Autónoma Chapingo. Except for accessions G-35 and G-68, which belong to the race *Arachis hypogaea hypogaea* vb *hirsute*, the accession Me-31 of the race *Arachis hypogaea fastigiata* vb *fastigiata*, and the variety Criollo Tres Granos de Nayarit, classified as race *Arachis hypogaea fastigiata* vb *vulgaris*, the rest are of the race *Arachis hypogaea vb hypogaea*.

### Experimental design and plot size

An 8×8 triple lattice experimental design was used with three repetitions for the 64 peanut materials. The experimental plot was a

**Cuadro 1. Lista de recolecciones o variedades con su origen geográfico y hábito de crecimiento.**  
**Table 1. List of accessions and varieties with their geographic origin and growth habit.**

Recolección o variedad	Origen de la semilla	Hábito de crecimiento
M-38, M-42, M-33, M-46, M-40, M-45, M-18, M-51e	Estado de Morelos	Todas rastreras
Go-7, Go-5, Go-24, Go-30, Go-9, Go-1, Go-8, Go-26	Estado de Guerrero	Todas rastreras
P-1536, P-1532, P-1529, P-1363, P-1364, P-1360, P-1372, P-1353, P-1377, P-1486, P-1492, P-1472, P-1490, P-1469, P-1475, P-1514, P-1519, P-1510, P-1509, P-1535, P-1383, P-1351sr, P-1358e, P-1352 e, P-1380 e, P-1384se, P-1522 e, P-1526, P-1524 e P-1525 e, P-1556 e	Estado de Puebla	La mayoría rastreras, excepto aquellas identificadas con e (erectas), se (semierectas) o sr (semirrastreras)
O-1558, O-1550, O-1548, O-1554, O-1549 e, O-1557e, O-1552, O-1553	Estado de Oaxaca	La mayoría rastreras
G-35, G-61, G-68	Estado de Guanajuato	Todas rastreras
Me-31 e	Estado de México	Erecta
Criollo tres Granos (N3G)	INIFAP	Erecta
Bachimba 74 (B 74)	INIFAP	Erecta
Georgia 119-20 (G 119-20)	INIFAP	Erecta
Florida Gigante (F G)	INIFAP	Rastrera
RF-214	INIFAP	Semirrastrera

**Diseño experimental y tamaño de parcela**

Se usó un diseño experimental de látice triple 8x8 con tres repeticiones para los 64 materiales de cacahuete. La parcela experimental fue un surco de 5 m de longitud para las recolecciones rastreras y de 3.30 m para las de hábito erecto; en ambos casos la separación entre surcos fue 0.85 m. Se sembraron 11 matas de dos semillas, a una distancia de 45 y 30 cm para variedades rastreras y erectas, lo que equivalió a una densidad de población de 52 287 y 78 431 plantas ha<sup>-1</sup>.

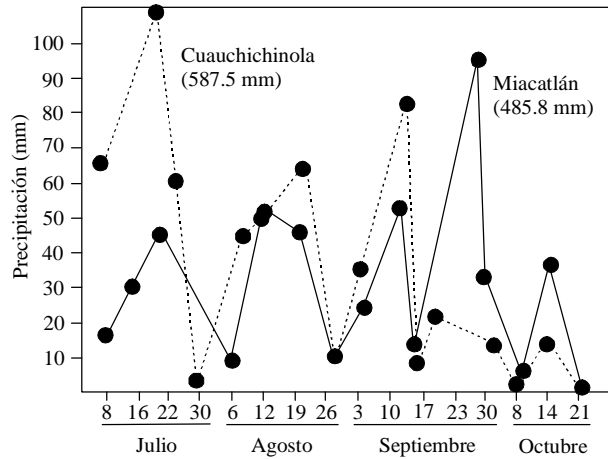
**Localidades y condiciones climáticas**

Se sembraron dos experimentos: uno en Cuauchichinola, Mor. (S<sub>0</sub>, condición favorable) y otro en Miacatlán, Mor. (S<sub>1</sub>, condición desfavorable) ubicadas a 899 y 1100 m de altitud; la precipitación del 24 de junio al 21 de octubre se presenta en la Figura 1. Las temperaturas promedio en el periodo de estudio fueron 24.6 °C en la primer localidad y 23.8 °C en la segunda. De acuerdo con García (1981) la clasificación climática es Aw<sub>o</sub>(w)(e) y Aw<sub>o</sub>(w)(i), es decir clima cálido-subhúmedo, con lluvias de verano, e invierno no bien definido. La textura del suelo fue migajón arcilloso en Miacatlán y migajón arcillo arenoso en Cuauchichinola.

En Cuauchichinola la siembra se hizo el 24 de junio y en Miacatlán el 2 de julio de 1988. Las dos localidades difirieron en fecha de siembra, en el factor edáfico y en la cantidad y distribución de lluvia (Figura 1).

**Variables estudiadas**

Se registró información de 33 características: hábito de crecimiento (Hac), número de frutos maduros (Nfm), número de frutos inmaduros (Nfi), número de ginóforos (Nug), número de ramas principales (Nrp), número de nudos (Nun), peso promedio de vaina (Ppv) (g), número de semillas por vaina (Nsv), número de haces vasculares de la vaina (Nhv), grosor de la constricción de vaina (cm) (Cov), reticulación de vaina (Rev), número de semillas maduras (Nsm), número de semillas inmaduras (Nsi), porcentaje de semillas enfermas (%) (Pse), peso promedio de semilla (g) (Pps), peso de cien semillas (g) (Pcs), longitud promedio de semilla (cm) (Lps), anchura promedio de semilla (cm) (Aps), color de semilla (Cos), longitud de vaina (cm) (Lov), anchura de vaina (cm) (Anv), grosor de vaina (cm) (Grv), días a floración (Daf), color de tallo (Cot), color de flor (Cof), color de hoja (Coh), sanidad de planta (Sap), porcentaje de cobertura del suelo del surco (%) (Pco), altura de planta medida en el eje principal (Alp) (cm), rendimiento biológico (g) (Rbi), peso seco de las hojas (g) (Psh), longitud de foliíolos de la penúltima hoja (cm) (Lof), anchura de foliíolos (cm) (Anf) y porcentaje de aceite (Poa). Con excepción de Daf, y los valores relacionados con las dimensiones de vaina y semilla, cuyos valores son promedio de diez vainas o semillas, así como de Poa, calculado de una muestra de 15 g de semilla, todos los datos provienen de un promedio de tres plantas. Los colores de tallo, hoja, flor, semilla, así como el grado de reticulación de las vainas y la sanidad de la planta, se midieron en escala nominal: el color de tallo varió de verde bandera=1,



**Figura 1. Precipitación semanal acumulada en las dos localidades de estudio, 1998. (Datos registrados con un pluviómetro de acumulación semanal).**

**Figure 1. Weekly accumulated precipitation in the two localities of study, 1998. (Data registered with a pluviometer of weekly accumulation).**

row 5 m in length for the spreading accessions and 3.30 m for those of erect habit; in both cases, the separation between rows was 0.85 m. Eleven pairs of seeds were planted, at a distance of 45 and 30 cm for spreading and erect varieties, which was equivalent to a population density of 52 287 and 78 431 plants ha<sup>-1</sup>.

