

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A SEQUÍA DE VARIEDADES DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) DE HÁBITO DE CRECIMIENTO RASTRERO Y ERECTO

S. Sánchez-Domínguez¹; A. Muñoz-Orozco²; V. A. González-Hernández²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C. P. 56230, MÉXICO. (¹Autor responsable).

²Programa de Genética del IREGEP, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

RESUMEN

Para evaluar la resistencia a sequía del cacahuete se realizó un experimento en el que se probaron dos hábitos de crecimiento: rastrero y erecto con ocho variedades anidadas en cada hábito, bajo dos niveles de humedad. Se midieron 22 características vegetativas y reproductivas. En número de ginóforos, vainas inmaduras, peso de semilla, intensidad del color verde de la hoja y altura de planta existieron diferencias estadísticas entre los dos niveles de humedad. Altura de planta fue superior bajo buena humedad; en cambio la sequía indujo mayor intensidad del color verde. En veinte variables hubo diferencias estadísticas entre hábitos de crecimiento, en los que destacó el rastrero por la exhuberancia de las plantas. La mayoría de las variables presentaron diferencias entre variedades dentro de hábitos, lo que evidencia la variabilidad fenotípica. La interacción nivel de humedad por variedad dentro de hábitos se detectó para floración a los 42 días, intensidad del color verde de hoja y longitud de folíolos. Las variedades rastreras presentaron mayor frecuencia de efectos genéricos y específicos que las erectas, con mayor frecuencia de los primeros.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: resistencia genética, efectos genéticos genéricos, efectos genéticos específicos, modelo uno, modelo dos.

EVALUATION OF THE DROUGHT RESISTANCE OF PEANUT VARIETIES (*Arachis hypogaea* L.) WITH A CREEPING AND ERECT GROWTH HÁBIT

SUMMARY

An experiment was made in order to evaluate the drought resistance of peanuts testing two growth habits: creeping and erect with eight nested varieties of each habit, with two levels of humidity. Twenty-two vegetable and reproductive characteristics were measured. With regards to the number of gynophores, immature pods, seed weight, intensity of leaf greenness and plant height there were statistical differences between the two levels of humidity. Plant height was superior with good humidity; on the other hand, drought induced a greater intensity in the green color. Among the twenty variables, there were statistical differences in growth habit, where the creeping variety had outstanding plant exuberance. The majority of the variable presented differences between varieties within habits, which demonstrate the phenotypic variability. With regards to the interaction level of humidity by variety within habits, flowering at 42 days, an intense green leaf color and foliole length was noted. The creeping varieties presented generic and specific effects more frequently than the erect, with the former being more frequent.

ADDITIONAL KEY WORDS: Genetic resistance, generic genetic effects, specific genetic effects. Model one, model two.

INTRODUCCIÓN

En México el cacahuete es un cultivo importante en muchas áreas temporaleras de los estados de Morelos, Guerrero, Puebla, Oaxaca y Chiapas donde se cultiva más del 50 % de la superficie nacional, en suelos de escasa fertilidad, con lluvias erráticas y poco abundantes. Con-

secuentemente su productividad es baja (1,300 kg·ha⁻¹) lo que contrasta con los altos rendimientos obtenidos en países como Estados Unidos de Norteamérica e Israel, donde se cosechan más de 3,000 kg·ha⁻¹. Uno de los problemas que más limita la productividad del cacahuete en México es la sequía (Hernández y Muñoz, 1990). En África, Billaz

y Ochs (1961) y Gautreau (1966) liberaron algunas variedades de cacahuate tolerantes a sequía.

May y Milthorpe (1962) señalaron que la sequía es un evento que consiste de un periodo sin lluvias apreciables.

Joaquín (1981, citado por Wong, 1983) sometió variedades de cacahuate a tratamientos de sequía durante la floración y encontró que la cantidad de materia seca producida dependió de la precocidad y del hábito de crecimiento de las variedades; las tardías y las erectas intermedias aumentaron el número de flores por planta, como una reacción al riego de recuperación, lo que estuvo asociado a menores reducciones del rendimiento económico.

Pérez (1982, citado por Wong, 1983) al comparar tres condiciones hídricas: humedad residual, riego y sequía en cacahuate, destacó que el peso seco del fruto por planta y tamaño de fruto, presentaron una relación inversa con los niveles de humedad; bajo riego se favoreció la presencia de mayor número de flores y ginóforos improductivos, mientras que en sequía se manifestó mayor eficiencia en la formación de frutos de mayor tamaño por planta.

Deléo (1984), bajo condiciones de campo, encontró diferencias entre variedades de cacahuate en la extracción de agua del suelo, el estrés hídrico afectó el crecimiento de órganos vegetativos en todos los genotipos, lo que afectó su capacidad de intercepción de radiación; asimismo, consigna que, aunque no hubo diferencias significativas, los rendimientos de vaina y semilla fueron más reducidos bajo sequía que bajo riego.

Nageswara *et al.* (1985) indican que un factor importante que influencia los rendimientos bajo sequía en la fase de producción de ginóforos, es el contenido de humedad del suelo. Ono *et al.* (1974) señalaron que los ginóforos no pueden desarrollarse y producir vainas debido a las altas temperaturas del suelo cuando existe un déficit hídrico edáfico.

