

ANÁLISIS DE PROGENIES HÍBRIDAS CUBANAS DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA DISEMINACIÓN DEL CULTIVO A PARTIR DE SEMILLA BOTÁNICA

J. L. Salomón[✉], Ana Estévez, J. G. Castillo, J. Arzuaga y Ursula Ortiz

ABSTRACT. Potato botanical seed was sown under semicontrolled conditions over the years 2004-2005, 2005-2006 and 2006-2007, with the objective of analyzing the behaviour and external quality of tubers from eight crosses or hybrid combinations. Sowings were performed in the first week of December. Thus, 300 seedlings were selected to be transplanted to more technical beds inside a greenhouse; they were transplanted after 25 days using a randomized block design with three replicates. Progenies from true potato seed during the years tested showed a differential behaviour. The Cuban progeny Atlantic x Aninca reached the highest tuber number and weight (346.1 tubers and 3.7 kg/m²); besides, its skin color and tuber shape (degrees 9 and 8 respectively) recorded the greatest uniformity. The botanical seed from the Cuban progeny Atlantic x Aninca constitutes a sowing alternative for producing potato, considering its yield and uniformity. It is recommended to obtain botanical seed from this Cuban progeny on a business scale as well as to conduct zonal ecological studies.

Key words: potatoes, *Solanum tuberosum*, seed, progeny, agronomic characters

RESUMEN. Durante los años 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007 se sembró semilla botánica de papa en condiciones semicontroladas, con el objetivo de analizar el comportamiento y la calidad externa de tubérculos de ocho cruces o combinaciones híbridas. Las siembras se hicieron en la primera semana de diciembre. Se seleccionaron 300 plántulas para trasplantarlas a canteros tecnificados dentro de una casa de cultivo; el trasplante se realizó a los 25 días y el diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres réplicas. Se observó el comportamiento diferencial de las progenies de semilla sexual de papa y los años estudiados. La progenie cubana Atlantic x Aninca alcanzó el mayor número y peso de tubérculos (346.1 tubérculos y 3.7 kg/m²) y fue la de mayor uniformidad para el color de la piel y forma del tubérculo (grados 9 y 8 respectivamente). La semilla botánica de la progenie cubana Atlantic x Aninca es una alternativa de siembra para producir papa, por su rendimiento y uniformidad. Se recomienda producir semilla botánica de esta progenie cubana a escala comercial y realizar estudios ecológicos zonales.

Palabras clave: papa, *Solanum tuberosum*, semilla, progenie, características agronómicas

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Se cultiva en más de 130 países y es consumida por un billón de personas. Es uno de los cultivos alimenticios básicos que más expande su superficie de plantación en los países en desarrollo; esto se debe a su amplia adaptación, alto rendimiento por unidad de superficie y tiempo, gran valor nutritivo y las variadas formas de uso y productos procesados que de ella se obtienen (1). Sin embargo, es un cultivo de costos elevados, donde el valor de los tubérculos-semilla representa entre el 30 y 60 % de los costos totales. Por otro lado, los tubérculos-semilla son difíciles de producir, almacenar y transportar, y pueden ser portadores de enfer-

medades y plagas de importancia que afectan considerablemente el rendimiento y la calidad de la producción (2).

En el 2007, la producción mundial del tubérculo alcanzó un récord de 320 millones de toneladas. Más aún, la producción en los países en desarrollo casi se ha duplicado desde 1991, con el correspondiente aumento en el consumo.

Teniendo en cuenta la problemática del tubérculo-semilla antes mencionada, este trabajo tuvo como objetivo estudiar los caracteres agronómicos y la uniformidad fenotípica de diferentes progenies híbridas cubanas de papa, en cuanto a la calidad externa de los tubérculos para su posible utilización, como alternativa de semilla en la reproducción o diseminación del cultivo a partir de semilla botánica, así como en la sustitución de importaciones y reducción de los costos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007 se sembraron, en condiciones semicontroladas, las semillas de los cruces o combinaciones híbridas obtenidas (Spunta x C-63, Desirée x C-63, Atlantic x Santana,

Ms.C. J. L. Salomón, Investigador Auxiliar, Dra.C. Ana Estévez y Dr.C. J. Arzuaga, Investigadores Titulares, Ms.C. J. G. Castillo, Investigador Agregado y Ursula Ortiz, Especialista del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700

✉ salomon@inca.edu.cu

Atlantic x Aninca, Desirée x 11-18-96, Spunta x 1-10-96, Atlantic x 11-11-96 y C-63 x Santana). Se utilizaron macetas plásticas de 12 cm de diámetro, para montar los semilleros a partir de semilla botánica de cada progenie o combinación híbrida. Se empleó como sustrato suelo y materia orgánica a una proporción de 3:1 respectivamente; las siembras se realizaron en la primera semana de diciembre, se emplearon ocho macetas y se le colocaron 100 semillas a cada una. Se seleccionaron 300 plántulas para transplantarlas a canteros tecnificados dentro de una casa de cultivo; el trasplante se realizó a los 25 días en un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas.

