



# ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN PROGENIE-AMBIENTE CON MINITUBÉRCULOS A PARTIR DE SEMILLA SEXUAL DE PAPA (*Solanum tuberosum*, L.) EN CUBA

## Analysis of progeny-environment interaction with seedling tubers of true potato seed (*Solanum tuberosum* L.) in Cuba

J. L. Salomón, J. G. Castillo, J. A. Arzuaga, W. Torres, A. Caballero, M. Varela y Victor Manuel Hernández Betancourt

**ABSTRACT.** During crop years 2007-2008 and 2008-2009 at three locations ( National Institute of Agricultural Sciences-Mayabeque , Agricultural Enterprise “V. Lenin”-Matanzas and Agricultural Enterprise “La Cuba”-Ciego de Ávila), 13 progenies from seedling tubers were evaluated and three witnesses varieties (Romano, Spunta and Cal White). Number of tubers per plant, yield per hectare ( $t\ ha^{-1}$ ) and incidence of spots on the foliage by the fungus *Alternaria solani* Soraeur were recorded. The data were processed by analysis of variance, and adjusted with additive main effects and multiplicative interaction model (AMMI) to the characters which was significant genotype environment interaction was adjusted. The sexual progeny Lajera x 6-3-98 were stable for tuber number and yield in six environments studied. The Lajera x 6-3-98, Lajera x 9-80-98, progenies were stable for yield and average tuber mass in the six environments studied. The progeny Samila x 2-130-98, Yara x 1-10-96, Yara x 9-80-98, Atlantic x Aninca y Samila x 6-3-98, were the most unstable for the three studied traits but specific adaptation in each locality. These contrasts in the agronomic performance of the progeny of sexual seed suggest the need to evaluate the materials in each production area.

**Key words:** potato, sexual progeny, cultivar, environment, stability, yield

**RESUMEN.** Durante las campañas agrícolas 2007-2008 y 2008-2009 en tres localidades (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas-Mayabeque, Empresa Agropecuaria “V. Lenin”-Matanzas y Empresa Agropecuaria “La Cuba”-Ciego de Ávila), se evaluaron 13 progenies de semilla sexual de papa y tres cultivares testigos (Romano, Spunta y Cal White). Se registraron número de tubérculos por planta, rendimiento por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ) e incidencia de manchas en el follaje del hongo *Alternaria solani* Soraeur. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación doble, y se ajustó el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI) a los caracteres donde resultó significativa la interacción genotipo-ambiente para el ajuste. La progenie Lajera x 6-3-98 fue estable para el carácter número de tubérculo y rendimiento, en los seis ambientes estudiados. Las progenies Lajera x 6-3-98, Lajera x 9-80-98, fueron estables para el rendimiento y para la masa promedio del tubérculo en los seis ambientes. Las progenies Samila x 2-130-98, Yara x 1-10-96, Yara x 9-80-98, Atlantic x Aninca y Samila x 6-3-98, fueron las más inestables para las características estudiadas pero con adaptación específica en cada localidad. Estos contrastes en el comportamiento agronómico de las progenies de semilla sexual sugiere la necesidad de evaluar los materiales en cada zona de producción.

**Palabras clave:** papa, progenie sexual, cultivar, ambiente, estabilidad, rendimiento

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta perteneciente al género *Solanum*, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Es uno de los cultivos alimenticios básicos que más expande su superficie de plantación en los países en desarrollo, esto se debe

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

<sup>2</sup> Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray (FAME) Tope de Collantes, Trinidad, Universidad de Sancti Spiritus, UNISS.

✉ salomon@inca.edu.cu

a su amplia adaptación, a su alto rendimiento por unidad de superficie y de tiempo, a su gran valor nutritivo y a las variadas formas de uso y de productos procesados que de ella se obtienen (1).

Este cultivo se reproduce comercialmente mediante tubérculos-semilla; sin embargo, también puede hacerlo por vía sexual con semilla verdadera o botánica (SB), lo que es aprovechado, principalmente, para el mejoramiento genético de la especie, pero también, como material de siembra para producir papa semilla y papa consumo (2).