**Localities and climatic conditions**

Two experiments were sown: one in Cuauchichinola, Morelos (S<sub>0</sub>, favorable condition) and another in Miacatlán, Morelos (S<sub>1</sub>, unfavorable condition), located at 899 and 1100 m altitude; precipitation from June 24 to October 21 is shown in Figure 1. The average temperatures in the period of study were 24.6 °C in the first locality and 23.8 °C in the second. According to García (1981), the climatic classification is Aw<sub>o</sub>(w)(e) and Aw<sub>o</sub>(w)(i), that is, warm subhumid, with rains in summer, and a winter that is not well defined. The soil texture was clay loam in Miacatlán and sandy clay loam in Cuauchichinola.

In Cuauchichinola, the sowing was carried out on June 24, and in Miacatlán on July 2 of 1988. The two localities differed in planting dates, in edaphic factor and in the amount and distribution of rainfall (Figure 1).

**Variables studied**

Information was recorded of 33 characteristics: growth habit (Gh), number of mature fruits (Nmf), number of immature fruits (Nif), number of gynophores (Nug), number of principal branches (Npb), number of nodes (Nun), average pod weight (Apw) (g), number of seeds per pod (Nsp), number of vascular fascicles of the pod (Nvf), thickness of the pod constriction (Pc) (cm), pod reticulation (Pr), number of mature seeds (Nms), number of immature seeds (Nis), percentage of diseased seeds (%) (Pds), average seed weight (g) (Asw),

a verde tierno o claro=2 y morado=3; los de hoja fueron, verde bandera=1, verde tierno=2 y verde cenizo=3, el color de la flor fue amarillo=1 y anaranjado=2; el color de la semilla varió de blanquecino=1 a rojo=5; la reticulación de la vaina por prominencia de los haces vasculares fue poco reticulado=1, medianamente reticulado=2 y muy reticulado=3; la sanidad de la planta se calificó al final del ciclo: plantas sanas=1 y plantas muy susceptibles a *Cercospora*=5.

#### Análisis estadístico

Se hizo análisis de varianza conjunto para un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, usando SAS (SAS Institute, 1993). La clasificación de materiales, con base en el análisis de agrupamientos, se hizo con una matriz  $n \times p$  ( $64 \times 33$ ), donde  $n$  es el número de recolecciones, y  $p$  las variables medidas. Previo al análisis, y debido a la diferente escala de medición de las variables, los datos se estandarizaron con media cero y varianza igual a uno. Para el análisis numérico se elaboró una matriz con base en la distancia euclidiana (Sneath y Sokal, 1973); y en la construcción de los dendrogramas se usó el método UPGMMA (Franco *et al.*, 2001). Para los dendrogramas se usó NTSYSpc versión 2.0, un paquete de cómputo para análisis multivariado.

Se hicieron dos tipos de agrupamientos:  $G$  y  $G \times S$ , que corresponden a las componentes del modelo de resistencia a la sequía ( $R$ ),  $R = G + G \times S$  (Muñoz, 1992), donde  $G$  estima los efectos genéticos que se expresan en condiciones favorables y desfavorables, y  $G \times S$  la interacción entre los efectos genéticos y la condición desfavorable.

El agrupamiento de las recolecciones con la componente  $G \times S$ , se hizo primero con variables cualitativas, de herencia mono y digénica (Wayne y Coffelt, 1982); luego con variables de tipo cuantitativo de herencia poligénica (Márquez, 1985). Para ello se usaron matrices de orden  $n \times p$  igual a  $54 \times 7$ , y  $54 \times 26$ , respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La significancia de las localidades, las variedades y su interacción se muestra en el Cuadro 2.

### Localidades

Dieciseis variables mostraron diferencias significativas entre localidades. Al comparar las localidades, las variables Nfi, Nug, Pps, Lov y Cot, presentaron promedios significativamente más altos en Miaatlán que en Cuauichinola (Cuadro 3); pero el promedio de las variables Ppv, Pcs, Nsm, Rev, Alp, Pco, Rbi, Nun, Nrp, Nfm y Poa fue significativamente superior en Cuauichinola que en Miaatlán. La significancia en el contenido de aceite de la semilla (Poa) entre localidades no concuerda con lo informado por Joaquín (1981)<sup>3</sup>, quien no observó diferencias por efecto de ambientes; pero coincide con

weight of one hundred seeds (g) (Whs), average seed length (cm) (Asl), average seed width (cm), seed color (Cos), pod length (cm) (Lp), pod width (cm) (Wp), pod thickness (cm) (Tp), days to flowering (Dtf), stem color (Sc), flower color (Fc), leaf color (Lc), health of plant (Hp), percentage of soil cover of the row (%) (Psc), plant height measured in the principal axis (cm) (Ph), biological yield (g) (Biy), dry leaf weight (g) (Dlw), length of leaflets of the second to last leaf (cm) (Ll), width of leaflets (cm) (Wl) and percentage of oil (Po). With the exception of Dtf, and the values related to the dimensions of pod and seed, whose values are the average of ten pods or seeds, as well as Po, calculated from a sample of 15 g of seed, all of the data is from an average of three plants. The colors of stem, leaf, flower, seed, as well as the degree of reticulation of the pods and the health of the plant, were measured in nominal scale: the stem color ranged from flag green=1, to soft or light green=2 and purple=3; leaf colors were flag green=1, light green=2 and ash green=3, the flower color was yellow=1 and orange=2; the seed color ranged from whitish=1 to red=5; the pod reticulation by prominence of the vascular fascicles was slight reticulation=1, medium reticulation=2 and strong reticulation=3; the plant health was graded at the end of the cycle: healthy plants=1 and plants very susceptible to *Cercospora*=5.

