

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO EN SEMILLA DE 11 GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.) EN SANTA FE DE ANTIOQUIA

Carlos Escobar Soto¹ y Orlando Bustamante Betancur²

RESUMEN

*Dese 1983 se vienen realizando investigaciones sobre el comportamiento agronómico del maní (*Arachis hypogaea* L.) en el Centro Agropecuario Cotové, propiedad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T).*

Este trabajo se planeó con el objetivo de estudiar la estabilidad del rendimiento en semilla de 11 genotipos identificados como promisorios para esa zona. Estos genotipos se sembraron durante seis épocas diferentes y se registró el rendimiento de maní en semilla. En cada época los genotipos se dispusieron de acuerdo con el diseño de bloques completos al azar. Para el estudio de la estabilidad del rendimiento se empleó el modelo propuesto por Eberhart y Russell.

De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que el genotipo Tatuí 76 SMICA es el que reúne las condiciones tanto de estabilidad como de calidad de semilla para ser sembrado en dicho Centro.

Palabras clave: maní, estabilidad fenotípica, *Arachis hypogaea* L.

¹ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Apartado 568.

² Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 568.

ABSTRACT

SEED YIELD STABILITY OF 11 PEA-NUT (*Arachis hypogaea* L.) GENOTYPES IN SANTA FE DE ANTIOQUIA

Since 1983 at the Agricultural Research Center, named «Cotové», has been initiated studies on pea-nut (*Arachis hypogaea* L.). This research center is located in Santa fé de Antioquia (north west zone of Antioquia Department). It is a tropical dry forest, property of the Universidad Nacional de Colombia in Medellín.

The objective of this work was to determine the seed yield stability of 11 pea-nut promissory genotypes. The genotypes were planted during six different times under the randomized complete-blok design and the yield seed was registered. To determine the seed yield stability the Eberhat and Russell model was used.

From the results we strongly recomend the Tatuí 76 SMICA for harvest in the «Cotové» Agricultural Research Center.

Key words: *pea-nut, phenotypic stability, Arachis hypogaea* L.

INTRODUCCION

Desde 1983 en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, se iniciaron estudios relacionados con el cultivo del maní (*Arachis hypogaea* L.). Como resultado de estos estudios iniciales se contó con 11 genotipos de diverso origen y base genética que mostraron comportamientos aceptables en el Centro Agropecuario Cotové. Por lo anterior, estos genotipos se sembraron durante seis épocas diferentes y se observó su comportamiento agronómico.

Una de las metas que se proponen en los programas de mejoramiento es la búsqueda (o formación) de genotipos que no interactúen o lo hagan poco con el ambiente, o sea,

que manifiesten adaptación a ambientes con condiciones diferentes.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la estabilidad fenotípica de 11 genotipos de maní mediante la técnica propuesta por Eberhart y Russell (1968).

REVISION DE LITERATURA

Por estabilidad del rendimiento de un genotipo se entiende la repetibilidad o consistencia de dicho rendimiento en diferentes épocas de siembra, es decir, que un genotipo estable, hasta cierto punto es insensible a los cambios del ambiente que se dan de un semestre a otro.

Por ambiente se considera la

Estabilidad del rendimiento en semilla de 11 genotipos de...

suma total de todas las condiciones externas que afectan el crecimiento y desarrollo de un individuo, o de los componentes de una población, ejemplos: épocas, localidades, tipos de suelo, temperatura, precipitación, fertilidad, etc.

El fenotipo es la apariencia de un individuo como consecuencia de su genotipo, más la influencia de las condiciones ambientales sobre su genotipo. El rendimiento, la altura de planta son, por supuesto manifestaciones fenotípicas.

La estabilidad no implica una constancia general del fenotipo en diferentes ambientes. Implica estabilidad en aquellos aspectos del fenotipo, especialmente el rendimiento y la calidad, que son de importancia económica. Así, los genotipos fenotípicamente estables pueden serlo para características agrícolas importantes, pero no necesariamente para todas las que constituyen el fenotipo.