Los tubérculos-semilla por lo general son el insumo más costoso en la producción de papa, y en Cuba representan entre el 40 y el 50 % (1200-1500 USD ha<sup>-1</sup>) de los mismos, teniendo en cuenta el precio de la SB en el mercado internacional, se puede reducir por concepto de semilla entre el 80 y el 90 % por hectárea.

El cultivo está influenciado por elementos meteorológicos que influyen sobre el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de la papa. Estos son principalmente la temperatura del suelo y el aire, radiación solar, fotoperíodo, humedad del suelo y evapotranspiración (3).

La evaluación de los genotipos en diferentes localidades y a través del tiempo es importante para estimar las respuestas fenotípicas y genotípicas diferenciales bajo diversas condiciones ambientales; medir su interacción genotipo-ambiente da una idea de la estabilidad fenotípica de las variedades ante las fluctuaciones ambientales (4), este análisis ha sido utilizado con éxito para seleccionar genotipos de papa deseables (5).

La papa, mediante la reproducción sexual produce una descendencia altamente heterogénea, ya que los clones son heterocigotas, como resultado, cada semilla será genéticamente diferente y por consiguiente, la producción de tubérculos también poseerá alta variabilidad. Esto sería un obstáculo para el empleo de la tecnología de SB, pero otorgaría una mayor estabilidad y adaptación de estas a diferentes ambientes.

Teniendo en cuenta los argumentos antes señalados el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico, la estabilidad y adaptabilidad de progenies de SB de papa en las tres localidades más importantes para el cultivo, durante dos años y seleccionar materiales en relación a la interacción genotipo-ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas agrícolas 2008-2009 y 2009-2010 se evaluaron en tres localidades (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas "INCA"-Mayabeque, Empresa Agropecuaria "Lenin"- Matanzas y Empresa Agropecuaria "La Cuba"- Ciego de Ávila) 13 progenies de SB (9-80-98-PL; Atlantic x 6-3-98; Atlantic x Aninca;

Gorbea x 1-10-98; Lajera x 6-3-98; Gorbea x 6-3-98; Lajera x 9-80-98; Samila x 2-130-98; Samila x 6-3-98; Samila-PL; Yara x 1-10-98; Yara x 9-80-98; Yara-PL y tres cultivares testigos (Cal White, Romano y Spunta).

Se utilizaron como material de plantación minitubérculos F1 obtenidos en canteros de las progenies y tubérculos-semilla certificados calibre 28-35 mm para los cultivares testigo.

La fecha de plantación en cada localidad para la primera y segunda campaña fueron 12, 15 y 17 de diciembre y 10, 12 y 15 de diciembre, respectivamente.

En todas las localidades los experimentos se llevaron a cabo en un diseño de bloques completos al azar con cuatro réplicas. Cada parcela midió 2,25 x 1,8 m con dos surcos separados a 90 cm entre ellas y 25 cm entre plantas. Se adoptaron las labores culturales recomendadas para el manejo del cultivo (6).

En cada localidad fueron registrados los siguientes datos:

1. Número de tubérculos por planta: se cosecharon cinco plantas seleccionadas al azar en cada parcela y se les contó el número de tubérculos.

2. Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>): rendimiento (kg) por planta por el total de plantas en una hectárea (44444) y dividido por 1000.

3. Incidencia de manchas en el follaje de infección por el hongo *Alternaria solani* (Ellis y Martín) Jones y Grout, se realizó a los 65 días de la plantación, para la cual se utilizó la escala de 9 grados propuesta por Horsfall y Barrat citados por Estévez (7), donde el grado 1- sin manchas en el follaje y grado 9- todas las hojas del follaje muertas.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron procesados a través de un análisis de varianza de clasificación doble y se le aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 % mediante el paquete estadístico SPSS (16.0). Para los caracteres donde se detectó una interacción genotipo-ambiente significativa, se analizó la misma por medio del modelo AMMI, se ajustó el modelo AMMI con efecto interacción multiplicativo y efectos principales aditivos (8), para el cual se utilizó el programa SAS.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza correspondiente, se obtuvo una interacción entre progenies y entre progenie x ambiente significativas para el carácter número de tubérculos por planta, rendimiento total (t ha<sup>-1</sup>) y masa promedio del tubérculo, lo que justificó el ajuste del modelo AMMI.