#### Statistical analysis

A combined variance analysis was made for a complete random block design with three repetitions, using SAS (SAS Institute, 1993). The classification of materials, based on cluster analysis, was made with a  $(64 \times 33)$   $n \times p$  matrix, where  $n$  is the number of accessions, and  $p$  the measured variables. Prior to the analysis, and due to the different scale of measurement of the variables, the data were standardized with mean zero and variance equal to one. For the numerical analysis, a matrix was made based on the Euclidean distance (Sneath and Sokal, 1973); and in the construction of the dendrograms, the UPGMMA method was used (Franco *et al.*, 2001). NTSYSpc version 2.0, a computer package for multivariate analysis, was used for dendrograms.

Two types of clusters were made:  $G$  and  $G \times S$ , which correspond to the components of the drought resistance model ( $R$ ),  $R = G + G \times S$  (Muñoz, 1992), where  $G$  estimates the genetic effects that are expressed under favorable and unfavorable conditions, and  $G \times S$  estimates the interaction between the genetic effects and the unfavorable condition.

The cluster of the accessions with the component  $G \times S$  was first made with qualitative variables, of mono and digenic inheritance (Wayne and Coffelt, 1982); then with quantitative type variables of polygenic inheritance (Márquez, 1985). For this purpose, two matrices were used, of the order  $n \times p$  equal to  $54 \times 7$ , and  $54 \times 26$ , respectively.

## RESULTS AND DISCUSSION

The significance of the localities, the varieties and its interaction are shown in Table 2.

<sup>3</sup> Joaquín Torres, I. 1981. Comunicación personal. Campo Agrícola Experimental Iguala. km 3, Carretera Iguala, Tuxpan, Guerrero, México.

**Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables en que al menos un factor de variación (localidades, variedades y su interacción) mostró significancia. Análisis combinado, 1988.**

**Table 2. Mean squares of the variables in which at least one factor of variation (localities, varieties and their interaction) showed significance. Combined analysis, 1988.**

Variable <sup>†</sup>	Localidades (L)	Variedades (V)	L×V	C.V.	CME
Rev	1.6 **	0.51 **	0.26 **	16.56	0.09
Pco	2117.7 **	53.82 **	37.43 **	4.48	18.44
Nfi	1258.5 **	63.0 **	46.10 **	45.16	17.20
Nug	2430.2 **	391.46 *	338.2 ns	47.34	256.40
Nsm	23614.0 **	1645.40 *	530.4 ns	41.20	1057.70
Nun	228028.0 **	34257.00 **	17455.0 ns	27.84	11623.7
Pcs	698.0 **	306.60 **	87.41 ns	13.89	57.10
Nfm	3650.0 **	791.17 **	208.0 ns	35.06	294.6
Cos	0.03 **	0.63 **	0.015 ns	9.48	0.08
Lov	0.55 **	0.45 **	0.09 ns	7.49	0.07
Coh	0.02 ns	0.61 **	0.003 ns	8.34	0.009
Sap	0.06 ns	0.45 **	0.22 ns	20.96	0.14
Alp	874.9 **	60.08 *	14.55 ns	17.23	38.53
Psh	3516.0 **	668.7 **	272.9 ns	33.20	370.02
Lof	0.17 ns	0.64 **	0.54 ns	12.34	0.38
Cof	0.02 ns	0.11 **	0.009 ns	22.24	0.06
Poa	206.78 **	5.76 **	2.34	2.76	1.80
Nrp	14.1 **	1.49 ns	1.04 ns	19.06	1.56
Ppv	14779.7 *	870.8 ns	436.4 ns	37.41	629.40
Cot	22.19 **	0.35 ns	0.06 ns	39.28	0.37
Rbi	274109.0 **	47103.00 ns	26588 ns	35.28	31344.50
Pps	7166.0 **	422.1 ns	230.6 ns	37.06	282.03

<sup>†</sup> El significado de las siglas se definió en el apartado de variables.

\* significativo al 0.05; \*\* significativo al 0.01; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; CME: cuadrado medio del error.

Pérez (1982, citado por Wong *et al.*, 1983), quien sí las encontró. Estos resultados, aparentemente contradictorios, pueden deberse a las diferencias en la intensidad de los ambientes evaluados y a la diversidad del material usado (Muñoz, 1992).

**Variedades**

De las 33 variables, en 17 hubo diferencias significativas (Cuadro 4). El peso promedio de vaina (Ppv) no fue significativo, y se asoció en forma positiva y significativa (r=0.60) con número de frutos maduros (Nfm), que variaron de 18.3 a 93.6 g. Otras variables notables por su variación fueron Nun y Nsm; en las variables Pco, Pcs y Poa la amplitud fue intermedia; y desde la variable color de semilla (Cos) hasta color de la flor (Cof), se aprecia poca variación.

**Interacción localidades por variedades**

El efecto de la interacción se reflejó en las variables número de frutos inmaduros (Nfi), reticulación de vaina (Rev), y porcentaje de cobertura (Pco) (Cuadro 2); por tanto, tales atributos fueron sensibles a los cambios del ambiente. Para las variables Nug, Nun, Pcs, Lov, Sap, Psh y Ppv la interacción genotipo ambiente tuvo una significancia de 0.10.

**Cuadro 3. Valores promedio de localidades para las variables en que hubo significancia entre localidades. Cuauchichinola-Miacatlán, 1988.**

**Table 3. Average values of localities for the variables in which there was significance among localities. Cuauchichinola-Miacatlán, 1988.**

Variable <sup>†</sup>	Cuauchichinola	Miacatlán
Lov	3.5	3.6
Pps	35.1	49.9
Pcs	55.8	51.2
Nsm	87.5	60.3
Rev	1.8	1.6
Ppv	73.8	52.0
Nun	412.8	331.5
Nrp	6.7	6.0
Nug	31.2	39.5
Nfi	7.4	12.9
Nfm	52.1	42.0
Cot	1.3	2.0
Pco	98.2	90.4
Alp	36.5	31.6
Rbi	528.8	442.8
Psh	61.2	50.72
Poa	49.2	46.86

<sup>†</sup> El significado de las siglas se definió en el apartado de variables.