Williams *et al.* (1986), en un estudio que condujeron en la India con 800 genotipos de cacahuate sometidos a 12 patrones de sequía, concluyeron que las diferencias entre genotipos en la resistencia a la sequía en la etapa reproductiva, aunque no se esclarecieron en detalle, es de presumirse que pueden estar basados en dos mecanismos separados, resistencia y recuperación. Muñoz (1988) distinguió dos componentes de resistencia genética a la sequía: la genérica y la específica, mismas que se han documentado para diversas especies, aunque no suficientemente en cacahuate. Muñoz (1992) consignó que la resistencia a la sequía se debe entender como la capacidad de la planta para acumular energía en contra de dicho factor ambiental, y que la resistencia de las plantas a la sequía puede ser medida mediante la utilización del modelo uno ($Y=G+S+G \times S$), que establece que aquella es función de los

efectos genéticos genéricos (G) y específicos a sequía ($G \times S$). En este modelo Y representa la variación total de las plantas y S, el efecto ambiental o de sequía. Las variedades más resistentes serán las que posean mayor proporción de efectos genéricos y específicos. Esta metodología ha sido aplicada por Hernández y Muñoz (1990) para seleccionar variedades de cacahuate de la mixteca poblana, por Quispe (1994) en arroz (*Oriza sativa* L.) y por otros en numerosos nichos ecológicos (Muñoz *et al.*, 2003).

Por las consideraciones anteriores, se realizó la presente investigación, cuyo objetivo fue caracterizar la resistencia a la sequía de dos grupos de variedades, erectas y rastreras, de cacahuate. La hipótesis de esta investigación es que existe variabilidad genética para resistencia a sequía en ambas componentes y en ambos grupos de variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en un terreno del Campo La Vega del Ejido de Mazatepec, Morelos, México. A una altitud de 850 m, con un clima Aw_o i g (García, 1983). Los datos de precipitación y temperaturas prevalecientes durante el ciclo de cultivo se indican en la Figura 1.

El suelo en donde se llevó a cabo el experimento es de textura arcillo-limosa, con un contenido de arena, limo y arcilla de 3, 32 y 64 %, respectivamente, con pH de 6.8 y 0.27 mmhos de conductividad eléctrica, capacidad de campo de 44.9 % y punto de marchitez permanente de 26.2 %. Durante el transcurso del experimento, el suelo se muestreó semanalmente en el estrato de 20 a 40 cm para determinar el contenido de humedad, de acuerdo con el método gravimétrico (Veihmeyer y Hendrickson, 1950). Los datos se presentan en la Figura 2.

Se evaluaron bajo riego y sequía ocho variedades de cacahuate de hábito de crecimiento rastrero y ocho de hábito erecto (Cuadro 1), las cuales fueron seleccionadas de un experimento anterior de caracterización de germoplas-

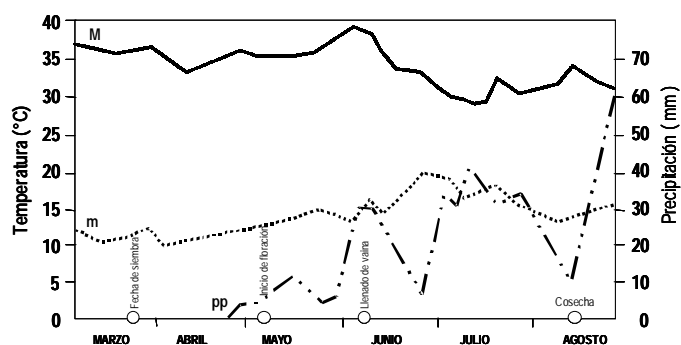


FIGURA 1. Temperatura máxima (M) y mínima (m), promedio semanal, y precipitación semanal acumulada, de una localidad cerca (2 km) a Mazatepec, Morelos, México (1989). Fuente: Estación Meteorológica del ITA # 9).

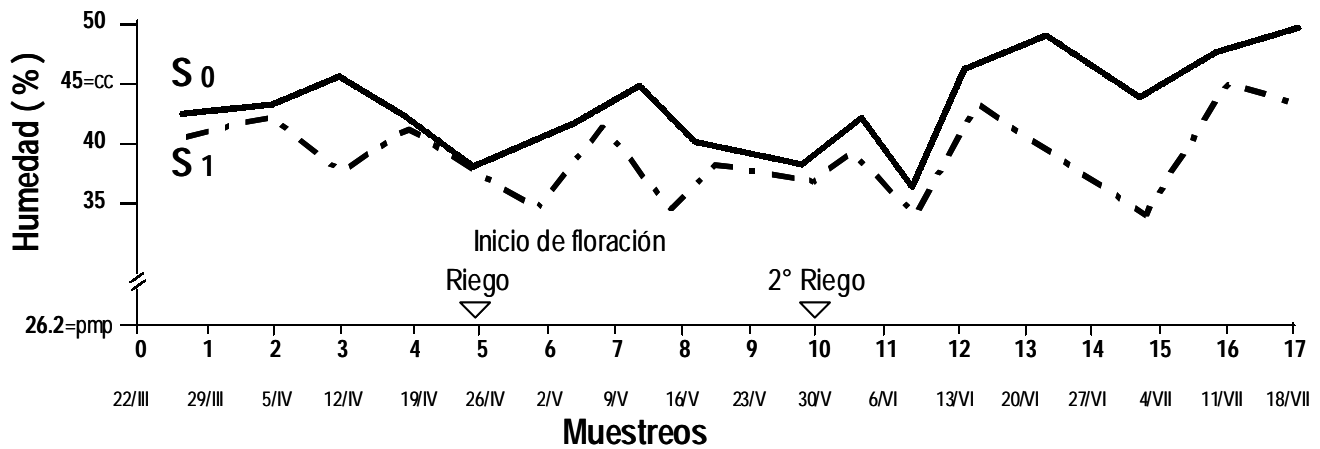


FIGURA 2. Variación semanal de la humedad del suelo S_0 , S_1 en el estado 20 a 40 cm. Mazatepec, Morelos, México, 1989.