En la gráfica Biplot (Figura 1, 2 y 3) los genotipos fueron representados por un punto y los ambientes, como vectores con origen en el punto 0,0. Mientras más cerca se localizan los genotipos al centro de la gráfica, menos responden a las variaciones ambientales, por tanto, son los más estables. Entre tanto, los más alejados del centro son considerados los que más aportan a la interacción, o sea, que más responden a los estímulos ambientales.

En la Figura 1, ambos ejes (1 y 2) explicaron el 70,0 % de la interacción genotipo-ambiente para el número de tubérculos por planta, el eje 1 explica el 44,17 % de la interacción, mientras el eje 2, los restantes 25,83 %.

Las progenies 2 (Atlantic x 6-3-98), 5 (Gorbea x 6-3-98) y 6 (Lajera x 6-3-98) fueron las más estables para este carácter en los seis ambientes estudiados.

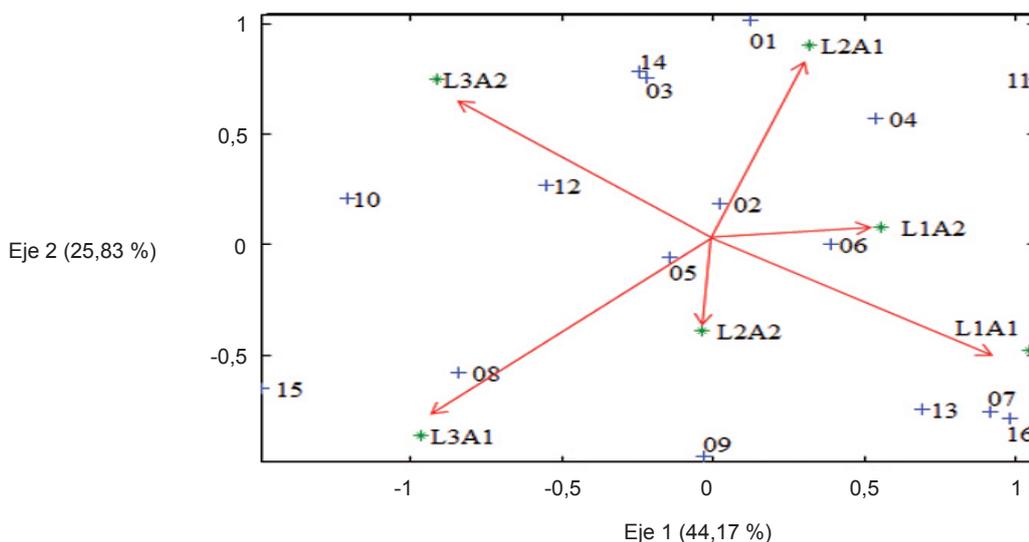
Se observó en esta misma figura, una respuesta positiva a los estímulos ambientales en L3A1, a las progenies 8 (Lajera x 9-80-98), 15 (Yara x 9-80-98) y el cultivar testigo 9 (Romano) y negativamente en L2A1. Por otro lado, las progenies 7 (Gorbea x 6-3-98), 16 (Yara-PL) y el cultivar testigo 13 (Spunta) interactuaron positivamente en el ambiente L1A1, pero de forma negativa en L2A1 y L3A2. También respondieron positivamente las progenies 1 (9-80-98-PL), 3 (Atlantic x Aninca), el cultivar testigo 4 (Cal White), 11 (Samila x 6-3-98) y 14 (Yara x 1-10-96) pero en el ambiente L2A1 y de forma negativa en L3A1. Finalmente la progenie 10 (Samila x 2-130-98) interactuó positivamente en el ambiente L3A2 y negativamente en L1A1.

Los resultados sugieren la capacidad de un grupo de progenies con adaptación a todos los ambientes estudiados y otro grupo de adaptarse a medios específicos. Estos resultados indican que la prueba de progenie en múltiples localidades puede identificar progenitores que producen progenies más ampliamente adaptadas, y por otro lado, seleccionar progenies superiores con adaptación general y específica.

Resultados similares indicó Sharma *et al.* (9), quienes establecieron que las localidades, los genotipos y la interacción localidad x genotipo mostraron variaciones significativas para el número de minitubérculos por planta en dos épocas de cultivo (óptima y tardía) en el Himalaya.