**Localities**

Sixteen variables presented significant differences among localities. When the localities were compared, the

**Cuadro 4. Valores mínimos, máximos y amplitud de variedades, para variables con diferencias estadísticas. Análisis combinado. 1988.**

**Table 4. Maximum and minimum values and amplitude of varieties, for variables with statistical differences. Combined analysis. 1988.**

Variable <sup>†</sup>	Mínimo	Máximo	Amplitud	Promedio	Dms (0.05)
Nun	97.50	662.4	564.9	387.16	424.08
Nsm	35.67	170.55	134.88	78.93	127.93
Nfm	18.33	93.66	78.33	48.95	67.51
Psh	27.0	94.3	67.3	62.4	75.66
Ppv <sup>‡</sup>	19.4	122.3	102.9	67.0	98.6
Pcs	26.70	83.20	56.5	54.42	29.74
Nug	8.0	61.4	53.4	45.51	62.98
Alp	25.8	48.7	25.8	33.05	24.21
Nfi	1.16	24.16	23.0	9.19	16.34
Pco	80.0	100	20.0	90.00	16.89
Poa	40.0	51.3	11.3	48.5	10.6
Cos	2.0	5.00	3.0	3.14	1.17
Lof	4.1	6.7	2.6	4.8	2.45
Lov	2.95	5.17	2.2	3.57	1.05
Rev	1.00	3	2.0	1.83	1.18
Sap	1	3	2.0	1.8	1.49
Coh	1	3	2.0	2.0	0.38
Cof	1	2	1.0	1.2	0.94

<sup>‡</sup> Esta variable no fue estadísticamente significativa pero se incluye en este cuadro debido a su importancia.

### Clasificación del germoplasma

#### Efectos genéticos genéricos

Al aplicar el método de taxonomía numérica a los promedios de los genotipos ignorando los ambientes (componente G) en las variables, se obtuvo el dendrograma de la Figura 2. A una distancia euclidiana de 0.82, se formaron dos grandes grupos (8 y 9) más dos pequeños (10 y 4).

De las variedades que integran el grupo ocho, 25 son de hábito rastrero, ocho erectas y una semierecta. Los caracteres (Cuadro 5), que más diferencian a este grupo son de tipo vegetativo (Nun, y Rbi) asociadas con un desarrollo más robusto, característico del hábito de crecimiento rastrero.

El grupo 9 incluyó 20 recolecciones, la mayoría de hábito rastrero. Se diferencia del grupo 8 en las variables Nun, Nfm, Nug, Nsm, Nfi, Pps, Poa, Ppv (Cuadro 5), hojas chicas y baja cobertura, lo que refleja una menor robustez, similar al tipo runner de Norteamérica (Norden, 1973).

El grupo 10 tiene sólo cuatro recolecciones, tres de ellas erectas y una rastrera. Se distingue de los grupos anteriores por tener tallos y hojas de color verde claro, de cinco a seis ramas principales, la cobertura más baja, bajo número de nudos, la mayor altura de planta, mediana susceptibilidad a las enfermedades (Sap=2.50),

variables Nif, Nug, Asw, Lp and Cos, presented averages that were significantly higher in Miacatlán than in Cuauchichinola (Table 3); but the average of the variables Apw, Whs, Nms, Pre, Ph, Pco, Biy, Nun, Npb, Nmf, and Po was significantly higher in Cuauchichinola than in Miacatlán. The significance in the oil content of the seed (Po) among localities does not coincide with what was reported by Joaquín (1981)<sup>3</sup>, who observed no differences from the effect of environments; but it does coincide with Pérez (1982, cited by Wong *et al.*, 1983), who did find differences. These apparently contradictory results may be due to the differences in the intensities of the environments evaluated and to the diversity of the material used (Muñoz, 1992).

### Varieties

Of the 33 variables, significant differences were found in 17 (Table 4). The average pod weight (Apw) was not significant, and was positively and significantly ( $r=0.60$ ) associated with number of mature fruits (Nmf), which varied from 18.3 to 93.6 g. Other variables that were notable in variation were Nun and Nms; in the variables Pco, Whs, and Po the amplitude was intermediate; and from the variable seed color (Cos) to flower color (Cof), little variation is observed.

**Cuadro 5. Promedio de las variables de los grupos de la Figura 2 formados con base en G.**

**Table 5. Average of the variables of the groups of Figure 2 formed based on G.**

Variables <sup>†</sup>	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 4
Nrp	6.8	6.5	5.7	5.0
Nfm	41.3	66.5	29.5	24.6
Nfi	10.7	8.40	3.0	5.2
Nug	27.5	34.18	33.0	26.6
Nun	355.7	425.1	314.0	278.0
Nsm	63.6	104.9	78.0	48.6
Daf	32.80	32.3	30.5	32.1
Rev	1.88	1.58	1.9	2.8
Cot	1.35	1.30	2.3	2.5
Cof	1.0	1.0	1.1	1.7
Coh	1.0	1.0	2.0	2.5
Cos	3.0	2.95	4.0	4.7
Sap	1.55	1.70	2.5	2.2
Pco	1.55	1.32	1.1	1.4
Rbi	500.1	472.3	276.2	289.0
Ppv	66.5	74.3	46.0	38.0
Psh	61.4	59.55	37.2	43.0
Pps	43.5	47.6	31.7	33.3
Pcs	62.8	45.5	40.5	42.6
Alp	34.3	32.5	43.5	39.9
Lof	4.9	4.4	6.2	4.86
Lov	3.7	2.9	3.5	3.66
Poa	50.1	51.4	51.0	49.3
Hac	1.74	1.05	3.0	2.33

<sup>†</sup> El significado de las siglas se definió en el apartado de variables.

la mayor precocidad, bajo número de frutos por planta, el menor número de frutos inmaduros, el mayor número de ginóforos improductivos, bajo peso de vaina por planta (Ppv); el más reducido rendimiento de semilla (Pps), y semilla de color rojo (4.0) (Cuadro 5).

Por la distancia euclidiana de casi 1.35 (Figura 2), se considera al grupo 4 el menos emparentado con el resto, lo que indica que son los materiales más contrastantes. Involucró a tres recolecciones, dos de Puebla y una de Nayarit, que son semierectas o erecto compactas, con el menor número de ramas, el más bajo número de nudos, plantas altas, de tallos morados, bajo rendimiento biológico, floración intermedia, flores amarillo anaranjadas, la más baja producción de vainas, baja producción de frutos inmaduros, muchos ginóforos improductivos, el rendimiento de vaina más bajo, vainas de un tamaño intermedio, semillas de color rojo, tamaño de semilla chico, y el más bajo contenido de aceite (Cuadro 5). Estas variedades se siembran en Morelos, Veracruz y Yucatán.

