

# **Identificación de genotipos de caupí con alta capacidad para fijar N<sub>2</sub> a baja disponibilidad de P empleando dos medios de cultivo para el crecimiento de las plantas.**

**Luis A. Gómez<sup>1</sup> y Angélica Martínez<sup>2</sup>.**

**1 Estación Experimental " La Renée". Instituto de Suelos. Quivicán. Provincia Habana.**

**E mail: larenee@ceniai.inf.cu.**

**2. Laboratorio de Agrobiología. Instituto de Suelos. Boyeros. Ciudad de La Habana. E**

**mail: larenee@ceniai.inf.cu.**

## **Resumen.**

En el presente trabajo se compararon los resultados alcanzados durante la identificación de genotipos de caupí (*Vigna unguiculata* L, Walp) con alta capacidad para fijar N<sub>2</sub> del aire a baja disponibilidad de P, en el que las plantas se cultivaron en solución nutritiva y en macetas con suelo y se evaluaron 30 variables fisiológicas. Los resultados mostraron que aun cuando las plantas cultivadas en solución mostraron los valores más altos asociados con la nodulación; pero los más bajos en relación con el crecimiento foliar, comparadas con las cultivadas en suelo, los genotipos con más altos valores de N<sub>2</sub> fijado del aire en el primer medio de cultivo también lo fueron cuando las plantas se cultivaron en suelo, mostrando que a pesar de las diferencias en el comportamiento de las plantas los resultados que se alcanzan en los dos medios de cultivo son comparables.

## **Introducción.**

La identificación y/o selección de genotipos de leguminosa con alta capacidad para fijar  $N_2$  a baja disponibilidad de P es una de las alternativa que permite hacer un manejo más sostenible de los nutrientes en la agricultura; sin embargo, el éxito en este trabajo depende no solo de la identificación de los genotipos más promisorios sino también de que se ponga en claro los mecanismos que desarrolla esta familia de plantas para mejorar la incorporación y el uso del P durante su crecimiento (Vance *et al.*, 2003).

En trabajos anteriores (Gómez *et al.*, 2000, 2002 y 2003 ), se ha podido demostrar que en Cuba existe una amplia variabilidad para fijar  $N_2$  del aire a baja disponibilidad de P entre los genotipos de caupí de uso agrícola, sugiriendo la necesidad de llevar a cabo un trabajo de identificación de los genotipos más promisorios con el objetivo de elevar los niveles de  $N_2$  fijado y los rendimientos del cultivo del caupí en suelo con baja fertilidad.

Para la identificación de genotipos de leguminosa promisorios se emplea el cultivo de planta en solución nutritiva (Vadez *et al.*, 1997; 1999) o en macetas con suelo (Guanawardena *et al.*, 1992, 1993) bajo condiciones controladas y en condiciones de campo (Beebe *et al.*, 1997); sin embargo, el cultivo de plantas bajo estas disimiles condiciones de trabajo puede traer diferencias entre los resultados que se puedan alcanzar (Carfts - Bradner, 1992).

El objetivo del presente trabajo es comparar los resultados alcanzados identificando genotipos de caupí con alta capacidad para fijar  $N_2$  del aire a baja disponibilidad de P, en el que las plantas se han cultivado tanto en solución nutritiva como en macetas con suelo.

## **Materiales y Métodos.**

Para el trabajo se seleccionaron ocho genotipos de caupí (*Vigna unguiculata* L, Walp) los que correspondieron a : Habana 82, Viñales 144 A; Caupí Empresa de Semilla, P 903, Cancarro Holguín, California Blackeyes V, INIFAT 93 e INIFAT 94. Las plantas se cultivaron en la casa de cristal de la Estación Experimental "La Renée" entre los meses de Abril y Junio de 1996. El cultivo de plantas en solución nutritiva se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Drevon *et al.*, 1988 (detalles descritos en Gómez *et al.*, 2000 y 2002) a dos niveles de P diferentes 50 y 250  $\mu M$  planta<sup>-1</sup> semana<sup>-1</sup> y el cultivo de plantas en macetas con suelo con un esquema de trabajo similar al descrito en detalle por Gómez *et al.*, (2000 y 2003), cultivando las plantas con tres niveles de P diferentes (0, 50 y 100 mg de P kg de suelo<sup>-1</sup>). Para el calculo de los niveles de  $N_2$  fijado por las plantas en solución nutritiva se empleó la

metodología reportada por Ribet y Drevon, 1995; mientras que en las plantas cultivadas en macetas con suelo se utilizó el método de dilución isotópica de  $^{15}\text{N}$  (Hardarson, 1990), para lo cual se marcó el suelo con una solución acuosa de sulfato de amonio 10.41 % de  $^{15}\text{N}$  en exceso .