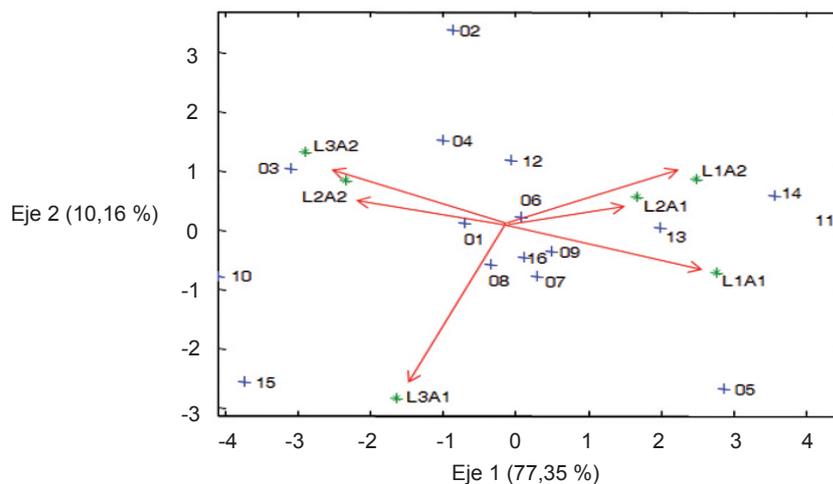
En la Figura 2, ambos ejes (1 y 2) explicaron el 87,51 % de la interacción genotipo-ambiente para el rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ), el eje 1 explica el 77,35 % de la interacción, mientras el eje 2, los restantes 10,16 %.

Respondieron positivamente en los ambientes L2A2 y L3A2, las progenies 3 (Atlantic x Aninca), la 10 (Samila x 2-130-98) y la 2 (Atlantic x 6-3-98), pero de forma negativa en L1A1 y L1A2 a excepción de la progenie 2 que lo hizo en L3A1. Entre tanto, la 15 (Yara x 9-80-98) interactuó positivamente en L3A1 y negativamente en L1A2. Las progenies 11 (Samila x 6-3-98) y 14 (Yara x 1-10-96) tuvieron una respuesta positiva en L1A2 y L1A1 y respondieron negativamente en L3A2 y L2A2. La progenie 5 (Gorbea x 1-10-96) interactuó positivamente en L1A1 y negativamente en L3A2 y L2A2.



1= 9-80-98-PL, 2 = Atlantic x 6-3-98, 3= Atlantic x Aninca, 4= Cal White (T), 5= Gorbea x 1-10-96, 6= Lajera x 6-3-98, 7= Gorbea x 6-3-98, 8= Lajera x 9-80-98, 9= Romano (T), 10= Samila x 2-130-98, 11= Samila x 6-3-98, 12= Samila-PL, 13= Spunta (T), 14= Yara x 1-10-96, 15= Yara x 9-80-98, 16= Yara-PL. L1A1= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2008-2009, L1A2= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2009-2010, L2A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2008-2009, L2A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2009-2010, L3A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), L3A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), campaña agrícola 2009-2010.

**Figura 1. Representación Biplot del número de tubérculos por planta correspondiente a los 16 genotipos (eje 1 y 2) en los seis ambientes (vectores) mediante el modelo AMMI.**



1= 9-80-98-PL, 2 = Atlantic x 6-3-98, 3= Atlantic x Aninca, 4= Cal White (T), 5= Gorbea x 1-10-96, 6= Lajera x 6-3-98, 7= Gorbea x 6-3-98, 8= Lajera x 9-80-98, 9= Romano (T), 10= Samila x 2-130-98, 11= Samila x 6-3-98, 12= Samila-PL, 13= Spunta (T), 14= Yara x 1-10-96, 15= Yara x 9-80-98, 16= Yara-PL. L1A1= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2008-2009, L1A2= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2009-2010, L2A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2008-2009, campaña agrícola 2008-2009, L2A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2009-2010, L3A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), L3A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), campaña agrícola 2009-2010.