Las variedades erectas, a pesar de su morfología distinta, no se incluyeron en un solo grupo debido, al parecer, a que comparten características similares con algunas variedades rastreras. La mayoría de las recolecciones pertenecen a la misma raza botánica conocida como grupo Virginia (*Arachis hypogaea hypogaea* vb *hypogaea*) (Krapovickas y Gregory, 1994).

### Interaction of localities by variety

The effect of the interaction was reflected in the variables number of immature fruits (Nif), pod reticulation (Pre), and percentage of coverage (Pco) (Table 2); therefore, these attributes were sensitive to the changes of the environment. For the variables Nug, Nun, Whs, Pl, Ph, Dlw, and Apw, the genotype environment interaction had a significance of 0.10.

### Classification of the germ plasm

#### Generic genetic effects

When the method of numerical taxonomy was applied to the averages of the genotypes ignoring the environments (G component) in the variables, the dendrogram in Figure 2 was obtained. At a Euclidean distance of 0.82, two large groups (8 and 9) and two small groups (10 and 4) were formed.

Of the varieties that comprise group eight, 25 are of spreading habit, eight of erect and one of semierect habit. The traits (Table 5) that differentiate this group the most are of the vegetative type (Nun, and Biv) associated with a more robust development, characteristic of the spreading growth habit.

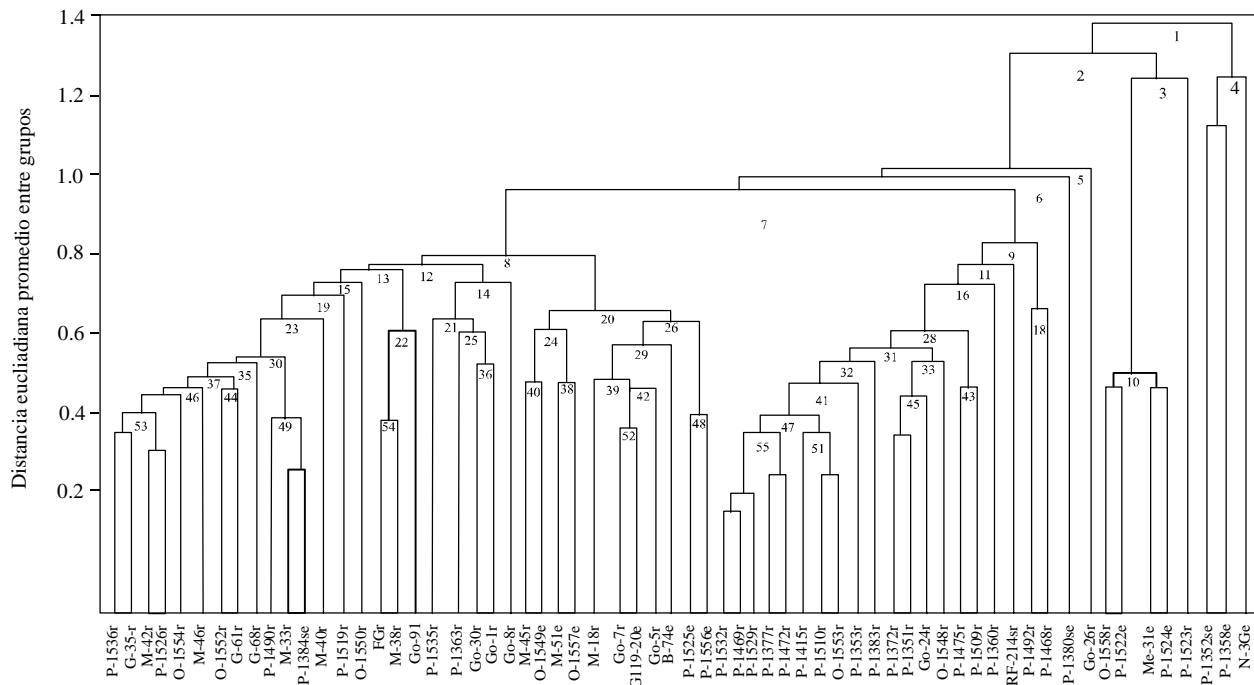


Figura 2. Grupos de parentesco (enumerados) de 64 variedades de cacahuete rastrero (r), erecto (e) semierecto (se) y semirrastrero (sr) provenientes de Puebla (P), Oaxaca (O), Morelos (M), México (Me), Guerrero (Go), Guanajuato (G) y Nayarit (N), calculados con 33 variables, con base en el promedio de genotipos (G), ignorando localidades.

Figure 2. Groups of relationship (numbered) of 64 varieties of spreading (s), erect (e), semierect (se), and semispreading (ss) peanut, from Puebla (P), Oaxaca (O), Morelos (M), México (Me), Guerrero (Go), Guanajuato (G) and Nayarit (N), calculated with 33 variables, based on the average of genotypes (G), ignoring localities.



De los cuatro grupos formados, los dos primeros corresponden a variedades predominantemente rastreras que mostraron una buena adaptación; pero los dos últimos grupos presentaron un menor desarrollo debido a características inherentes y su menor adaptación, porque son variedades erectas no cultivadas en la región de estudio.

**Efectos genéticos específicos (G×S)**

Los efectos genéticos específicos (G×S) los usa la planta cuando se presentan los déficits hídricos, por lo cual son imprescindibles en una clasificación. Pero el cambio climático global (IPCC, 2001) hace cada vez más extremos los problemas de sequía o ambientales; consecuentemente se toma más crítico el considerar la componente G×S.