La variabilidad genética comprende las diferencias existentes entre y dentro de los genotipos que conforman una población. Así, una población de línea pura tendrá menos diversidad genética que la formada por un híbrido sencillo y éste a la vez será menos variable que la formada por un híbrido triple, doble o una variedad sintética, etc. Hay evidencias de que los genotipos

mezclados pueden rendir mejor y más consistentemente que aquellos en los que se mantiene la variabilidad al mínimo, como las líneas puras. En general, las poblaciones genéticamente diversas son más estables y consistentes en su comportamiento que las poblaciones uniformes (Allard, 1961; Clay and Allard, 1969; Erskine, 1977).

Se han propuesto diversos procedimientos para determinar la estabilidad fenotípica; todos ellos contemplan la evaluación de todos los genotipos en ambientes con condiciones diferentes. Entre estos se ha propuesto que la estabilidad de los fenotipos se puede identificar mediante la comparación del comportamiento de los genotipos y de la ubicación de ellos en una escala de mayor a menor comportamiento en cada uno de los ambientes en que se evalúan. El rango promedio es un índice de estabilidad: el menor promedio corresponde a la población más estable y viceversa.

Otra indicación de la capacidad de las poblaciones para mantener constante el rendimiento en diferentes ambientes se obtiene mediante la comparación de los cuadrados medios, cada uno con $n-1$ grados de libertad [(repetición x localidad x año) - 1] de cada una de las poblaciones bajo estudio. La interacción genotipo

por ambiente es una fuente de variación que refleja la mayor o menor adaptación de poblaciones a determinados ambientes. De manera que el comportamiento de una variedad en diversos medios ecológicos es una función de su estabilidad.

En la literatura se encuentran diferentes modelos para estimar la estabilidad fenotípica basados en el análisis de la varianza; entre estos se encuentran el propuesto por Plaisted (1959) que contempla la realización de análisis de varianza en cada uno de los ambientes, continuando con un análisis combinado de todos los ambientes con el fin de auscultar la significancia para la interacción genotipo por ambiente; si esta se da, se continúa con análisis de varianza combinados omitiendo cada vez un genotipo en los que se estima el componente de interacción $\sigma^2_{g \times e}$; cuanto mayor sea la magnitud de $\sigma^2_{g \times e}$, menor será la contribución del genotipo omitido a la interacción total y por lo tanto, mayor será su estabilidad.

Otro modelo es el propuesto por Baker (1969), quien propone que la estabilidad de un genotipo es inversamente proporcional a la magnitud de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x ambiente atribuible a cada genotipo. El procedimiento contempla la realización de un análisis de varianza

de acuerdo con la técnica propuesta por Comstock y Moll (1963). A partir de este análisis de varianza, se hace una subdivisión de las sumas de cuadrados de las interacciones que resulten significativas. Baker fracciona la suma de cuadrados de la interacción genotipo por ambiente, con $(g-1)(e-1)$ grados de libertad, en porciones asociadas con cada genotipo con $g(e-1)$ grados de libertad.

Varios autores han empleado técnicas de regresión para medir la estabilidad de las poblaciones. Entre estos se pueden mencionar los modelos de Finlay y Wilkinson (1963) quienes usando una escala logarítmica obtuvieron la regresión lineal del rendimiento promedio de cada genotipo en cada sitio y época sobre el rendimiento promedio de todos los genotipos para cada sitio y época. El coeficiente de regresión así calculado se usó para medir la adaptación varietal.

Freeman y Perkins (1971), contemplan la descomposición ortogonal de las sumas de cuadrados de los ambientes en una porción atribuible a la regresión combinada de todos los genotipos y un residuo. La heterogeneidad de las regresiones está asociada con las diferencias de las líneas individuales de regresión de los diferentes genotipos en relación con la línea combinada de regresión.

El término heterogeneidad de la regresión y su residuo pueden probarse, ambos contra el error experimental, para determinar si las diferencias observadas entre los genotipos se deben, parcial o totalmente, a efectos lineales de los ambientes. Si las regresiones son heterogéneas, las pendientes de las líneas de cualquier par de genotipos se pueden comparar con una prueba de t.

Eberhart y Russell (1966) propusieron un modelo basado en la técnica de regresión y consideraron dos parámetros empíricos: la pendiente de la línea de regresión (b_i) y las desviaciones de la línea de regresión ($S_{d_i}^2$).