**Figura 2. Representación Biplot para el rendimiento total  $t\ ha^{-1}$  correspondiente a los 16 genotipos (eje 1 y 2) en los seis ambientes (vectores) mediante el modelo AMMI.**

Por otro lado, las progenies 1 (9-80-98-PL), 6 (Lajera x 6-3-98), 7 (Gorbea x 6-3-98), 8 (Lajera x 9-80-98), 16 (Yara-PL) y el cultivar testigo 9 (Romano) fueron las más estables en el rendimiento, lo cual podría estar indicando que estos genotipos portan genes estabilidad en estos medios, los cuales pueden estar presentes, independientemente del origen del genotipo (PL, híbridos o cultivares). Este resultado podría indicar que el mismo efecto ambiental no actúa en igual medida sobre el comportamiento de las progenies, las mismas mostraron comportamiento diferenciado, estudio comparable con lo informado por Navarro (10), quién indicó que los genes no pueden hacer que se exprese un carácter si no tiene el adecuado y, viceversa, ninguna manipulación ambiental hará que se desarrolle una cierta característica si no están presentes los genes necesarios.

Estos resultados podrían estar expresando un mejor comportamiento de las progenies híbridas y de PL que los genotipos testigos, los cuales son cultivares comerciales con estabilidad y adaptación a ambientes contrastantes.

Los resultados en este trabajo sugieren la gran influencia que ejerce el medio y que conlleva el comportamiento diferencial de los genotipos.

El rendimiento es un atributo altamente variable que está influenciado por el año, la localidad, el tipo de suelo, la fertilidad del suelo, la tecnología y el genotipo, por tanto, la estabilidad de un genotipo en un amplio rango de ambientes tiene una importancia considerable en la selección de progenitores y cultivares comerciales.

Los resultados alcanzados son similares a los obtenidos en otros estudios (7), donde se informó que las variedades Romano y Desirée han sido las más estables y de las de mejor comportamiento en la producción durante varios años en Cuba. Los mismos coinciden con los encontrados por otros autores (11), quienes determinaron los grandes contrastes de rendimiento de tubérculos a partir de semilla botánica entre diferentes localidades, lo que se atribuye a la interacción genotipo-ambiente, y sugiere la necesidad de evaluar los genotipos en cada zona de producción (12).

Se ha reportado la utilización del modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) para clasificar los ambientes con los mayores rendimientos de tubérculo, y seleccionar los genotipos más sobresalientes y con correlación positiva con dos localidades y dos años.

En este mismo sentido, algunos autores establecieron, mediante un modelo AMMI, las variedades de papa más estables para caracteres del rendimiento y sus componentes en nueve localidades diferentes (8).

Aunque el rendimiento es el resultado de los efectos del genotipo (G), del ambiente (E) y de la interacción genotipo-ambiente (GE), solamente el efecto principal de G y la interacción GE son de relevancia en la evaluación de los genotipos (13).

La diferenciación de medios permitió identificar comportamientos diferenciados entre los genotipos, los cuales podrían ser utilizados en un programa de mejoramiento genético o seleccionarlos para

ser empleados comercialmente, coincidiendo con lo recomendado cuando se analizó la interacción genotipo x ambiente en papa utilizando la metodología AMMI para la identificación de genotipos estables y adaptados a localidades específicas (3).

En la Figura 3 ambos ejes (1 y 2) están explicando el 83,29 % de la interacción genotipo-ambiente para la masa promedio del tubérculo, el eje 1 explica el 72,07 % de la interacción, mientras el eje 2 los restantes 11,22 %.

Las progenies 1 (9-80-98-PL), 7 (Gorbea x 6-3-98), 8 (Lajera x 9-80-98), 16 (Yara-PL) y 12 (Samila-PL) fueron las más estables para la masa promedio del tubérculo.

En la Figura 3 se observa que las progenies 10 (Samila x 2-130-98) y 15 (Yara x 9-80-98) interactuaron de forma positiva en L2A2 y negativamente en L1A2 y L1A1. El cultivar testigo 4 (Cal White) interactuó positivamente en L3A2 y negativamente en L1A2 y L2A2. Mientras que en L1A2 y L1A1, respondieron positivamente las progenies 5 (Gorbea x 1-10-96) y 14 (Yara x 1-10-96), pero tuvieron una respuesta negativa en L3A2.