Los detalles referidos a las características químicas del suelo y la composición de la solución, planta de referencia, variables evaluadas, técnicas para el análisis de las plantas y otros pueden observarse en Gómez *et al.*, (2000).

El esquema experimental para el ensayo en solución nutritiva quedó conformado por un factorial de 8 genotipos x 2 niveles de P organizados de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. En el caso del ensayo en macetas se utilizó un factorial de 8 genotipos x 3 niveles de P organizados en bloques al azar con cinco replicas. Las plantas se cortaron a los 48 días de edad y se evaluaron 30 variables. Para la comparación del comportamiento de las plantas en los dos medios de cultivo se empleó el análisis de componentes principales relacionado a variable y genotipo, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 10.

## **Resultados y Discusión.**

El análisis mostró que las dos primeras componentes permitieron explicar el 75 % de la información inicial y por tanto fueron las únicas que se consideraron.

En el Cuadro 1 puede notarse que asociado *positivamente* a la componente 1 se encontraron principalmente las variables relacionadas con la nodulación : a) nitrógeno total acumulado por los nódulos (NT MSN), b) concentración de P en los nódulos (%P MSN), c) eficiencia de uso al P relacionada a nitrógeno en nódulos (EUP (NMSN/%P), d) acumulación de P proporcional en los nódulos (Pro MSN), e) producción de masa seca nodular (MSN) y f) concentración de P en las raíces (%P MSR).

Igualmente relacionadas positivamente a la componente 2 se hallaron las variables: a) Producción de masa seca aérea y nodular (MSA y MSN), b) extracción de N por la parte foliar, nodular y radical (NT MSA, NT MSN y NT MSR respectivamente), c) extracción de P por la parte foliar, radical, y el total extraído por la planta (PT MSA, PT MSR y PT Planta, respectivamente), d) nitrógeno total fijado ( $\text{N}_2$  total fijado) y e) eficiencia de uso al P en los nódulos (EUP (MSN/%P), ( Cuadro 1), aspecto que debe tenerse en cuenta durante la selección de genotipos de caupí con alta capacidad para fijar  $\text{N}_2$  del aire a baja disponibilidad de P.

Cuadro 1. Análisis de componentes principales (2) en ocho genotipos de caupí a diferentes niveles de disponibilidad de P y en dos medios de cultivo (Solución y Suelo) (% de la varianza = 75).

| Variable                            | Componente 1 | Componente 2 |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 1. Masa seca aérea (MSA)            | -0.696       | 0.668        |
| 2. Masa seca nodular (MSN)          | 0.602        | <b>0.744</b> |
| 3. Masa seca radical(MSR)           | -0.595       | 0.579        |
| 4. %Nitrógeno en MSA                | -0.0002      | 0.460        |
| 5. %Nitrógeno en MSN                | -0.895       | -0.137       |
| 6. %Nitrógeno en MSR                | -0.00258     | 0.616        |
| 7. Nitrógeno total en MSA           | -0.661       | 0.724        |
| 8. Nitrógeno total en MSN           | 0.795        | 0.558        |
| 9. Nitrógeno total en MSR           | -0.528       | 0.668        |
| 10.Nitrógeno total en Planta        | -0.576       | <b>0.796</b> |
| 11.% Fósforo(P) en MSA              | 0.594        | 0.592        |
| 12.% Fósforo(P) en MSN              | 0.823        | -0.119       |
| 13.% Fósforo(P) en MSR              | 0.639        | 0.551        |
| 14.P Total MSA                      | -0.199       | <b>0.902</b> |
| 15.P Total MSN                      | 0.761        | 0.592        |
| 16.P total MSR                      | 0.257        | 0.872        |
| 17.P Total Planta                   | -0.00142     | 0.953        |
| 18.Actividad nodular especifica     | -0.552       | -0.166       |
| 19.N <sub>2</sub> total fijado      | -0.00946     | <b>0.819</b> |
| 20.Eficiencia de uso del P(MSA/%P)  | -0.794       | 0.469        |
| 21. Eficiencia de uso del P(MSN/%P) | 0.459        | <b>0.783</b> |
| 22.Eficiencia de uso del P(NMSA/%P) | -0.847       | 0.306        |