A los 30 días del trasplante, se fertilizó con 150 g de fórmula completa NPK (9-13-18) por m², conjuntamente con el aporque. Las labores fitosanitarias se realizaron según la guía técnica para el cultivo de papa (3). La cosecha de los tubérculos-semilla se hizo a los 75 días de transplantadas las plántulas, se evaluó el número y peso (kg) de los tubérculos por m², así como el color y la forma de estos en cada progenie según la escala de 1 a 9 grados (4), donde el grado 1 es muy poco uniforme y el 9 es muy uniforme.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza de efecto fijo con arreglo factorial (8 x 3), donde los factores fueron las combinaciones híbridas y los años. Se aplicó la prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se observan los resultados del análisis de varianza para los caracteres número y peso de los tubérculos >30 mm/m², que son los comerciales en un programa de producción tubérculos-semilla y total, incluidos los no comerciales, que podrían también ser utilizados con otro manejo. Las progenies fueron significativamente diferentes entre sí para los caracteres evaluados; sin embargo, para la interacción progenie x año, no hubo diferencia significativa en ninguno de los caracteres evaluados.

En el caso de los años, se pudo observar que también hubo diferencias significativas para todos los caracteres, excepto el número total de tubérculos/m².

Resultados similares han sido presentados al estudiar los cruces entre progenitores tetraploides usados en el programa de mejoramiento genético para semilla sexual (5). Por otra parte, se ha informado un comportamiento diferencial de progenies de semilla sexual de papa procedente del CIP (6).

Estos resultados también concuerdan con otros reportados al estudiar el comportamiento diferencial de familias híbridas cubanas de papa (7).

En la Tabla II se muestra la comparación de las medias de los tres años. En el año 1 (campaña 2002-2003), se alcanzó el mayor valor de número de tubérculos >30 mm/m² (222.8), con diferencia significativa respecto al año 2 (campaña 2003-2004) y el 3 (campaña 2004-2005), entre los cuales no hubo diferencia significativa con 132.5 y 148.6 tubérculos/m² respectivamente. En el peso de los tubérculos/m² (kg) >30 mm, el año 1 mostró los mayores pesos de tubérculos con 3.2 kg/m², con diferencia significativa respecto a los demás años; el año 3 fue el segundo de mejor peso, con 2.2 kg/m² y diferencia significativa con el año 2 (1.7 kg/m²). Para el número total de tubérculos/m², no se observan diferencias significativas entre los años; sin embargo, el mejor número de tubérculos se obtuvo en el año 1, seguido del año 3 con 275.2 tubérculos y, por último, el año 2 con 258.0 tubérculos/m².

En cuanto al peso total de tubérculos/m², el mayor valor se encuentra en el año 1, con 3.3 kg/m² y diferencia significativa de los años 2 y 3; en el año 3 se alcanzaron 2.5 kg/m², teniendo diferencia significativa con el año 2 y 1.9 kg/m². Estos resultados podrían deberse a que las temperaturas mínima y media fueron inferiores en los años 1 y 3 respecto al 2 durante la fase de formación y engrosamiento de los tubérculos.

Tabla I. Resultados del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Número tubérculos/m ² >30 mm	Cuadrado medio		
			Peso tubérculos kg/m ² >30 mm	Número total tubérculos/m ²	Peso total tubérculos kg/m ²
Progenie	7	14640.4*	3.0*	14675.8*	3.31*
Año	2	55.673*	13.3*	4449.9 ns	11.75*
Progenie x año	14	1320.94 ns	0.2 ns	1886.7 ns	0.18 ns
Error	23	1757.01	0.46	3507.8	0.55

*Letras iguales no difieren significativamente según prueba de Duncan P<0.05

Tabla II. Media del número y peso de tubérculos en los tres años (campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005)