ma. En total se tuvieron 32 tratamientos ($2 \times 2 \times 8$) al combinar dos niveles de humedad con los dos hábitos de crecimiento y las ocho variedades. Éstos se distribuyeron en un arreglo jerárquico con tres repeticiones, en el que las parcelas grandes alojaron los niveles de humedad (S_0 y S_1); las medianas los hábitos de crecimiento (rastrero y erecto) y dentro de cada hábito se anidaron los 8 genotipos (Cuadro 1).

La parcela experimental consistió de un surco de 10 matas espaciadas a 45 y 30 cm para variedades rastreras y erectas, respectivamente. Los surcos estuvieron separados 85 cm uno del otro. La siembra se efectuó manualmente el día 22 de marzo de 1999, con un riego de presiembra. Posteriormente se aplicaron dos riegos de auxilio al tratamiento sin restricciones de humedad (S_0), los días 25 de abril (prefloración) y el 31 de mayo (llenado de vaina). El día 11 de junio, la lluvia uniformó la humedad del lote experimental, por lo que el tratamiento de sequía (S_1) duró los primeros 79 días, es decir, hasta la etapa de crecimiento de vaina.

En una muestra de cinco plantas con competencia completa, se midieron los 22 caracteres siguientes: número de ramas centrales (NRC), porcentaje de floración a los 42

días después de la siembra (PFC), número de ginóforos que no penetraron (NUG), color de planta (COP), cobertura del follaje (COF), intensidad del color verde de la hoja (ICV) o clorosis, altura de planta (ALP), longitud y ancho de folíolos (LOF, ANF), peso de materia seca por planta (PMS), índice de cosecha (IC), rendimiento de vaina seca por planta (PVS), número de semillas por vaina (NSV), número de vainas inmaduras y maduras (NVI, NVM), longitud de vaina (LOV), relación almendra-pericarpio (RAP), número de semillas producidas por planta (NSC), número de semillas maduras e inmaduras por planta (NSM, NSI), peso de semilla por planta (PES) y peso de cien semillas (PCS). Algunas variables como floración, color y cobertura del follaje se calificaron durante la etapa vegetativa, el resto, después de la cosecha.

De cada variable se hizo un análisis de varianza y la respectiva prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$). Para el análisis de la resistencia a sequía se aplicó el modelo uno de Muñoz (1992). Se calcularon las frecuencias genéticas genéricas y específicas, de acuerdo con la metodología de Quispe *et al.* (1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra la significancia de las variables analizadas dentro de cada factor de variación.

Niveles de sequía

En comparación con el tratamiento de riego (S_0) el efecto de la sequía (S_1) se tradujo en un incremento en el número de ginóforos sin penetrar al suelo (NUG), mayor intensidad del color verde (ICV), mayor número de vainas inmaduras (NVI), aumento del peso de semilla por planta (PES) y en reducción de la altura de planta (Variable A; Cuadro 3).

El tratamiento S_1 sólo duró hasta los 79 días (Figura 2), período en el cual las diferencias de humedad no fueron

CUADRO 1. Variedades sembradas en el ensayo de cacahuete bajo riego-sequía. Mazatepec Morelos, México. 1999.

Hábito rastrero	Hábito erecto
Col.68 Gto. (1) ²	Col. 1549 (1)
Florida Gigante (2)	Col.1525 (2)
Col.1383 (3)	Col. 51 Mor. (3)
Col.1535 (4)	Georgia 119-20 (4)
Col. 1 Gro. (5)	Bachimba 74 (5)
Col. 45 Mor. (6)	Criollo 3 granos Nay.(6)
Col. 7 Gro. (7)	Col.1522 (7)
RF-214 (8)	Col.1524 (8)

²Los números entre paréntesis se usan en la Figura 4.

CUADRO 2. Valores de F calculada para niveles de humedad (S), hábitos (H), variedades dentro de hábito V(H), interacción SxH e interacción de SxV(H) en el experimento de riego-sequía de cacahuete. Mazatepec, Morelos, México. 1999.