|   |        |         |
|---|--------|---------|
| 23.Eficiencia de uso del P(NMSN/%P)                                     | 0.652  | 0.694   |
| 24. Relación entre las unidades de MSR/MSA                              | 0.376  | -0.511  |
| 25. Relación entre las unidades de MSR/MSN                              | -0.797 | -0.212  |
| 26.Relación entre las unidades de MSA/MSN                               | -0.845 | -0.0299 |
| 27.Actividad de raíz para extraer el P del medio(g de P extraído/g MSR) | 0.482  | 0.610   |
| 28.Proporción de P enviado a MSA (P en MSA/P total x 100)               | -0.740 | 0.107   |
| 29.Proporción de P enviado a los nódulos(P en MSN/P total x 100)        | 0.755  | -0.292  |
| 30.Proporción de P enviado a las raíces(P en MSR/P total x 100)         | 0.451  | -0.0917 |

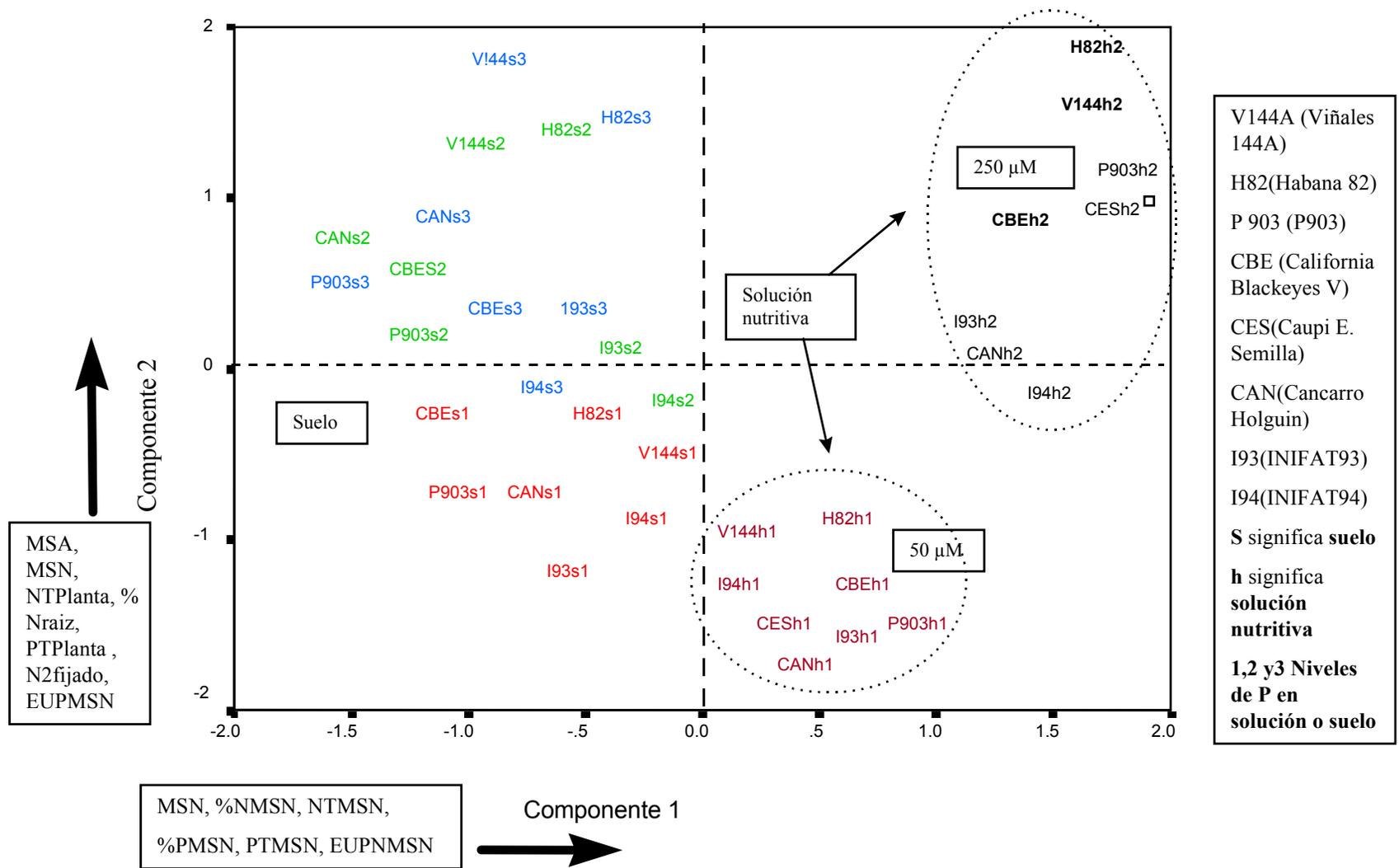


Fig.1. Análisis de componentes principales en 8 genotipos de Caupi cultivados en dos medios de cultivo(solución nutritiva y suelo)con varias dosis de P disponibles.

Por el contrario como variables correlacionadas *negativamente* con la componente 1 se identificaron a : 1) producción de masa seca, N total extraído y P proporcionalmente enviado al sistema aéreo (MSA, NT MSA y Pro MSA, respectivamente) , 2) eficiencia de uso al P relacionado a producción de biomasa y N total extraído por la parte foliar (EUP (MSA/%P) y EUP (NMSA/%P) y 3) las relaciones entre unidades de masa seca radical y aérea con las de los nódulos (MSR/MSN y MSA/MSN), sin que se observaran variables con correlación negativa con la componente 2 (Cuadro 1).

Una representación gráfica de las coordenadas de los ocho genotipos cultivados en los dos medios de cultivos se puede observar en la Figura 1. De acuerdo a los resultados que se muestran en esta figura, se puede afirmar que las plantas cultivadas en solución nutritiva mostraron valores más altos de los parámetros relacionados a nodulación ( NT MSN, %P MSN, EUPN MSN, Pro MSN y % P MSN) que las cultivadas en suelo.