El modelo propuesto es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} \quad \text{donde:}$$

Y_{ij} = promedio del genotipo i en el ambiente j,

μ_i = promedio del genotipo i en todos los ambientes,

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta del genotipo i al variar los ambientes,

I_j = índice ambiental del ambiente j-ésimo, que se calcula como la desviación del promedio de

los genotipos en un ambiente dado a partir del promedio general.

δ_{ij} = desviación de la regresión.

$$I_j = (\sum Y_{ij}/g) - Y../ge \quad ; \quad \sum I_j = 0$$

$$b_i = \sum Y_{ij} I_j / \sum I_j^2$$

$$S_{d_i}^2 = \sum \delta_{ij}^2 / (n-2)$$

$$\sum_j \delta_{ij}^2 = 1 \sum_j Y_{ij}^2 - Y_i^2/n - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$$

De acuerdo con los autores, un genotipo estable es aquel para el cual se obtiene un coeficiente de regresión igual a la unidad ($b_i = 1$) y una mínima desviación de la línea de regresión ($S_{d_i}^2 = 0$). Valores del coeficiente b_i mayores que la unidad, indican que el correspondiente genotipo responde bien a ambientes favorables, pero su comportamiento es pobre en ambientes desfavorables. Por el contrario, si el valor de b_i es menor que la unidad, indica que tal genotipo se comporta bien en ambientes desfavorables.

La interpretación de los estadísticos de estabilidad de Eberhart y Russell es como se indica a continuación:

$b_i = 1$ Estabilidad media. Asociado con rendimientos altos:

adaptabilidad general;
rendimientos bajos: pobre
adaptabilidad.

$b_i > 1$ Genotipos sensibles.
Adaptación a ambientes
favorables.

$b_i < 1$ Resistencia a cambios
ambientales. Adaptación a
malos ambientes.

$b_i = 0$ Estabilidad absoluta. Asociado
con rendimientos altos:
genotipo ideal.

$S_{d_i}^2 = 0$ Buena estabilidad.

$S_{d_i}^2 > 0$ Mala estabilidad

Para Carballo y Márquez (1970), el
genotipo deseable es aquel que,
además de los parámetros de
estabilidad $b_i = 1$ y $S_{d_i}^2 = 0$, presenta
alto rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el
Centro Agropecuario «Cotové»,
propiedad de la Facultad de Ciencias
Agropecuarias de la Universidad
Nacional de Colombia, Sede
Medellín, localizado en el municipio
de Santafé de Antioquia, latitud norte
6° 33' 32", longitud oeste 1° 44' 43",
en el meridiano 75, a 550 msnm,
precipitación promedio anual de
1006,3 mm, temperatura promedio

26,6°C, 77% de humedad relativa y
distante 2 kilómetros del área urbana
del municipio, en la Vereda El
Espinal. Según el sistema de
clasificación de zonas de vida de
Holdridge, el Centro Cotové se
encuentra en la zona de bosque seco
tropical (bs-T) (Espinal, 1990).

Se sembraron y evaluaron
agronómicamente once genotipos de
maní (*Arachis hypogaea* L.) durante
seis épocas diferentes (1991A,
1991B, 1992A, 1992B, 1993A,
1993B y 1994A). Los genotipos
fueron los denominados Taimavé,
Cotovica y Coticana derivados de
semilla sin identificación procedente
del Centro Regional de Investigaciones
Nataima del ICA, llevados al Centro
Cotové desde 1983; Cocové,
derivado de un genotipo llevado a
Cotové en 1986 desde Corinto,
departamento del Cauca; Tatuí 76
SMICA, PI 407454, Icrisat 27
procedentes del Centro de Nataima
y sembrados en Cotové desde 1987
y cuatro genotipos de origen brasilero
(Instituto Agronómico de Campinas)
IAC Oirá, IAC Poitará, IAC Tupá y
Tatú Vermelho, sembrados en Cotové
desde 1989. Los genotipos Tatú
Vermelho, IAC Poitará, IAC Tupá y
Coticana presentan semilla roja y el
resto semilla rosada. Desde el punto
de vista de la conformación de la
semilla, los genotipos Tatuí 76
SMICA, Tatú Vermelho, IAC Oirá,

IAC Tupá, Taimavé, y Cocové presentan semilla de tamaño uniforme y sin aristas; el resto, de tamaño irregular y con aristas (Bustamante y Escobar, 1996).