Variables	Fuentes de variación				
	S	H	SxH	V(H)	SxV(H)
NRC	0.15 ^{NS}	34.33**	2.12 ^{NS}	10.62**	1.40 ^{NS}
NUG	575.64**	12.09**	6.12(*)	2.53**	1.10 ^{NS}
NVM	5.09 ^{NS}	35.67**	16.20**	3.36**	1.14 ^{NS}
NVI	420.35**	47.66**	5.59**	0.88 ^{NS}	1.00 ^{NS}
PMS	0.54 ^{NS}	9.41*	5.97 ^{NS}	2.39**	1.39 ^{NS}
LOV	3.78 ^{NS}	18.87**	0.82 ^{NS}	7.73**	0.73 ^{NS}
PVS	8.24 ^{NS}	42.61**	22.80**	3.12**	1.24 ^{NS}
PES	16.58*	40.19**	14.67**	2.74**	0.95 ^{NS}
NSM	7.25 ^{NS}	92.38**	22.00**	2.50**	0.90 ^{NS}
NSI	10.41 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.42 ^{NS}	3.06**	0.86 ^{NS}
PCS	1.30 ^{NS}	7.85*	0.50 ^{NS}	10.63**	1.68 ^{NS}
PFC	7.14 ^{NS}	0.69 ^{NS}	0.41 ^{NS}	4.77**	5.44**
COP	3.00 ^{NS}	16.56**	0.58 ^{NS}	25.03**	1.16 ^{NS}
COF	1.72 ^{NS}	22.43**	3.94 ^{NS}	0.77 ^{NS}	0.81 ^{NS}
ICV	17.81*	22.78**	30.03**	2.22**	30.03**
ALP	41.36**	56.20**	0.04 ^{NS}	4.70**	0.82 ^{NS}
LOF	3.25 ^{NS}	27.59**	1.45 ^{NS}	17.49**	2.31**
ANF	5.97 ^{NS}	61.64**	1.17 ^{NS}	17.09**	0.80 ^{NS}
NSC	9.01 ^{NS}	13.59**	5.61 ^{NS}	3.26**	0.93 ^{NS}
NSV	7.04 ^{NS}	7.06*	4.56 ^{NS}	0.69 ^{NS}	0.46 ^{NS}
IC	10.53 ^{NS}	3.51 ^{NS}	1.84 ^{NS}	1.00 ^{NS}	0.63 ^{NS}
RAP	0.87 ^{NS}	5.77 ^{NS}	0.50 ^{NS}	1.55 ^{NS}	0.57 ^{NS}
GL	1	1	1	14	14

ns; *, **; no significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.
G.L.: grados de libertad.

muy contrastantes con respecto al nivel S_0 ; sin embargo, ello provocó diferencias morfológicas y de acumulación de materia seca en S_1 en los dos grupos de variedades. Cuando la humedad se igualó, por efecto de la lluvia que ocurrió a los 81 días, los frutos estaban entre las etapas R3 y R4 (Boote, 1982), es decir, de los inicios de formación de vainas a la de llenado completo de éstas. Por lo tanto, todas las variedades no sufrieron por falta de agua en la fase de crecimiento de la semilla (R5-R6; Boote, 1982), así que las diferencias no significativas entre niveles de humedad en rendimiento de vaina seca (Cuadro 3) se deben atribuir más a la reducción en el número de éstas, quizá por fallas en la penetración de los ginóforos, debido a la dureza del suelo, que a fallas en el crecimiento de las semillas. Éstas debieron de llenar las vainas bajo condiciones no limitantes de humedad, como lo ilustra el tamaño de semilla igual (peso de cien semillas) en ambos niveles de humedad (Cuadro 3).

Hábitos de crecimiento

Las variedades de hábito rastrero, con relación a las

CUADRO 3. Promedios de caracteres entre niveles de humedad (A) y entre hábitos de crecimiento (B) de cacahuete sometidos a riego-sequía.

Variable (A)	Niveles de humedad	
	Humedad adecuada (S_0)	Humedad deficiente (S_1)
Número de ginóforos	28.0 b ^z	37.0 a
Intensidad color verde	0.1 b	1.1 a
Altura de planta (cm)	36.0 a	28.0 b
Número de vainas inmaduras	13.0 b	27.0 a
Peso de semilla (g-planta ⁻¹)	19.6 b	25.7 a
Variable (B)	Hábito de crecimiento	
	Rastrero	Erecto
Número de ramas centrales	33 a	27 b
Número de ginóforos	37 a	28 b
Número de vainas maduras	47 a	33 b
Número de vainas inmaduras	27 a	14 b
Longitud de vaina (cm)	3.5 b	3.8 a
Peso de vaina seca (g-planta ⁻¹)	43.8 a	33.9 b
Número de semillas maduras	51 a	38 b
Peso de semilla (g-planta ⁻¹)	26.7 a	18.6 b
Peso de cien semillas (g)	47.9 a	42.0 b
Cobertura de planta (escala)	1.3 a	1.1 b
Color del follaje (escala)	1.2 b	1.8 a
Intensidad del color verde (escala)	0.9 a	0.3 b
Altura de planta (cm)	27.7 b	36.1 a
Longitud de foliolo (cm)	5.4 b	6.5 a
Anchura de foliolo (cm)	2.3 b	2.7 a
Semillas cosechadas por planta	69 a	56 b
Peso de materia seca (g-planta ⁻¹)	117.2 a	101.1 b

^zValores con la misma letra dentro de las hileras no indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

de hábito erecto, tuvieron un desarrollo más robusto que se reflejó en el número de ramas centrales (NRC) y en el peso de materia seca (PMS), aunque fueron menos pronunciados en altura de planta (ALP), longitud de foliolos (LOF) y longitud de vaina (LOV) (Cuadro 3 B); el desarrollo vegetativo juega un papel muy importante por el uso de los esquilmos para forraje. Los frutos y las variables asociadas a ellos fueron más numerosos y pesados en el hábito rastrero como lo indican las magnitudes de número de ginóforos (NUG), peso de las vainas secas (PVS), número de vainas maduras (NVM), número de vainas inmaduras (NVI), y peso de semillas por planta (Variable B; Cuadro 3); estos caracteres son importantes porque son componentes del rendimiento. De acuerdo con estos datos, las variedades de hábito rastrero están desarrolladas para utilizarse con doble propósito, producción de frutos y producción de forraje. El color de la planta (COP) y de las hojas (ICV) fue más intenso en este tipo de plantas.