En contraposición, las plantas cultivadas en solución nutritiva mostraron valores más bajos de MSA, %N MSN, NT MSA, EUP MSA, EUPN MSA, Pro MSA, MSR/MSN y MSA/MSN que las plantas cultivadas en suelo, fenómeno que fue independientemente del nivel de P que se le suministro a las plantas.

En esta representación gráfica también se puede notar que los valores de las plantas que recibieron las más altas dosis de P en los dos medios de cultivo se ubicaron más positivamente con respecto a la componente 2 y, por lo tanto mostraron los mayores valores de las 11 variables que correlacionaron con esta componente (MSA, MSN, NT MSA, NT MSR, NT Planta, PT MSA, PT MSR, PT Planta, EUP MSN, Act de raíz y N<sub>2</sub> total fijado).

El análisis de componentes principales ha sido utilizado con anterioridad, (Furlani *et al.*, 2001) como técnica de análisis multivariado para identificar variables relacionadas, así como genotipos eficientes en la respuesta a la nutrición fosfórica. En esta publicación a que nos referimos los autores reconocieron que esta técnica les facilitó el trabajo y encontraron relación entre las variables MSA, Peso total de la planta, concentración de P en MSA y eficiencia de uso al P, resultado que concuerda con lo alcanzado en este trabajo ( Cuadro 1). Aun cuando el análisis de las coordenadas de cada uno los ocho genotipos estudiados con respecto a la componente 2 debe ser manejados con sumo cuidado, se puede afirmar que entre los indeterminados Habana 82 y Viñales 144 A y entre los determinados California Blackeyes V mostraron siempre los más altos valores de las 11 variables asociadas a esta componente entre las que se destaca N<sub>2</sub> total fijado, independientemente del medio de cultivo que se empleo para hacer crecer las plantas.