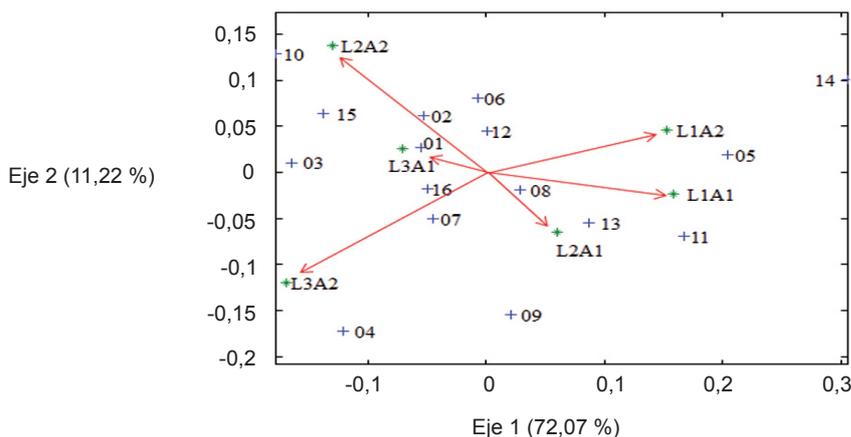
Así mismo, recientemente se ha establecido un método efectivo para estudiar la estabilidad de las variedades de papa en varias localidades y años, utilizando un modelo AMMI generalizado y que pueden ser representados mediante un Biplot interactivo (8).

En la Figura 4 se observa de forma general, que las progenies híbridas y las variedades testigos presentaron los menores grados de afectación de *Alternaria solani*, agente causal del tizón temprano

en el follaje, enfermedad importante del cultivo de papa en Cuba. Estos resultados pudieran indicar que uno de los criterios de selección empleado en el programa de mejoramiento genético para la obtención de variedades, fue la tolerancia a esta enfermedad en condiciones de campo. La misma se presenta todos los años y con variada agresividad, debido probablemente a las condiciones climáticas y manejo del cultivo, por lo cual se ha convertido en una patología clave del cultivo que, potencialmente, puede provocar importantes pérdidas, resultado que corrobora lo determinado por algunos autores (14), según lo cual esta enfermedad se presenta prácticamente todos los años y con variada intensidad, debido probablemente, a la gran amplitud de los momentos de plantación.

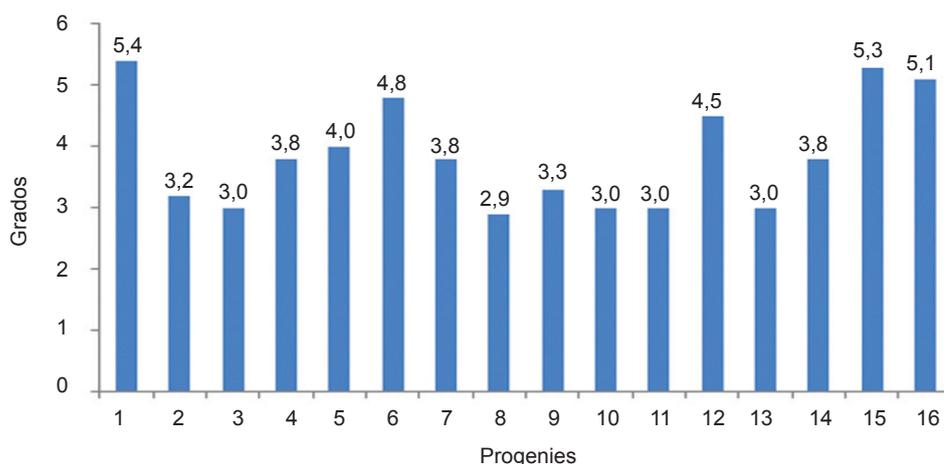
La Figura 4 ofrece una visión general de la afectación por *Alternaria solani* que causa la enfermedad del tizón temprano. Las progenies híbridas 8= Lajera x 9-80-98, 3= Atlantic x Aninca, 10= Samila x 2-130-9, 11= Samila x 6-3-98 presentaron bajo grado de afectación, resultado que podría estar indicando que los progenitores utilizados poseen genes de resistencia y tolerancia, además de alta habilidad combinatoria para trasmitirla a la descendencia.