Se empleó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental efectiva estuvo constituida por dos surcos de 7,5 metros de longitud, separados 0,60 metros y las semillas 0,15 metros entre ellas, con una población ideal de 100 plantas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En cada época, los rendimientos en semilla por parcela se ajustaron por el número de plantas cosechadas y se expresaron con 8% de humedad constante. En la Tabla 1 se presentan los rendimientos promedio de los once genotipos en cada una de las épocas y los correspondientes índices ambientales, así como la significancia entre los promedios de los genotipos, realizada mediante la prueba de los rangos múltiples de Duncan.

En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de regresión lineal, las desviaciones de la regresión, los coeficientes de determinación y rendimientos en kilogramos por hectárea asociados con cada uno de los genotipos estudiados. Todos los modelos de regresión fueron

significativos.

Los valores de los coeficientes de regresión (b_i) fueron positivos y flucturaron entre 0,545977 (Coticana) y 1,465700 (Cotovica) (Tabla 2). No se detectó diferencia estadística entre los coeficientes de regresión; además, con excepción del genotipo IAC Poitará, todos los coeficientes de regresión fueron iguales a la unidad, como se aprecia en la Tabla 3, donde se presentan sus intervalos de confianza (95%).

Las desviaciones de la regresión ($S^2_{d_i}$) variaron desde 11.016,3 (Icrisat 27) hasta 92.557,0 (PI 407454). El genotipo con mayor rendimiento absoluto en maní semilla fue PI 407454 (1868,08 kg/ha) y el de menor rendimiento absoluto fue Coticana (897,16 kg/ha). Es de apreciar la buena explicación de la variabilidad del rendimiento debido a las variaciones ambientales (épocas), según lo indican los altos valores estimados para el coeficiente de determinación (Tabla 2).

Teniendo en cuenta los resultados absolutos, se encontró que el genotipo que presentó mayor estabilidad del rendimiento en semilla fue el IAC Poitará, sin embargo, presentó el segundo peor rendimiento.

TABLA 1. Rendimiento promedio de semilla corregido al 8% de humedad (g/parcela) de los 11 genotipos de mani estudiados, ajustado por el número de plantas cosechadas por parcela, en cada una de las seis épocas.

	Epoca 1	Epoca 2	Epoca 3	Epoca 4	Epoca 5	Epoca 6	Totales	Promedio *
Icristat 27	653,8557	1426,4820	2121,2629	1769,4010	949,8602	1976,3271	8897,1889	1482,8649 ab
Coticana	310,9456	691,4133	1547,4376	709,3434	694,9776	890,5953	4844,7128	807,4522 d
Taimavé	359,7629	1416,8176	2733,2712	1651,1691	727,4207	2447,0320	9335,4735	1555,9123 a
Cocové	476,7383	1646,8617	1989,0928	2130,3254	905,6222	1849,0236	8997,5640	1499,5940 ab
PI 407454	541,1729	1554,9318	2615,4362	1532,6288	1550,0082	2293,5543	10087,7322	1681,2887 a
Tann 76 SMICA	481,8025	1915,9470	2206,9319	1999,9231	856,8157	2239,0008	9700,4209	1616,7369 a
Cotovica	431,8382	1527,8975	2551,0206	1621,8048	1525,8791	2339,5659	9998,0061	1666,3344 a
IAC Poitará	388,8714	1245,6392	1510,6073	1449,7455	885,4098	1673,6035	7153,8767	1192,3128 c
IAC Tupá	422,4176	1863,6578	1867,8514	1506,8487	1033,9956	1724,5213	8419,2924	1403,2154 abc
IAC Oirá	528,0621	1591,1034	1720,0628	1766,6645	625,9614	1660,5884	7892,4426	1315,4071 bc
Tatu Vermelho	261,2020	1516,0422	1956,7586	1708,3389	834,5392	2091,0889	8367,9698	1394,6617 abc
Totales	4856,6691	16396,6935	22819,7333	17846,1932	10590,4897	21184,99011	93694,6799	15615,7804
Promedio	441,5154	1490,6085	2074,5212	1622,3812	962,7718	1925,9001		1419,6164
Indice ambiental	-98,1	770,99	654,9	202,76	-456,85	506,28		