Año	Número tubérculos/m ² >30 mm	Peso tubérculos kg/m ² >30 mm	Número total tubérculos/m ²	Peso total tubérculos kg/m ²
1 Campaña 2004-2005	222.8 a	3.2 a	284.8	3.3 a
2 Campaña 2005-2006	132.5 b	1.7 c	258.0	1.9 c
3 Campaña 2006-2007	148.6 b	2.2 b	275.2	2.5 b
ESX	0.582*	0.009*	0.82 ns	0.010*

La Tabla III muestra las medias de las progenies para los caracteres número y peso de los tubérculos. La combinación Atlantic x Aninca fue la que alcanzó el mayor número de tubérculos/m² >30 mm con 243.1, que es calibre comercial en cualquier programa de producción de tubérculos-semilla; esta combinación no mostró diferencia significativa con la progenie Spunta x C-63 con 208.6 tubérculos/m², donde Spunta x C-63 a su vez no tuvo diferencia significativa con la C-63 x Santana, que alcanzó 181.2 tubérculos; las progenies Spunta x 1-10-96 y Atlantic x 11-11-96 fueron las que alcanzaron menores cantidades de tubérculos >30 mm/m². Para el peso de los tubérculos (kg) >30 mm, se destacó con el mayor valor la progenie Atlantic x Aninca con 3.4 kg/m², sin diferencia significativa con Spunta x C-63 que alcanzó 2.9 kg/m²; esta última combinación no tuvo diferencia significativa con Atlantic x Santana y C-63 x Santana, que alcanzaron 2.5 kg/m²; los menores pesos se observaron en Spunta x 1-10-96 y Atlantic x 11-11-96 con 1.9 kg/m² para el calibre >30 mm.

Tabla III. Media de los caracteres número y peso de las progenies durante tres años

Progenies	Número tubérculos/m ²	Peso tubérculos kg/m ²	Número total tubérculos/m ²	Peso total tubérculos kg/m ²
	>30 mm	>30 mm		
Spunta x C-63	208.6 ab	2.9 ab	306.0 ab	3.2 ab
Desirée x C-63	151.8 cd	2.1 c	255.6 bc	2.4 c
Atlantic x Santana	156.6 cd	2.5 bc	268.3 bc	2.7 bc
Atlantic x Aninca	243.1 a	3.4 a	346.1 a	3.7 a
Desirée x 11-18-96	142.6 cd	1.8 c	245.4 bc	2.0 c
Spunta x 1-10-96	127.6 d	1.9 c	217.7 c	2.0 c
Atlantic x 11-11-96	132.7 d	1.9 c	250.8 bc	2.1 c
C-63 x Santana	181.2 bc	2.5 bc	291.4 ab	2.8 bc
ESX	7.87*	0.12*	7.74*	0.12*
CV (%)	39.75	42.50	24.09	39.60

Letras iguales no difieren significativamente según prueba de Duncan para P<0.05

Las progenies que mostraron los mayores números de tubérculos total/m² fueron Atlantic x Aninca (346.1); Spunta x C-63 (306) y C-63 x Santana (291.4); el menor valor se encontró en Spunta x 1-10-96 con 217.7 tubérculos/m².

Las progenies que mostraron los mayores pesos de tubérculos totales/m² fueron Atlantic x Aninca (3.7); Spunta x C-63 (3.2) y C-63 x Santana (2.8), sin diferencia significativa entre ellas. Los menores pesos de tubérculos se observaron en las progenies Desirée x 11-18-96 y Spunta x 1-10-96 con 2 kg/m². Estos resultados pueden ser debido a que hay progenies como Desirée x 11-18-96, Atlantic x 11-11-96 y Desirée x C-63, y otras que obtuvieron muchos tubérculos, pero con gran proporción de ellos de calibre pequeño (<30 mm), elemento importante para la selección indirecta del rendimiento; esta característica de la progenie es buena en la producción de tubérculos-semilla aplicando un manejo agronómico diferente.

La Tabla IV refleja la uniformidad del tubérculo. La progenie Atlantic x Aninca alcanzó grado 9 en la escala de uniformidad, por lo que se clasifica como muy uniforme para el color de la piel del tubérculo. También se consideran como uniformes por alcanzar grado 7 las progenies Desirée x C-63; Atlantic x Santana y Atlantic x 11-11-96. Para la forma del

tubérculo, la progenie Atlantic x Aninca alcanzó grado 8, que se considera uniforme; además, Atlantic x 11-11-96 se considera uniforme, por alcanzar grado 7 en la escala y el resto fueron poco uniforme para la forma del tubérculo.