En esta figura también se aprecia que las progenies de PL alcanzaron los grados de afectación más elevados, resultados que pudieran estar condicionados con la presencia de cierto grado de endogamia en este tipo de material genético.



1= 9-80-98-PL, 2= Atlantic x 6-3-98, 3= Atlantic x Aninca, 4= Cal White (T), 5= Gorbea x 1-10-96, 6= Lajera x 6-3-98, 7= Gorbea x 6-3-98, 8= Lajera x 9-80-98, 9= Romano (T), 10= Samila x 2-130-98, 11= Samila x 6-3-98, 12= Samila-PL, 13= Spunta (T), 14= Yara x 1-10-96, 15= Yara x 9-80-98, 16= Yara-PL. L1A1= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2008-2009, L1A2= Localidad INCA (Mayabeque), campaña agrícola 2009-2010, L2A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2008-2009, campaña agrícola 2008-2009, L2A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios V. Lenin (Matanzas), campaña agrícola 2009-2010, L3A1= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), L3A2= Localidad Empresa de Cultivos Varios La Cuba (Ciego de Ávila), campaña agrícola 2009-2010.

**Figura 3. Representación Biplot para la masa promedio (kg) correspondiente a los 16 genotipos (eje 1 y 2) en los seis ambientes (vectores) mediante el modelo AMMI.**



1= 9-80-98-PL, 2 = Atlantic x 6-3-98, 3= Atlantic x Aninca, 4= Cal White (T), , 5= Gorbea x 1-10-96, 6= Lajera x 6-3-98, 7= Gorbea x 6-3-98, 8= Lajera x 9-80-98, 9= Romano (T), 10= Samila x 2-130-98, 11= Samila x 6-3-98, 12= Samila-PL, 13= Spunta (T), 14= Yara x 1-10-96, 15= Yara x 9-80-98, 16= Yara-PL.

**Figura 4. Media de la afectación en el follaje por *Alternaria solani* en seis ambientes utilizando una escala de 1 a 9 grados.**

Este resultado podría estar influenciado por la disposición genética de los cultivares que modifican en mayor o menor cuantía el ataque de este hongo. La expresión de una resistencia también depende de la presión de la enfermedad. Bajo condiciones de campo (natural) la presión puede variar considerablemente de un año a otro y entonces algunas progenies susceptibles pueden escapar a la infección y erróneamente aparentar resistencia.

Este resultado también pudiera estar relacionado con las interacciones hospedante-patógeno, las que son influenciadas por una interacción genotipo-ambiente. La infección por *A. solani* que causa el tizón temprano puede ser favorecido por estrés de sequía y calor, deficiencia de azufre, manganeso o nitrógeno y senescencia temprana de la planta, resultados que concuerdan con los encontrados cuando se analizó la resistencia y la heredabilidad de la madurez de la planta en diferentes variedades de papa (15, 16).

## CONCLUSIONES

La progenie 6 (Lajera x 6-3-98) es promisorio para la producción de papa por su alto y estable rendimiento y el rendimiento de tubérculos.

Las progenies 10 (Samila x 2-130-98), 14 (Yara x 1-10-96), 15 (Yara x 9-80-98), 3 (Atlantic x Aninca) y 11 (Samila x 6-3-98) se caracterizaron por su inestabilidad en el número de tubérculos, en el rendimiento y en la masa promedio.