El resultado comentado anteriormente tiene gran importancia, pues a pesar de las diferencias entre los dos medios de cultivo los genotipos de caupí que más fijaron N<sub>2</sub> del aire en solución nutritiva también lo hicieron en suelo. Un resultado similar al reportado en este trabajo fue observado por Vadez en 1996 durante la evaluación de un amplio vivero de frijol común procedente del Centro Internacional de Agricultura Tropical de Colombia bajo condiciones controladas, lo cual muestra que aun si se realiza la identificación de genotipos de leguminosa promisorios en cuanto a capacidad para fijar N<sub>2</sub> del aire bajo condiciones de trabajo diferentes los resultados pueden ser comparables

### Referencias.

- Beebe, S; J, Lynch; N, Galwey; J, Tohme y I. Ochoa. 1997. A geographical approach to identify phosphorus - efficiency genotype among landrace and wild ancestors of common bean. *Euphytica*. 95: 325 - 336.
- Crafts - Brandner, S.J. 1992. Phosphorus nutrition influence on starch and sucrose accumulation and activities of ADP - Glucose pyrophosphorylase and sucrose - phosphate synthase during the grain filling period in soybean. *Plant Physiology*. 98: 1133- 1138.
- Furlani, AMC; P.R, Furlani; R.T, Tunaka; H.A.A, Masarenha y M.D.P, Delgado. 2001. Variability in soybean germplasm for phosphorus uptake and use efficiency for dry matter yield. En *Plant and Soil Science*. 92: 616 - 617. XIV. International Plant Nutrition Colloquium. Editado por W.J, Horst et al., 2001. Kluwer Academic Publisher. Impreso en Holanda.
- Gómez Jorrín; L.A; G. Dueñas y T. Sánchez. (2000). Fijación de N<sub>2</sub> en Caupí y Frijol común sometidos a estrés de fósforo (P). En *La Fijación Biológica del Nitrógeno en América Latina: El Aporte de las Técnicas Isotópicas*. Editor Dr. J, J Peñas Cabriales, Publicado en Diciembre del 2000 por IMPROSA, S.A de C.V, Irapuato México, pp 77 - 88.
- Gómez Jorrín; L.A; V. Vadez; G. Hernandez; T. Sánchez; V. Toscano; M. Sánchez. (2002). Evaluación de la Tolerancia al estrés de fósforo en caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Cuba. I. Cultivo en Solución Nutritiva. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 13 No. 1 pp 59 - 65.
- Gómez L. A ; A, Martinez; T, Sánchez ; T, Shagarodski ; M, Díaz ; G, Hernández ; V, Toscano y M, Aguilera. Variabilidad en la acumulación de Nitrógeno proveniente de la

fijación simbiótica en Caupí (*Vigna unguiculata* L, walp): relación con producción de follaje, grano y nutrición fosfórica.( en prensa)

- Guanawardena S.F.B.N; S.K.A,Danson y F, Zapata. 1992. Phosphorus requirement and nitrogen accumulation by Three mungbean ( *Vigna radiata* (L) welzek ) cultivars . Plant and Soil.147:267-274
- Guanawardena S.F.B.N; S.K.A,Danson y F, Zapata. 1993. Phosphorus requirement and source of nitrogen in three soybean ( *Glicine max* ) genotypes , Bragg , nts 382 and Chippewa . Plant and Soil. 151:1-9.
- Hardarson.1990. Use technique in studies of soil - plant relationships.223 pps. Editado por G. Hardarson, 1990. International Atomic Energy Agency, Vienna. Austria.
- Ribet, J y J. J, Drevon .1995. Increase in permeability to oxygen and oxygen uptake of soybean nodule under limiting phosphorus nutrition . *Physiologia Plantarum*. 94:298-304.
- Vance, C.P; C. Whole - Stone y D. A. Allan. 2003. Phosphorus acquisition an use: critical adaptations by plants for securing a nowrenewable resource. *New Phytologist*. 157 : 423 - 447.
- Vadez, V; D.P, Beck; J.H, Lasso y J.J, Drevon . 1997. Utilization of the acetylene reduction assay to screen for tolerance of symbiotic N<sub>2</sub> fixation to limiting P nutrition in common Bean . *Physiol, Plant* . 99:227-232.
- Vadez, V; D.P, Beck; J.H, Lasso y J.J, Drevon . 1999. Variability of N<sub>2</sub> fixation in common Bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) under deficiency in related to P use efficiency.*Euphytica*. 106: 231- 242.