Tabla IV. Uniformidad fenotípica del tubérculo en las progenies

Progenies	Uniformidad del tubérculo*	
	Color piel	Forma
Spunta x C-63	6	5
Desirée x C-63	7	6
Atlantic x Santana	7	5
Atlantic x Aninca	9	8
Desirée x 11-18-96	6	6
Spunta x 1-10-96	5	6
Atlantic x 11-11-96	7	7
C-63 x Santana	5	5

*Escala de uniformidad de tubérculos:

1= Muy poco uniforme, 9= Muy uniforme

La Figura 1 representa el porcentaje de tubérculos según el calibre en menores y mayores de 30 mm. En esta figura se puede observar que las progenies Atlantic x Aninca y Spunta x C-63 mostraron porcentajes elevados de tubérculos mayores de 30 mm (70.2 y 68.2 % respectivamente); el resto de las progenies también mostraron porcentajes más elevados de tubérculos mayores de 30 mm, pero con diferencias menos marcadas entre ambos calibres.

En la Figura 2 se observa el porcentaje de colores en la piel del tubérculo (amarilla y rojiza). La progenie Atlantic x Aninca alcanzó mayor proporción de tubérculos con piel amarilla (95 %) que con piel rojiza (5 %). La progenie Desirée x C-63 también tuvo un alto porcentaje de tubérculos con piel amarilla (74.1 %) y 25.5 % de piel rojiza; similar comportamiento tuvo Atlantic x 11-1-96 con 73.3 % de piel amarilla y 23.6 % de piel rojiza. Sin embargo, el C-63 x Santana alcanzó un 50 % en cada coloración y similar resultado se observó en la progenie Spunta x 1-10-96, con 52.5 % de tubérculos de piel amarilla y 48 % de piel rojiza. Estos resultados concuerdan con diversas combinaciones de progenitores de coloración rojiza y amarilla, que encontraron un elevado porcentaje de tubérculos de piel amarilla dentro de sus poblaciones.