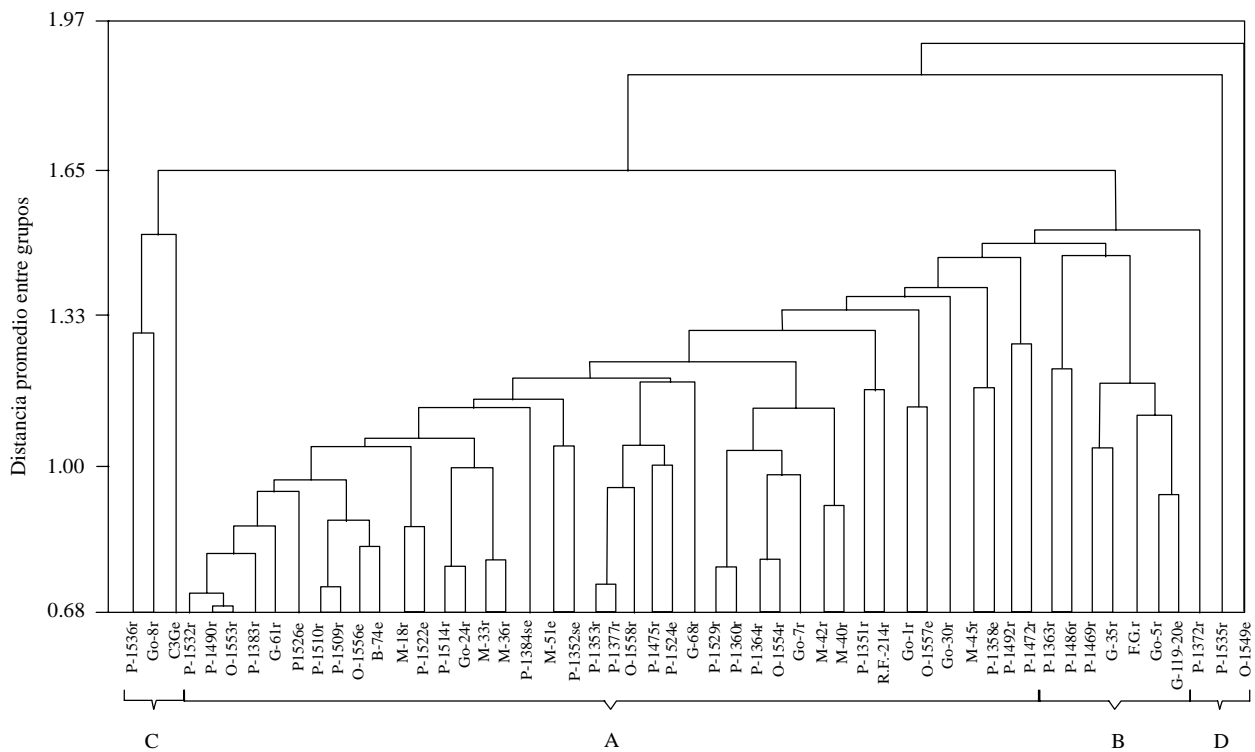
En la Figura 3 se muestran los agrupamientos relativos a la interacción G×S de variables cuantitativas. Al comparar el dendrograma de la Figura 3 con el de la Figura 2 (efectos genéticos genéricos) se observa que ambos son totalmente distintos. Esto evidencia que los efectos genéticos involucrados son diferentes (Muñoz, 1992).

En el dendrograma de la Figura 4 se observa un grupo de 29 variedades, desde P-1536r (en la parte izquierda de la figura) hasta P-1522 e (en la parte central de la

Group 9 included 20 accessions, most of which were of the spreading habit. They differ from group 8 in the variables Nun, Nmf, Nug, Nms, Nif, Asw, Po, Apw (Table 5), small leaves and low coverage, which reflects a lower robustness, similar to the runner type of North America (Norden, 1973).

Group 10 has only four accessions, three erect and one spreading. It is distinguished from the previous groups by having light green stems and leaves, five to six main branches, lower coverage, low number of nodes, greater plant height, medium susceptibility to diseases (Ph=2.50), greater precocity, low number of fruits per plant, the lowest number of immature fruits, the highest number of unproductive gynophores, low pod weight per plant (Apw), the most reduced seed yield (Asw), and red seed color (4.0) (Table 5).

Due to the Euclidean distance of almost 1.35 (Figure 2), group 4 is considered the least related to the rest, which indicates that they are the most contrasting materials. It involved three accessions, two from Puebla and one from Nayarit, which are semierect or compact erect, with the lowest number of nodes, high plants, with purple stems, low biological yield, intermediate flowering, orange yellow flowers, the lowest production of pods, low production of immature fruits, many unproductive



**Figura 3. Agrupamiento (A, B, C, D) con base en las diferencias  $S_0-S_1$  de 26 variables cuantitativas de 54 recolecciones de cacahuete rastrero (r) y erecto (e) provenientes de Puebla (P), Morelos (M), Guerrero (Go), Oaxaca (O), Guanajuato (G) y Nayarit (N).**  
**Figure 3. Cluster (A, B, C, D) based on the differences  $S_0-S_1$  of 26 quantitative variables of 54 accessions of spreading (s) and erect (e) peanut from Puebla (P), Morelos (M), Guerrero (Go), Oaxaca (O), Guanajuato (G) and Nayarit (N).**

misma), cuya distancia taxonómica es cercana a cero. Ello indica que este grupo prácticamente no interactuó con el ambiente, y que involucró variedades de tipo erecto (e) y rastrero (r), por lo cual no hubo asociación en este comportamiento con el hábito de crecimiento. Las 25 variedades restantes tuvieron distancias taxonómicas mayores a las del grupo anterior, reflejando mayores grados de interacción y conformando diferentes grupos. Las variedades Go-7r y N-3Ge presentaron el mayor nivel de interacción, ya que se separaron del resto de recolecciones y con las mayores distancias (cerca de 3 y 4). La recolección N-3Ge también se separó del grupo (Figura 2).

Del análisis de las Figuras 2, 3 y 4 se concluye que la presencia de diferentes agrupamientos con G y G×S, indica que al considerar las diferencias de los efectos ambientales entre localidades, cambian las relaciones de parentesco o similitud entre las recolecciones de cacahuate investigadas. Ello es consistente con el hecho de que los grupos de la Figura 2 se hicieron considerando los efectos genéticos genéricos, pero en los agrupamientos de las Figuras 3 y 4 hay influencia de los efectos genéticos específicos. Esto indica que una clasificación más completa debe involucrar el análisis de ambos efectos, los genéricos y los específicos, y que la taxonomía numérica es bastante sensible a ambos.

gynophores, the lowest pod yield, intermediate size pods, red seeds, small seed size, and the lowest oil content (Table 5). These varieties are sown in Morelos, Veracruz and Yucatán.