Interacción de sequía por hábitos de crecimiento

Esta interacción fue significativa en seis caracteres

(Cuadro 2) y en forma gráfica se ilustra en la Figura 3, donde se aprecia una expresión más pronunciada bajo la condición de sequía (S_1) en las variedades de hábito rastrero, con respecto a las erectas, en número de ginóforos sin penetrar al suelo (NUG), número de vainas maduras (NVM), peso de vaina seca (PVS), peso de semilla por planta (PES), número de semillas maduras (NSM) e intensidad del color verde (ICV). En cuanto a la mayor expresión del peso y número de frutos o de las partes relacionadas con ellos, puede obedecer a una mayor recuperación de la floración después del periodo de sequía asociado al hábito rastrero como lo probó Joaquín (1981, citado por Wong *et al.*, 1983) debido a su mayor plasticidad que se observa en especies de tipo multiflora; al respecto Peña y Muñoz (1988) en frijol de guía (*Phaseolus vulgaris* L.) observaron que después de la sequía recuperaban el número de vainas de manera similar a la condición de riego. Por su parte Pérez (1982, citado por Wong *et al.*, 1983) en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México, detectó en la condición de humedad residual un mayor rendimiento que en la condición de riego; de manera similar, en la región de Salvatierra, Guanajuato, México, en las siembras de principios de marzo en que se da un riego y se espera hasta el establecimiento del temporal, se observa que si se aplica un riego adicional los rendimientos se reducen lo que se atribuye a pudriciones del sistema radical y mayor amarillamiento de las hojas (Comunicación personal, Ing.

Martín López, agosto de 2004). En lo que se refiere al incremento de la intensidad del color verde por efecto de la sequía, típico en leguminosas, se explica por la reacción de estas plantas para enfrentar la sequía, mediante la cual concentran más cloroplastos en las células epidérmicas, debido a la reducción del área foliar (Rosales-Serna *et al.*, 2004). Estas informaciones reflejan que las leguminosas tienen sistemas genéticos de resistencia a sequía específicos con respecto a las gramíneas, en las que de ordinario los tratamientos de sequía típicos producen reducciones en la intensidad de los caracteres (Wong *et al.*, 1983; Quispe, 1994; Derza, 2002). En este trabajo a esta expresión más pronunciada de ciertos caracteres bajo la condición de sequía con respecto a la de riego, se le denominó sobre-resistencia, haciendo un símil con el término sobredominancia usado en genética (Falconer, 1970; Molina, 1992).

Variedades dentro de hábitos

En el Cuadro 4 se han marcado (*) las celdillas de las medias estadísticamente iguales y superiores (datos no mostrados) en los caracteres de cada variedad en que se detectó significancia (Cuadro 2).

En un experimento en que se varían los genotipos y los niveles de sequía, los promedios de variedades ignorando niveles de sequía (Cuadro 4), de acuerdo con Muñoz y Rodríguez (1988), estiman los efectos genéticos genéricos (G) o sean los que se expresan con o sin sequía; de acuerdo con ese principio, tomando las frecuencias de los promedios estadísticamente superiores de cada variedad, en el Cuadro 4 se tiene un índice mediante el cual se pueden detectar las variedades con más efectos G. En función de lo anterior las seis mejores variedades serían la 1, 4, 6, 7, 8 en las rastreras y la 5 de las erectas. Método similar ha sido utilizado en otros trabajos como fue el caso de arroz (Quispe *et al.*, 1994).

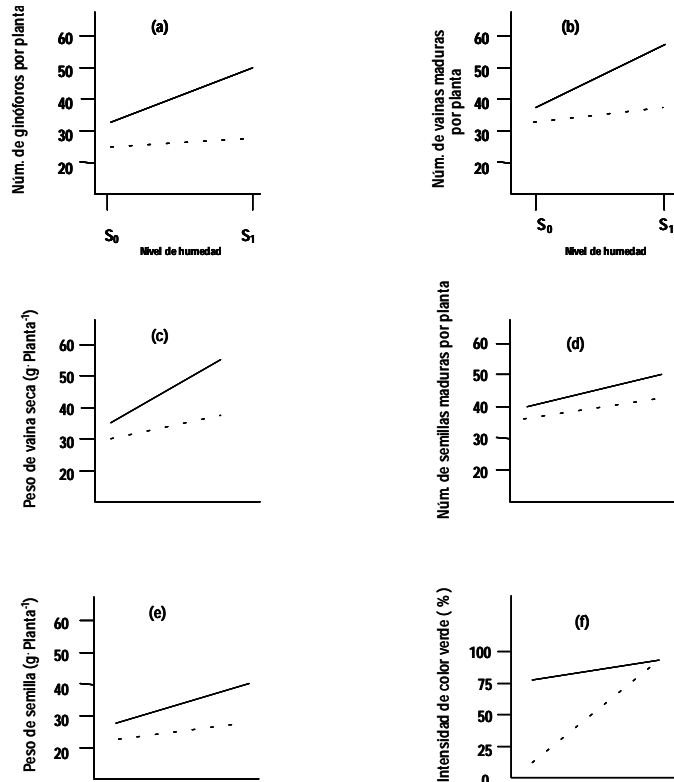


FIGURA 3. Interacción humedad por hábito de crecimiento de plantas de cacahuete en seis variables del experimento riego (S₀ -sequía S₁) en variedades rastreras (—) y erectas (-----). Mazatepec, Morelos, México. 1989.