* Promedios señalados con igual letra no presentan diferencias estadísticas (Duncan 0,05)

TABLA 2. Modelos de regresión de rendimientos por parcela sobre índices ambientales, parámetros de estabilidad, coeficientes de determinación y rendimiento de semilla en kilogramos por hectárea, asociados con los genotipos estudiados

Genotipo	Modelo	b_i	s^2_{di}	R^2	Rendimiento kg/ha
ICRISAT 27	$Y_i = 1482,86 + 0,936518X_i$	0,936518	11016,3	0,974196	1647,46 ab
COTICA	$Y_i = 807,45 + 0,545977X_i$	0,545977	67835,8	0,675722	897,08 d
NATAIMAVE	$Y_i = 1555,91 + 1,465700X_i$	1,465700	62754,0	0,941973	1728,62 a
COCOVE	$Y_i = 1499,59 + 1,005715X_i$	1,005715	65419,0	0,879977	1666,05 ab
PI 407454	$Y_i = 1681,28 + 1,084876X_i$	1,084876	92557,0	0,857751	1867,91 a
TATUI 76 SMICA	$Y_i = 1616,74 + 1,190285X_i$	1,190285	37505,8	0,947126	1796,19 a
COTOVICA	$Y_i = 1666,33 + 1,145620X_i$	1,145620	77826,8	0,888848	1851,30 a
IAC POITARA	$Y_i = 1192,30 + 0,756101X_i$	0,756101	14357,5	0,949736	1324,66 c
IAC TUPA	$Y_i = 1403,21 + 0,869183X_i$	0,869183	51789,9	0,873695	1558,97 abc
IAC OIRA	$Y_i = 1315,40 + 0,862468X_i$	0,862468	61712,7	0,851096	1462,42 bc
TATU VERMELHO	$Y_i = 1394,66 + 1,137435X_i$	1,137435	14642,6	0,976689	1549,47 abc

Situación similar se observó con Coticana, IAC Oirá e IAC Tupá ya que manifestaron adecuada estabilidad absoluta pero con bajos rendimientos. El genotipo Taimavé fue el de menor estabilidad del rendimiento en semilla; Tatú Vermelho manifestó inestabilidad con rendimiento bajo.

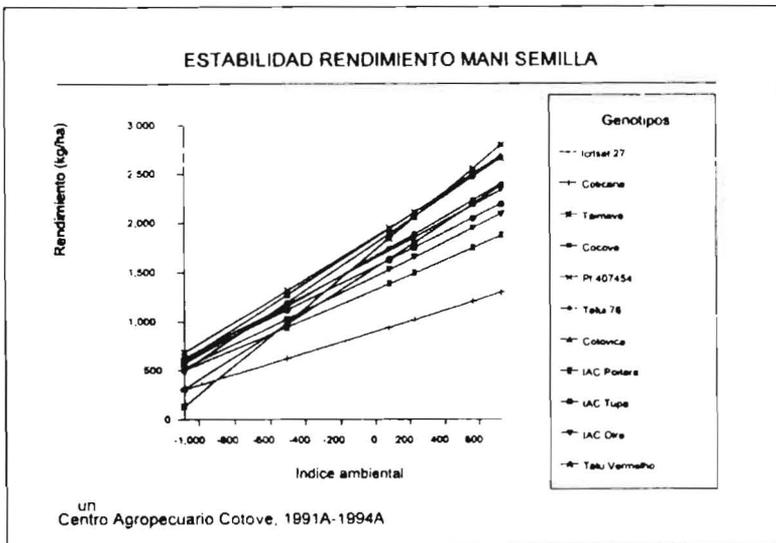
Los genotipos PI 407454, Cotovica y Tatuí 76 SMICA presentaron estabilidad media con los mayores rendimientos superando en la mayoría de los ambientes al resto de genotipos. Estos tres genotipos

presentan semilla rosada y sólo Tatuí 76 SMICA cuenta con semilla de tamaño uniforme sin aristas, característica que permite separarlo de los otros dos y ubicarlo en posición ventajosa desde el punto de vista comercial.