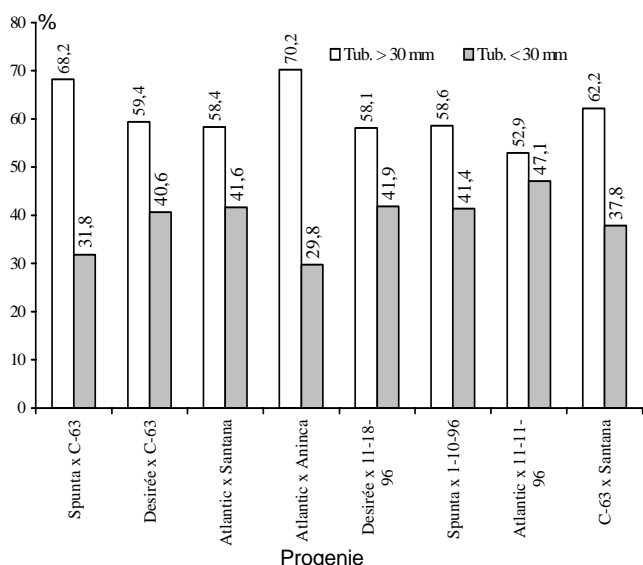


Figura 1. Porcentaje de tubérculos según su calibre

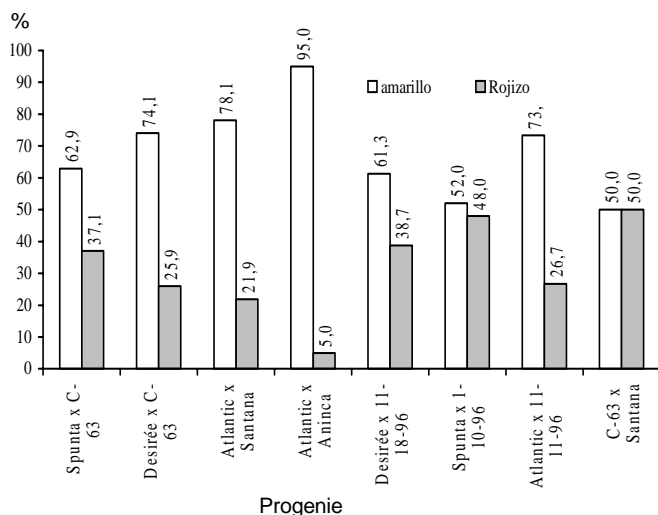


Figura 2. Porcentaje de colores en los tubérculos de papa

La Figura 3 muestra el porcentaje de variabilidad de las formas de tubérculos: alargados, oval-oblonga y redondos en las progenies. Se encontró en la progenie Atlantic x Aninca un elevado porcentaje de tubérculos con forma oval-oblonga (92.5 %) y bajos porcentajes para las otras formas. En el resto de las progenies se presentaron también las tres formas, pero con diferencias menos marcadas. En general, la forma oval-oblonga fue la de mayor porcentaje en todas las progenies, excepto Desirée x 11-18-96, en la cual el porcentaje de tubérculos con la forma redonda fue mayor (61.3 %).

Algunos plantean que la forma alargada es dominante sobre la redonda y que depende esencialmente de la presencia o no de un gen simple para el largo del tubérculo (8). Pero la mayoría coinciden en que el carácter tiene una herencia simple, que la forma del tubérculo es controlada por tres o cuatro genes y señalan que la forma redonda domina sobre la alargada. Otros consideran que el carácter es gobernado por un gen mayor con efecto acumulativo y un número no conocido de genes menores (9).

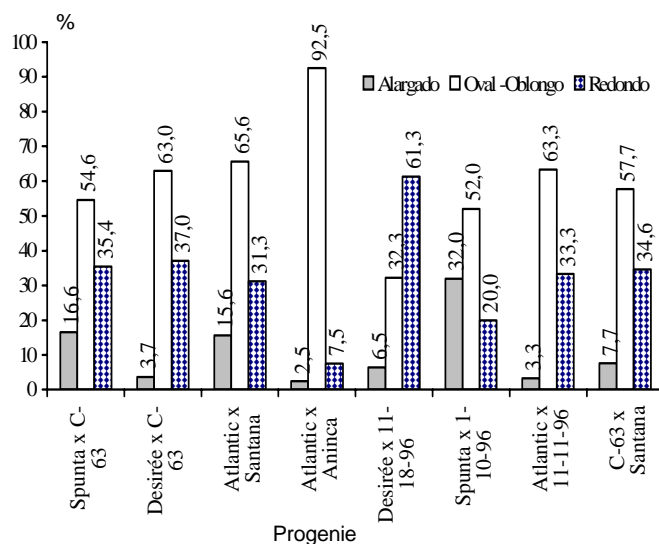


Figura 3. Porcentaje de las formas de los tubérculos

Los resultados coinciden con lo reportado anteriormente sobre el aporte relativo de los parentales (10), es decir, que no se puede afirmar nada acerca de un progenitor masculino o femenino al margen del cruzamiento específico en cuestión. Por otro lado, los resultados concuerdan con los que utilizaron técnicas electroforéticas e informaron algunas combinaciones híbridas uniformes y otras muy variables (11). También estos resultados coinciden con los que encontraron variabilidad fenotípica en cruzamientos con genotipos de papa (12), excepto la combinación Desirée x Fontenot, que mostró adecuada uniformidad y número y peso de tubérculos aceptables. Los resultados también coinciden con otros anteriores del autor, cuando encontró uniformidad fenotípica al estudiar progenies híbridas de papa para el color y la forma de los tubérculos a partir de semilla botánica y tubérculos-semilla (13).

CONCLUSIONES

- * Se observó el comportamiento diferencial de las progenies de semilla sexual de papa y los años estudiados
- * La progenie Atlantic x Aninca alcanzó el mayor número y peso de tubérculos (346.1 tubérculos y 3.7 kg/m²)
- * La progenie Atlantic x Aninca fue la de mayor uniformidad para el color de la piel y forma del tubérculo (grados 9 y 8 respectivamente)
- * La semilla botánica de la progenie cubana Atlantic x Aninca es una alternativa de siembra para producir papa por su rendimiento y uniformidad.

RECOMENDACIONES

- ⊕ Producir mayor cantidad de semilla sexual de papa de la progenie cubana Atlantic x Aninca con una tecnología de producción para ensayos ecológicos zonales
- ⊕ Estudiar nuevas combinaciones híbridas.