The erect varieties, despite their distinct morphology, were not included in a single group, apparently due to the fact that they share similar characteristics with some spreading varieties. Most of the accessions belong to the same botanical race known as the Virginia group (*Arachis hypogaea hypogaea* vb *hypogaea*) (Krapovickas and Gregory, 1994).

Of the four groups formed, the first two correspond to predominantly spreading varieties that showed good adaptation; but the last two groups presented a lower development due to inherent characteristics and lower adaptation, because they are erect varieties that are not cultivated in the region of study.

### Specific genetic effects (G×S)

The specific genetic effects (G×S) are used by the plant when water deficits are present; therefore, they are indispensable in a classification. The global climatic change (IPCC, 2001) makes the problems of drought or environment more and more severe; consequently, it becomes more critical to consider the component G×S.

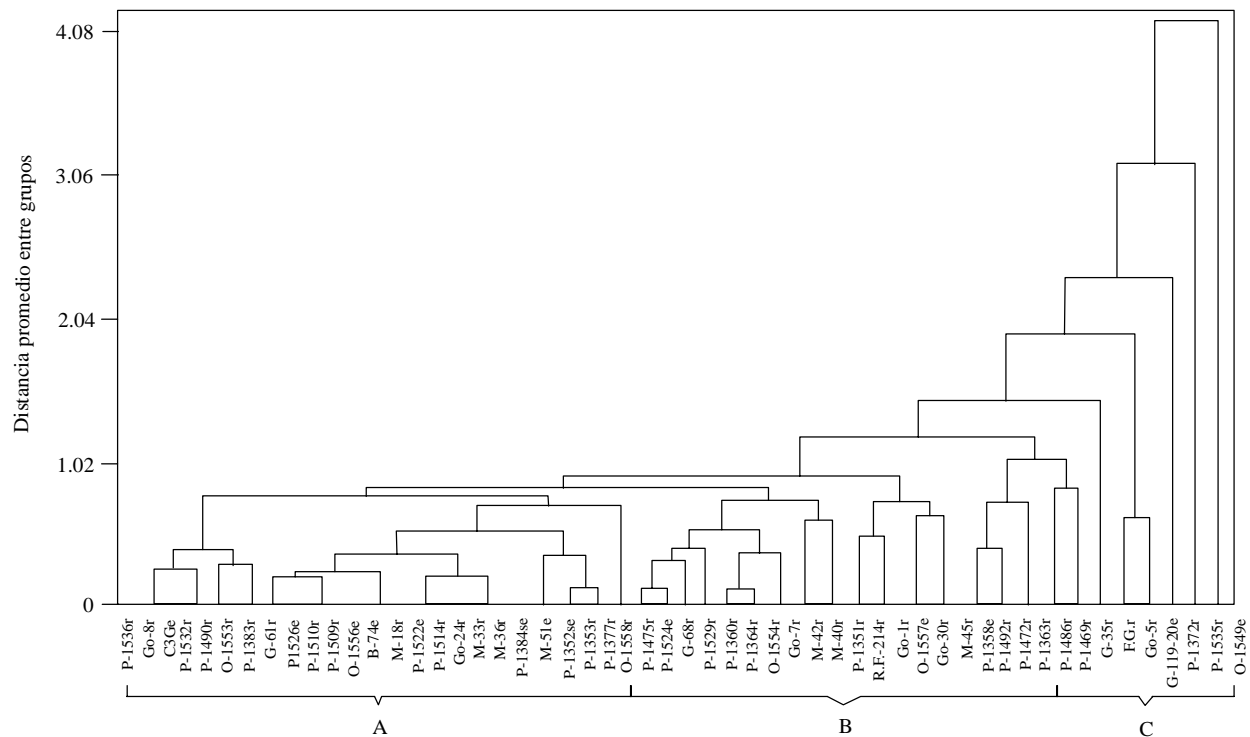


Figura 4. Agrupamiento (A, B, C) con base en las diferencias  $S_0-S_1$  de 7 variables cualitativas de 54 recolecciones de cacahuate rastrero (r) y erecto (e) provenientes de Puebla (P), Morelos (M), Guerrero (Go), Oaxaca (O), Guanajuato (G) y Nayarit (N).

Figure 4. Cluster (A, B, C) based on the differences  $S_0-S_1$  of 7 qualitative variables of 54 accessions of spreading (s) and erect (e) peanut from Puebla (P), Morelos (M), Guerrero (Go), Oaxaca (O), Guanajuato (G) and Nayarit (N).

Cervantes *et al.* (1978), al estudiar la clasificación de las razas de maíz de México a través del análisis de agrupamientos, concluyeron que la estructura de los grupos en los dendrogramas depende del efecto genético correspondiente (efectos genotípicos, de aptitud combinatoria general, de aptitud combinatoria específica y de la interacción genotipo-ambiente).

## CONCLUSIONES

Las poblaciones de cacahuete estudiadas exhibieron variabilidad fenotípica en características vegetativas y reproductivas.

En la clasificación con base en la componente de efectos genéticos genéricos (G), se detectaron cuatro grupos de parentesco, conformados de acuerdo con el hábito de crecimiento, la cobertura de sus ramas, el color de su follaje, el tamaño y rendimiento de frutos, el número de semillas por vaina y el contenido de aceite en la semilla. Clasificando con base en la componente de efectos genéticos específicos (G×S), los agrupamientos fueron distintos, lo cual refleja que los efectos G×S son distintos y ortogonales respecto a los efectos G.

Las agrupaciones de caracteres cuantitativos respecto a cualitativos mostraron diferencias. La primera evidenció mayor interacción genético ambiental e involucró la mayoría de las recolecciones, no así la segunda.

De acuerdo con estos resultados, una clasificación completa se logra involucrando tanto la componente G como la G×S y explorando las diferencias cuando se aplica en caracteres cualitativos respecto a cuantitativos.

Los efectos específicos a sequía (G×S) son los que la planta usa cuando hay déficits hídricos, por lo cual son imprescindibles en una clasificación. El cambio climático cada vez hace más extremo el problema de la sequía, consecuentemente se hace más crítico el considerar la componente G×S. Es imprescindible incorporar la componente G×S en una clasificación de germoplasma para agricultura de secano y su importancia es mayor, al avanzar el cambio climático, por la intensificación que tiene sobre los problemas de sequía.