## RECOMENDACIONES

Los contrastes en el comportamiento agronómico de las progenies de semilla sexual entre diferentes localidades se atribuyen a la interacción genotipo-ambiente, lo cual sugiere la necesidad de evaluar los materiales en cada zona de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Crops statistics database. [en línea]. (2010). [Consultado: 5 octubre 2012]. Disponible en: <<http://faostat.fao.org/>>.
2. Niño, L.; González, L.; Prieto, L.; Acevedo, E. y Suárez, F. Producción de tubérculos semillas a partir de progenies de semilla sexual de papa en Pueblo Llano, estado Mérida. *Agronomía Trop.*, 2010, vol. 60, no. 3, pp. 3-8. ISSN: 0002-192X.
3. Roa, S.; Barboza, C. y Zambrano, A. Estabilidad del rendimiento de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) para procesamiento industrial en el estado Táchira, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2010. vol. 27, pp. 173-192. ISSN: 0378-7818.
4. Haynes, K. G.; Gergela, D. M.; Hutchinson, C. M.; Yencho, G. C.; Clough, M. E.; Henninger, M. R.; Halseth, D. E.; Sandsted, E.; Porter, G. A. y Ocaya, P. C. Early generation selection at multiple locations may identify potato parents that produce more widely adapted progeny. *Euphytica*. 2012, vol. 186, no. 2, pp. 573-583. ISSN: 0014-2336.
5. Haydar, A.; Islam, M.; Ara, T.; Khokan, E. y Hossain, M. Stability analysis for tuber yield components in potato. *Int. J. Sustain. Crop Prod.* 2009, vol. 4, no. 4, pp. 01-04. ISSN: 1991-3036.

6. Cuba-MINAG. Instructivo técnico para la producción de papa en Cuba. Ed. Impresiones MINAG. La Habana. 2012. 59 pp.
7. Estévez, A.; Salomón, J.; Castillo, J.; Ortíz, Ú. y Ortíz, E. Regionalización de clones cubanos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 2003, vol. 26, no. 3, pp. 59-63. ISSN: 1819-4087.
8. Varela, M.; Vicente, L.; Galindo, P.; Vázquez, A.; Castillo, J. y Estévez, A. Una generalización de los modelos AMMI basada en el algoritmo de TUCKALS3 para el análisis de componentes principales de tres modos. *Cultivos Tropicales*. 2008. vol. 9, no. 1, pp. 69-72. ISSN: 1819-4087.
9. Sharma, A. K.; Venkatasalam, E. P. y Kumar, V. Potato mini-tuber production during main and off crop seasons in high hills of north-western Himalaya. *Potato J.*, 2013. vol. 40, no. 1, pp. 29-37. ISSN: 1871-4528.
10. Navarro, J. A. Herencia y Ambiente. Boletín FEDAES. Barcelona. 2003. 22 pp. ISBN: 3-10-049512-8.
11. González, L.; Niño, L.; Villamizar, E.; Suárez, F.; Acevedo, E. y Prieto, L. Evaluación de progenies de semilla botánica de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Estado Mérida, Venezuela. *Bioagro*, 2010. vol. 22, no. 3, pp. 12-21. ISSN: 1316-3361.
12. Pérez D. J.; González, A.; Sahagún, J.; Vázquez, L. M.; Rivera, A.; Franco, O. y Domínguez, A. The identification of outstanding potato cultivars using multivariate methods. *Cien. Inv. Agr.* 2009. vol. 36, no. 3, pp. 391-400. ISSN: 0718-1620.
13. Yan, W.; Hunt, L. A.; Sheng, Q. y Szlavnic, Z. Cultivar evaluation and mega- environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*. 2000. vol. 40, pp. 597-605. ISSN: 0011-183X.
14. Argenpapa. Tizón Temprano-Síntomas y recomendaciones para su control químico. Información Técnica. [en línea]. 2013. [Consultado: febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.argenpapa.com.ar>>.
15. Tiemens, H. M.; Delleman, J., Eising, J. y Van Bueren, E. Potato breeding, un manual práctico para la cadena de la papa. Netherlands, 2013. 170 pp. ISBN: 978-90-802036-8-6.
16. Slater, A.; Wilson, G.; Cogan, N.; Forster, J. y Hayes, B. Improving the analysis of low heritability complex traits for enhanced genetic gain in potato. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014, vol. 127, no. 4, pp. 809-820. ISSN: 0040-5752.

Recibido: 1 de marzo de 2014

Aceptado: 22 de diciembre de 2014

#### ¿Cómo citar?

Salomón, J. L.; Castillo, J. G.; Arzuaga, J. A.; Torres, W.; Caballero, A.; Varela, M. y Hernández Betancourt, Víctor Manuel. Análisis de la interacción progenie-ambiente con minitubérculos a partir de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en Cuba. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 83-89. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <----->.