Haciendo otro análisis, si se considera la igualdad estadística de los coeficientes de regresión con la unidad (Tabla 3) y la falta de significancia para los promedios de los genotipos PI 407454, Cotovica, Tatuí 76 SMICA, Taimavé, Cocové, Icrisat 27, IAC Tupá y Tatú

TABLA 3. Intervalos de confianza (95 %) para los coeficientes de regresión β_1

Genotipo	Límite Inferior	Límite superior
ICRISAT 27	0,58564	1,28741
COTICANA	0,02740	1,07123
TAIMAVÉ	0,96050	1,97092
COCOVÉ	0,48993	1,52153
PI 407454	0,47134	1,69843
TATUI 76 SMICA	0,79976	1,58088
COTOVICA	0,58304	1,70823
IAC POITARÁ	0,51454	0,99768
IAC TUPÁ	0,41026	1,32813
IAC OIRÁ	0,36150	1,36346
TATU VERMELHO	0,89339	1,38150

**FIGURA 1.** Línea de regresión del rendimiento de semilla (kg/ha) sobre el índice ambiental, de los genotipos de maní estudiados.

Vermelho (Tabla 2), no es posible discriminarlos por estos criterios, para ello, es necesario considerar otros aspectos como son las desviaciones de la regresión, color, uniformidad de las semillas y la presencia o no de aristas en las mismas.

Los genotipos que presentan menores desviaciones de la regresión, en su orden, son (Tabla 2): Icrisat 27, IAC Poitará, Tatú Vermelho, Tatuí 76 SMICA y IAC Tupá. De estos, Tatuí 76 SMICA es el que presenta mejores condiciones de calidad de semilla como son coloración rosada, tamaño uniforme y sin aristas.

En la Figura 1 se presentan las líneas de regresión del rendimiento de semilla (kg/ha) sobre el índice ambiental, de cada uno de los genotipos estudiados.

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que Tatuí 76 SMICA es el genotipo más recomendable para sembrarse en el Centro Cotové.

BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R.W. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *En: Crop Science*. Vol.1, No. 1 (1961); p.127-133.
- BAKER, R.J. Genotype-environment interactions in yield of wheat. *En: Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 49, (1969); p.743-751.
- BUSTAMANTE B, Orlando y ESCOBAR S, Carlos. Evaluación del rendimiento de once genotipos de maní en el Centro Agropecuario Cotové. *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. Vol. 49, No.1/2 (1966); p.83-112.
- CARBALLO, A. y MARQUEZ, F. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *En: Agrociencia*. Vol. 5, No. 1 (1970); p.129-146.
- CLAY, R.E. and ALLARD, R.W. A comparison of the performance of homogeneous barley populations. *En: Crop Science*. Vol. 9, No. 2 (1969); p.407-412.
- COMSTOCK, R.E. and MOLL, R.H. Genotype-environment interaction. *En: Statistical Genetics and Plant Breeding*. Washington: National Academy of Sciences, 1963. p.164-196.

- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *En: Crop Science*. Vol. 6, No. 1 (1966); p.36-40.
- ERSKINE, W. Adaptation and competition in mixtures of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). *En: Euphytica*. Vol. 26, No. 1 (1977); p.93-202.
- ESPINAL T, Luis Sigifredo. Zonas de vida de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 1990. 121p.:il.
- FINLAY, K.W. and WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *En: Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 14 (1963); p.742-754.
- FREEMAN, G.H. and PERKINS, J.M. Environmental and genotype-environmental components of variability: VIII relationships between genotypes grown in different environments and measures of this environments. *En: Heredity*. Vol. 27, No. 1 (1971); p.15-23.
- PLAISTED, R.L. and PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *En: American Potato Journal*. Vol. 37 (1959); p.166-172.
- STEEL, and TORRIE, J.H. Bioestadística: principios y procedimientos. 2ed. Bogotá: McGraw Hill, 1985. 622p. ISBN 968-451-495-6.