REFERENCIAS

1. FAO. Boletín especial de la FAO. no. 24. 2007.
2. Struik, P. y Wiersema, S. G. Seed potato technology. Wageningen: Wageningen Pers, The Netherlands. 1999. 383 p.
3. MINAGRI. Guía técnica para el cultivo de la papa. La Habana, 2000. 46 p.
4. CIP. Manual de producción de papa a partir de semilla sexual. Lima, Perú: Unidad de capacitación. 1997. p 109.
5. Castillo, J. G.; Estévez, A.; González, M. E.; Salomón, J. L.; Ortiz, E. y Ortiz, U. Behaviour of cruces among potato (*Solanum tuberosum*, L.) tetraploid parents to be used in Cuban true potato seed. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 2, p. 71-75.
6. Salomón, J. L.; Estévez, A.; González, M. E. y Castillo, J. G. Comportamiento de progenies híbridas de papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir de semilla botánica. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 59-61.
7. González, M. E.; Estévez, A.; Castillo, J. G. y Ortiz, E. Comportamiento de familias híbridas tetraploides de papa (*Solanum tuberosum*, L.). *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 17, no. 3, p. 67-71.
8. Ortiz, R. y Huaman, Z. Inheritance of morphological and tuber characteristics. En: Bradshaw, J. E. and Mackay, G. R. (eds.) Potato Genetics. Wallingford: CAB International, 1994, p. 263-283.
9. Estévez, A.; González, M. E.; Nimubona, N. y Castillo, J. G. Obtención y evaluación de progenies de semilla sexual de papa. Parte 1. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 60-64.
10. Sarquiz, J. y López, F. Evaluación de características en planta, tubérculo y rendimiento para progenies de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en valle alto del centro de México. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 1999, vol. 11, no. 1, p. 26-39.
11. Castillo, J. G.; Estévez, A.; González, M. E.; Florido, M.; Lara, R. M. y Salomón, J. L. Intraspecific variability in tetraploid varieties (4X) of potato (*Solanum tuberosum*, L.). *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 1, p. 37-41.
12. Salomón, J. L.; Estévez, A.; Castillo, J. G. y Quiñones, Y. Estudio de diferentes progenies para la obtención y evaluación de progenies híbridas de papa (*Solanum tuberosum*, L.). *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 4, p. 83-88.
13. Salomón, J. L.; Castillo, J. G.; Estévez, A. y Cabello, R. Estudio del comportamiento de progenies híbridas de papa con semilla sexual y tubérculos-semilla. *Cultivos Tropicales*, 2006, 27, vol. 4, p. 65-68.

Recibido: 7 de julio de 2008

Aceptado: 5 de mayo de 2009



CIENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Mejoramiento genético
 Mejoramiento genético (vías clásica y biotecnológica).
 Fitomejoramiento participativo. Mecanismos biológicos de la tolerancia a estrés, liberación de variedades (papa, arroz, tomate, soja, calabaza, habichuela, ...) y de otros cultivos alimenticios, aromáticos o condimentosos y medicinales, ornamentales y flores.
 Sistemas de producción de semillas y propágulos CERTIFICADOS



Biofertilizantes
 Manejo de la simbiosis micorrizica efectiva en agroecosistemas, rizobacterias fijadoras de nitrógeno y estimuladoras del crecimiento vegetal (en leguminosas, polizas, ...).
 Desarrollo de nuevos productos biofertilizantes y alternativas nutricionales ante la fertilización química (abonos orgánicos, compost, humos de lombriz, abonos verdes, ...).
 Análisis de suelos, plantas y aguas.
 Programas de mejora de suelos erodados, salinizados y conservación de suelos.
 Aplicación de técnicas de teledetección para la elaboración de mapas de suelos y para la planificación del uso y manejo del suelo y del agroecosistema, de la cuenca hidrográfica, ...



Productos bioactivos
 Productos bioactivos de origen natural que aumentan la productividad y la resistencia de los cultivos a los factores ambientales negativos, bióticos y abióticos, en los cultivos y la eficiencia y sustitución de hormonas y otros productos de importación en la producción biotecnológica (reproducción asistida de plantas in vitro)



Sistemas agrícolas locales y de grandes extensiones, sostenibles y ecológicamente viables
 Técnicas culturales para disminuir el efecto del estrés:
 Zonificación agroecológica de los cultivos.
 Agricultura urbana, periurbana y local. Planificación del desarrollo rural, fundamentalmente local, incluyendo al desarrollo de Fincas Integrales.
 Fortalecimiento de los sistemas de innovación agrarios locales, urbanos y rurales