Interacción de niveles de sequía por variedades dentro de hábitos

Esta interacción se manifestó en días a floración después de la siembra (PFC), intensidad del color verde (ICV) o clorosis y en longitud de folíolos (LOF) (Cuadro 2). La Figura 4 muestra los comportamientos de las variedades para esos caracteres al pasar de la condición de S₀ a S₁, donde se puede apreciar la ausencia del paralelismo en las rectas que representan los comportamientos de las variedades, reflejo de la interacción.

La interacción de las variedades por los niveles de sequía estima efectos genéticos que sólo se expresan con la presencia del déficit hídrico (GxS), por lo que Muñoz y Rodríguez (1988) los denominaron efectos específicos a sequía. Dado que la sobre resistencia aquí detectada es una variante de dichos efectos y puede ser útil desde el límite, cuando un carácter manifieste igual intensidad en

CUADRO 4. Celdillas marcadas con (*) dentro de cada hilera o carácter indican los promedios de las variedades de cacahuete estadísticamente iguales y superiores, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. Se incluye la frecuencia (Frec) de dichos promedios por variedad (Var) y por hábito.

Carácteres	Variedades																Sumas
	Rastreras								Erectas								
	1 ^z	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
NRC	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				12
NUG	*		*	*		*	*	*					*			*	8
NVM	*		*	*		*	*	*					*			*	8
PMS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			14
LOV															*	*	2
PVS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			14
PES	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			14
NSM	*			*		*	*	*				*	*	*			8
NSI	*		*	*		*		*	*	*	*	*	*	*			11
PCS	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*				11
PF	*	*	*	*	*		*	*	*	*			*	*	*		12
COP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				13
ICV	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	14
ALP												*	*	*	*	*	5
LOF														*	*	*	3
ANF	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	14
NSC	*			*		*	*	*	*			*	*	*			9
Frec/Var	14	8	11	13	9	13	13	14	11	10	9	12	15	9	4	7	172
Frec/hábito								95								77	172

^zNúmero de variedad por hábito: **Rastreras** 1, Col 68 Gto; 2, Florida Gigante; 3, Col 1383; 4, Col 1535; 5, Col 1 Gro; 6, Col 45, Mor; 7, Col 7 Gro; 8, RF-214. **Erectas** 1, Col 1549; 2, Col 1525; 3, Col 51 Mor; 4, G 119-20; 5, Bachimba 74; 6, Cr 3 granos Nay; 7, Col 1522; 8, Col 1524.

S_1 que en S_0 ($S_1 - S_0 = 0$) hasta valores positivos más allá de ese límite, se determinó la frecuencia de casos en que las diferencias de $S_1 - S_0$ fueron igual a cero o mayores (datos no mostrados), en las variables que presentaron sobre resistencia en la interacción niveles de sequía por hábitos de crecimiento. Dichas frecuencias se consignan en el Cuadro 5 columna denominada Componente GxS. Se aprecia que las variedades de hábito rastrero tuvieron mayor frecuencia de efectos específicos a sequía que las erectas, lo que es congruente con los datos del Cuadro 3 B. Sumando estas frecuencias para cada variedad con las de G consignadas en el Cuadro 4, se obtiene el total del Cuadro 5 para cada variedad que explica la superioridad de las variedades rastreras en términos de frecuencias G y GxS. Las cinco más sobresalientes fueron Col.-68 Gto., Col.-1535, Col.-45 Mor., Col.-7 Gro. y Bachimba-74.

La interacción nivel de humedad por variedad dentro de hábito se detectó en las variables PFC, ICV (clorosis), y LOF (Cuadro 2 y Figura 4). La floración a los 42 días (PFC) fue mayor bajo S_0 en todas las variedades, aunque dentro de las erectas la variedad 3 (Col.-51 Mor.), adelantó ligeramente la floración bajo condiciones de sequía. Al respecto, debe señalarse que las variedades de cacahuete erecto (tipo Español y Valencia) son más precoces que las rastreras, tanto para iniciar la floración, como en su ciclo biológico (Boote, 1982), sin embargo, en este estudio, ambos tipos se mostraron muy tardías, independientemente de la condición de humedad. Lo anterior pudo deberse al

CUADRO 5. Frecuencias conjuntas de los componentes de resistencia (G+GxS) de las variedades de cacahuete estudiadas. Mazatepec Morelos, México. 1999.