## LITERATURA CITADA

- Cervantes S., T., M. M. Goodman, E. Casas D., and J. O. Rawlings. 1978. Use of genetic effects and genotype by environmental interactions for the classification of Mexican races of maize. *Genetics* 90 (2): 339-348.
- FAO. 1998. Anuarios de producción. Roma, Italia. 856 p.
- Franco, J., J. Crossa, J. M. Ribaud, and J. Betran. 2001. A method for combining molecular markers and phenotypic attributes for classifying plant genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 103: 944-952.
- García, E. 1981. Clasificación Climática de Koppen con Adaptaciones a la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM, México, D. F. 286 p.

The clusters relative to the interaction G×S of quantitative variables are shown in Figure 3. When comparing the dendrogram of Figure 3 with that of Figure 2 (generic genetic effects), it can be observed that both are totally different. This is evidence that the genetic effects involved are different (Muñoz, 1992).

In the dendrogram of Figure 4 a group of 29 varieties is observed, from P-1536r (on the left side of the figure) to P-1522e (in the central part of the figure), whose taxonomic distance is close to zero. This indicates that this group had practically no interaction with the environment, and that it involved varieties of the erect (e) and spreading (s) type, thus there was no association in this behavior with the growth habit. The other 25 varieties had taxonomic distances greater than the previous group, reflecting greater degrees of interaction conforming different groups. The varieties Go-7r and N-3Ge presented the highest level of interaction, given that they separated from the rest of the accessions and with the greatest distances (close to 3 and 4). The accession N-3Ge also became separated from the group (Figure 2).

From the analysis of Figures 2, 3 and 4, it is concluded that the presence of different clusters with G and G×S, indicates that when the differences of the environmental effects among localities are considered, the relationship or similarity change among the peanut accessions under study. This is consistent with the fact that the clusters of Figure 2 were made considering the generic genetic effects, but in the clusters of Figures 3 and 4 there is influence of the specific genetic effects. This indicates that a more complete classification should involve the analysis of both effects, the generic and specific, and that numerical taxonomy is quite sensitive to both. Cervantes *et al.* (1978), when studying the classification of the maize races of México through cluster analysis, concluded that the structure of the groups in the dendrograms depends on the corresponding genetic effect (genotypic effects, of general combinatory aptitude, specific combinatory aptitude of and of the genotype-environment interaction).

## CONCLUSIONS

The peanut populations studied exhibited phenotypic variability in vegetative and reproductive characteristics.

In the classification based on the component of generic genetic effects (G), four groups of relationship were detected, comprised according to the growth habit, branch coverage, color of foliage, fruit size and yield, number of seeds per pod and the oil content of the seed. Classifying based on the component of the specific genetic effects (G×S), the clusters were different, which reflects that the effects G×S are distinct and orthogonal with respect to the effects G.

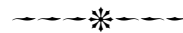
- Gillier, P., y P. Silvestre. 1970. El Cacahuete o Maní. Primera edición, Ed. Blume. Zaragoza, España. 242 p.
- Hartch, B. D., K. E. Basford, I. H. De Lacy, P. K. Lawrence, and A. Kruicksank. 1995. Patterns of diversity in fatty acid composition in the Australian groundnut germplasm collection. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42: 3, 243-256.
- Huiqin, X., G. XinMin, G. ShuYuan, S. LanShen, H. Q. Xue, S. Y. Gu, and L. Z. Su. 1997. Hyperosmotic solution used to study the relationships between seed germination characteristics of peanut and drought resistance. *Oil Crops of China* 19: 3, 30-33.
- INEGI. 2000. El Sector Alimentario de México. SHCP. Aguascalientes, Ags. 215 p.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III on the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson, R. T., and Core Writing Teams, (eds). Cambridge University Press, United Kingdom and New York, N. Y. USA. 398 pp.
- Kotzamanidis, S., and N. Stavropoulos. 1998. Characterization of Greek groundnut (*Arachis hypogaea* L.) germplasm and evaluation for tolerance to waterlogging. *Agricoltura Mediterranea* 129 (1): 36-44.
- Krapovickas, A., and W. C. Gregory. 1994. Taxonomy of genus *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8: 1-186.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal: Métodos, Teoría, Resultados. Tomo I. AGT Editor, S. A., México D. F. 357 p.
- Muñoz O., A. 1992. Modelo uno o de interacción genotipo por niveles de sequía y resistencia a factores adversos. *In: Memoria del Simposio Interacción Genotipo- Ambiente en Genotecnia Vegetal*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, Guadalajara, Jal. pp: 261-266.
- Norden, A. J. 1973. Breeding of cultivated peanut. *In: Peanuts, Culture and Uses*. American Peanut Research and Education Association Inc. pp: 175-208.
- Ortega P., R., y J. Sánchez G. 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz en las partes altas de México. *Fitotecnia Mex.* 12(2): 105-119.
- SAS Institute. 1993. Statistical Analysis System. Cary, N. C. 215 p.
- Sneath, P. H. A., and R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco Calif. USA. 573 p.

The clusters of quantitative traits with respect to qualitative traits presented differences. The first showed greater environmental interaction and involved the majority of the accessions, contrary to the second.

According to these results, a complete classification is achieved involving both the G component and that of G×S, and exploring the differences when it is applied in qualitative traits with respect to quantitative ones.

The effects specific to drought (G×S) are those that the plant uses when there is water stress, thus they are indispensable in a classification. The climatic change is making the problem of drought increasingly more severe, consequently, it is more critical to consider the component G×S. It is necessary to incorporate the component G×S in a classification of germ plasm for dry regions agriculture, and has greater importance with the advance of the climatic change, due to the intensification of the problems of drought.

—End of the English version—



- Tienjoung, Y., C. L. Tsai, T. W. Chang, Y. T. Yang, F. S. Thseng, and T. J. Yiu. 1996. Pedigree analysis of peanut (*Arachis hypogaea* L.) released in Taiwan. *Sabrao J.* 28(2): 35-48.
- Wayne, J. C., and T. A. Coffelt. 1982. Genetics of *Arachis hypogaea* L. *In: Peanut Science and Technology*. Pattee H. E, and C. T. Young (eds). American Peanut Research and Education Society, Inc. Yoakum, Texas. USA, pp: 50-94.
- Wong R. R., A. Muñoz O., y L. Mendoza O. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas, reproductivas y de eficiencia en variedades de sorgo. *Agrociencia* 51: 101-114.