Rastreras	Componentes del modelo uno y total		
	Componente G	Componente GxS	Total
Col.-68 Gto.	14	6	20
Florida Gigante	8	6	14
Col.-1383	11	6	17
Col.-1535	13	6	19
Col.-1 Gro.	9	6	15
Col.-45 Mor.	13	6	19
Col.-7 Gro.	13	6	19
RF- 214	14	2	16
Suma	95	44	139
Erectas	Componente G	Componente GxS	Total
Col.-1549	11	2	13
Col.-1525	10	6	16
Col.-51 Mor.	9	5	14
Georgia 119-20	12	3	15
Bachimba 74	15	6	21
Col.-3G Nay.	9	1	10
Col.-1522	4	6	10
Col.-1524	7	6	13
Suma	77	35	112

efecto de las temperaturas relativamente bajas prevalecientes durante los meses de marzo y abril (Figura 1), en la etapa vegetativa de las plantas.

La interacción para longitud de folíolos hizo patente que las condiciones de sequía perjudicaron ligeramente la expresión de este carácter en las variedades rastreras y que las erectas mantuvieron notoriamente la LOF, es decir, no redujeron su longitud. Puede verse también (Figura 4 c), que las variedades erectas poseen folíolos de mayor tamaño y fueron menos sensibles a los cambios de humedad, pues mantuvieron su tamaño al pasar de una condición favorable de humedad, a una desfavorable. Se sabe que la reducción del tamaño de hoja es un mecanismo de resistencia a la sequía (Parsons, 1987), lo cual indicaría que las variedades rastreras, que lograron reducir su tamaño de hoja, de por sí ya más pequeño genéticamente que el de las erectas, deben ser más tolerantes que éstas a los déficits de agua. Williams *et al.* (1986), informaron que en la India las variedades mejor adaptadas a condiciones de precipitación errática son las de hábito erecto, que tienen la capacidad de evadir la sequía, por ser más precoces. Los resultados de Joaquín (1981, citados por Wong, 1983) indican que para las condiciones de temporal del sur de México (área de la Mixteca poblana) las variedades rastreras se comportan mejor que las erectas, por exhibir una mayor plasticidad de la floración. No obstante en la producción de vaina, ambos tipos de variedades no se diferencian claramente, ya que no se puede generalizar la superioridad de un tipo de variedades sobre el otro. Hernández y Muñoz (1990) indicaron que para la región Mixteca del sur de México, las variedades rastreras han sido sobresalientes en rendimiento, no obstante los bajos niveles de precipitación observados.

En el Cuadro 5 se concentran las frecuencias conjuntas de los componentes de resistencia a la sequía (G + GxS) de las 16 variedades de cacahuete estudiadas. Las mejores variedades rastreras, que acumularon mayor cantidad de atributos, el rendimiento entre otros, de ambos componentes de resistencia fueron: Col.- 68 Gto., Col.- 1535, Col.- 45 Mor. y Col.- 7 Gro., con 19 o 20 atributos favorables. Las de menor resistencia fueron Florida Gigante y Col.- 1 Gro., la primera proveniente del sureste de Estados Unidos de Norteamérica y la segunda cultivada en una región montañosa entre los estados de Morelos y Guerrero donde la lluvia no es limitante.

Entre las variedades erectas la única que destacó al mismo nivel o más que las rastreras fue Bachimba 74. Esto es coherente con el hecho de que esta variedad fue liberada por el INIA (Álvarez, 1978) para su siembra en el estado de Chihuahua, México, donde se siembra bajo el sistema de punta de riego y después recibe lluvia escasa. La variedad Col.- 3G de Nayarit, proveniente de una región subtropical con buena humedad, no presentó buena resistencia. Lo anterior es consistente con los datos de la interacción de niveles de humedad por hábito (Figura 3), pues como se señala, las variedades rastreras, al menos en las variables consignadas, mostraron una mayor sobre tolerancia a la sequía que las erectas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se llegó a las conclusiones siguientes:

En la condición de sequía moderada se evidenció que las variedades rastreras se comportaron mejor que las erectas. Las diferencias entre los hábitos de crecimiento, indican que las variedades rastreras mostraron mayor vigor que las variedades erectas. Se hizo evidente que las variedades rastreras son más tolerantes a la sequía que las erectas, tanto en la componente G como en la GxS. Se establece el fenómeno de sobre resistencia del cacahuete a la sequía, ya que en variables relacionadas con el rendimiento, mostró mejor comportamiento y mayores valores bajo sequía moderada que bajo riego. Del grupo de materiales se sugiere seleccionar, para estudios más profundos, a aquellos que acumularon mayor cantidad de atributos que explican tanto la resistencia genética genérica como la específica a la sequía, siempre que se considere al rendimiento como tal.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ G., F. 1978. Cacahuete pp. 219-227. In: Recursos Genéticos Disponibles a México. CERVANTES S., T. (ed.). Sociedad Mexicana de Citogenética. Chapingo, México.
- BILLAZ, R.; OCHS, R. 1961. Stades de sensibilité de l'arachide a la sécheresse. Oleaginoux 6: 605-611.
- BOOTE, K. J. 1982. Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.).

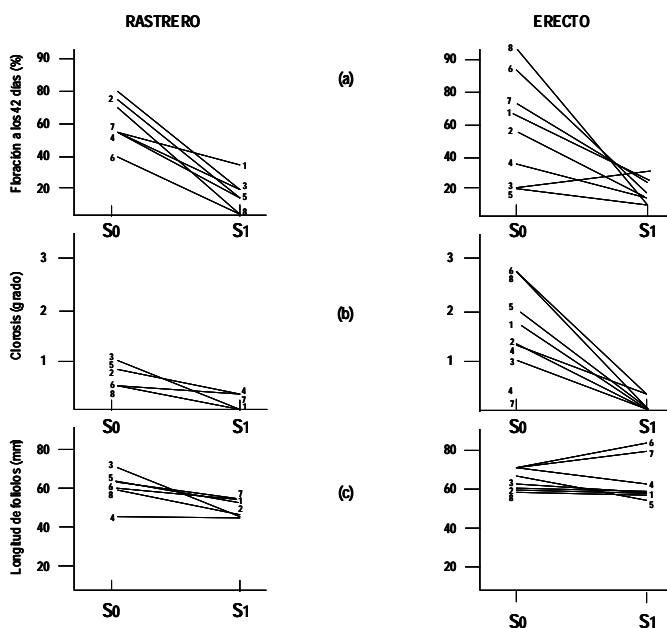


FIGURA 4. Interacción de nivel de humedad por variedad, dentro de hábito de crecimiento en variedades (éstas enumeradas en la figura y descritas en el texto) de cacahuete rastrero y erecto. Mazatepec, Morelos. 1989.

Peanut Sci. 9: 35-40.

- DELÉO R., T. DE J. 1984. Drought resistance mechanisms among peanut genotypes. Ph. D. Dissertation, University of Florida, Gainesville Fla. USA. 112 p.
- DERZA G., B. 2002. Variación en resistencia a sequía y tolerancia a altas temperaturas en trigo. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Programa de Genética. IREGEP. Montecillo, Estado de México. 148 p.
- FALCONER, D., S. 1970. Introducción a la Genética Cuantitativa. Ed. CECSA, Primera edición en español. D. F., México. 430 p.
- GARCÍA, E. 1983. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, con Adaptaciones a la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 159 p.
- GAUTREAU, J. 1966. Varietal research on resistance of groundnut to drought. II. Test on growth rate (TCR) and resistance to heat (TRC). *Oleaginoux* 21: 741-745.
- HERNÁNDEZ S., J. H.; MUÑOZ O., A. 1990. Selección de variedades de cacahuete e interacción con sequía en la Mixteca Baja. pp. 110. *In: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética*. 3-7 de septiembre de 1990. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
- MAY, L., H.; MILTHORPE, F. L. 1962. Drought resistance of crop plants. *Field Crops Abstr.* 15: 171-179.
- MOLINA G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa. AGT Editor, S. A. Primera edición. D. F., México. 349 p.
- MUÑOZ O., A.; RODRÍGUEZ O., J. L. 1988. Models to evaluate drought resistance. pp. 741-743. *In: Proceedings of International Conf. on Dryland Farming*. Amarillo/Bushland, Texas. USA.
- MUÑOZ O., A. 1992. Modelo uno o de interacción genotipo por niveles de sequía y resistencia a factores adversos. pp. 261-266. *In: Memoria del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal*. 22-27 de marzo de 1992. Sociedad Mexicana de Fitogenética, Guadalajara Jalisco, México.
- MUÑOZ O., A. 2003. Conceptos básicos de resistencia a sequía. pp. 8. *In: Proceedings XIth International Conference on Rainwater Catchment Systems*. Celebrado en el Colegio de Postgraduados del 25 al 29 de agosto de 2003. Versión CD. 8 p.
- NAGESWARA, R. R.; SINGH, C. S.; SIVAKUMAR, M. V. K.; SRIVASTAVA, K. R.; WILLIAMS, J.H. 1985. Effects of water deficits at different growth phases of peanut. I. Yield responses. *Agron. J.* 77(5): 782-786.
- PARSONS, R., L. 1987. Respuesta de la planta a la deficiencia de agua, pp 211-232. *In Mejoramiento de las Plantas en Ambientes poco Favorables*. CHRISTIANSEN, M. N.; LEWIS, Ch. F. (Comps.). Traducción de CASTRO RIVERA F. J. Ed. Limusa, Primera edición, D.F., México.
- ONO, Y. K.; NAKAYAMA, K.; KUBOTA, M. 1974. Effects of soil temperature and soil moisture in podding zone on pod development of peanut plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.* 43: 247-251.
- PEÑA R., A.; MUÑOZ O., A. 1988. Respuesta de tres especies cultivadas a condiciones deficientes de humedad edáfica. *Agrociencia* 74: 231-243.
- QUISPE S., M.; MUÑOZ O., A.; VELÁZQUEZ M., J.; MARTÍNEZ G., A. 1994. Selección de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.). *Agrociencia* 5(2): 79-90.
- ROSALES S., R.; KOHASHI S., J.; ACOSTA G., J. A.; TREJO-LÓPEZ, C.; ORTIZ-CERECERES, J.; KELLY, J. M. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crop Research* 85: 203-211.
- VEIHMEYER, F.; HENDRICKSON, A. H. 1950. Soil moisture in relation to plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1: 285-304.
- WILLIAMS, J. W.; NAGESWARA RAO, R.C.; MATHEWS, R.; HARRIS, D. 1986. Response of groundnuts genotypes to drought. *Proceedings of the Second Regional Workshop for Southern África*. International Crop Research Institute for Semi-arid Tropics, Sahelian Center. Malawi. 231 p.
- WONG R., R.; MUÑOZ O., A.; MENDOZA O., L. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas, reproductivas y de eficiencia en variedades de sorgo. *Agrociencia* 51: 101-114.