

ESTABLECIMIENTO Y VALIDACIÓN DE UNA COLECCIÓN NÚCLEO EN EL GERMOPLASMA CUBANO DE PAPA

J. G. Castillo✉, Ana Estévez, J. L. Salomón, Aymara Pérez, Ursula Ortiz y Zoila Fundora

ABSTRACT. For four potato campaigns, the available morphoagronomic characterization data of 351 accessions of wild species and cultivated varieties from Cuban germplasm bank were used to establish and validate a core collection. Qualitative and quantitative characters related to tuber, crop behaviour vs. *Alternaria solani* and PLRV were evaluated. The main component and cluster analyses were based on the square Euclidean distance matrix for group selection. Means, standard deviations, variation ranges and coefficients of the cluster were calculated for quantitative characters, as well as the state appearance frequencies of qualitative attributes and *Alternaria solani* and PLRV occurrence. Core collection was selected by a stratified sampling, also having in mind the geographic origin of accessions. Results enabled to establish and validate a core collection in Cuban potato germplasm, adequately representing 21.9 % of base collection; therefore, maximizing both qualitative and quantitative characters. An appropriate geographical distribution was observed when core collection accessions are derived from eight out of the nine countries of origin.

RESUMEN. El trabajo se desarrolló a partir de los datos de la caracterización morfoagronómica disponible de 351 accesiones de especies silvestres y variedades cultivadas del banco de germoplasma cubano de papa, durante cuatro campañas, con el objetivo de establecer y validar una colección núcleo. Se evaluaron los caracteres cualitativos y cuantitativos relacionados con el tubérculo, el comportamiento ante el hongo *Alternaria solani* y la incidencia del virus del enrollamiento de la hoja (PLRV). Se realizaron análisis de componentes principales y conglomerados, sobre la base de la matriz de distancias Euclidianas al cuadrado para la selección de los grupos. Se calcularon las medias, desviaciones estándar, los rangos de variación y coeficientes de variación de los grupos para los atributos cuantitativos, así como las frecuencias de aparición de estados de los atributos cualitativos e incidencia del hongo *Alternaria solani* y el PLRV. La colección núcleo se seleccionó mediante un muestreo estratificado, teniendo en cuenta, además, el origen geográfico de las accesiones. Los resultados permitieron establecer y validar una colección núcleo en el germoplasma cubano de papa, que representa adecuadamente la colección base de partida. La selección de la colección núcleo representa el 21.9 % de la colección base y en ella se maximizan tanto los caracteres cuantitativos evaluados como los cualitativos. Existió una representación geográfica apropiada en tanto las accesiones de la colección núcleo proceden de ocho de los nueve países de origen.

Key words: potato, germplasm, core collections

Palabras clave: papa, germoplasma, colección núcleo

INTRODUCCIÓN

Los bancos de germoplasma del mundo contienen colecciones de recursos genéticos, presentes en las especies cultivadas para la conservación a largo plazo y facilitar que los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios accedan a ellos con facilidad.

En los últimos años, han habido enormes progresos en la colecta y conservación de estos recursos, tanto es así que muchos bancos de germoplasma vegetal enfrentan hoy grandes problemas de tamaño y organización. Algunas colecciones han crecido tanto, que resulta difícil conservar y usar la diversidad genética que contienen, yendo así en contra de los objetivos para los cuales se establecieron (1).

Cuando se comprendió que el gran tamaño de algunas colecciones podría desalentar su uso, se propuso establecer una colección limitada o "núcleo" a partir de una colección existente. La colección núcleo, dada la semejanza mínima que hay entre una y otra de sus entradas, es de tamaño reducido y representa la diversidad genética de una colección de mayor tamaño de una especie cultivada, de una especie silvestre o de un grupo de especies (2).

Ms.C. J. G. Castillo, Investigador Agregado; Dra.C. Ana Estévez, Investigadora Titular; Ms.C. J. L. Salomón, Investigador Auxiliar; Ms.C. Aymara Pérez 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, CP 32 700; Dra.C. Zoila Fundora, Investigadora Titular del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba.

✉ juanc@inca.edu.cu

La colección núcleo no reemplaza la colección base o el material del cual se obtiene.

Desde que se expuso esta propuesta, ha aparecido una bibliografía considerable sobre la teoría y práctica de las colecciones núcleo y en ella se encuentran muchos ejemplos de este enfoque. Las colecciones núcleo han sido aceptadas como herramientas eficaces, para mejorar la conservación y el uso de las colecciones de recursos genéticos (1).

En el caso de la papa se han realizado diferentes estudios, que han estado encaminados fundamentalmente al establecimiento de una colección núcleo del cultivo de la subespecie Andígena (3). Por otra parte, se han realizado algunos estudios en el *US Potato Genebank* utilizando parámetros geográficos (4) y otros estudios para determinar el tamaño óptimo de una colección núcleo de papas tetraploides (5).

El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) cuenta con una colección de germoplasma superior a las 650 accesiones, que se incrementa cada año a partir de clones y variedades obtenidas en el programa de mejoramiento. El manejo de esta colección resulta difícil y costoso, pues cada año se necesita plantarla en campo, conservarla *in vitro* y en cámaras frías durante nueve meses. Es por ello de vital importancia contar con una colección reducida, bien caracterizada, que contenga el máximo posible de variabilidad genética y que, en casos de urgencia extrema, se le dediquen todos los esfuerzos y recursos a su mantenimiento y conservación.

Es por todo ello que el presente trabajo estuvo dirigido a establecer y validar una colección núcleo de papa a partir de una representación importante de la colección base, caracterizada para diferentes descriptores morfoagronómicos así como su comportamiento ante el hongo *Alternaria solani* y la incidencia del virus del enrollamiento de la hoja (*PLRV*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló a partir de los datos de caracterización disponibles de 351 accesiones de especies silvestres y variedades cultivadas provenientes de la colección del banco de germoplasma del INCA, las cuales fueron plantadas durante cuatro campañas (2001-2002, 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005), en la finca "Las Papas", sobre un suelo Ferralítico rojo (6). Se plantaron 10 plantas por cada accesión y las labores culturales y fitosanitarias fueron realizadas según el instructivo técnico del cultivo (7). La muestra caracterizada (colección base) representa el 54 % de la colección total.

Se evaluaron los siguientes caracteres:

- ⇒ cualitativos: color del tubérculo, forma del tubérculo y profundidad de los ojos,
- ⇒ cuantitativos: número de tubérculos por planta, masa promedio (kg), rendimiento por planta (kg), rendimiento total (t.ha⁻¹) y altura de la planta (cm).

Se evaluó el comportamiento de las accesiones ante *Alternaria solani* y el *PLRV*; en el caso de la primera, según una escala de nueve grados propuesta por Horsfall y Barrat (8), a los 65 días de plantada y en el segundo caso, se evaluó en porcentaje de afectación según la metodología de Cordero (9).

Los datos de ambos orígenes se tomaron de la realizada en la evaluación morfoagronómica anteriormente descrita. Los datos promedio de los cuatro años fueron sometidos a un análisis de componentes principales sobre la base de la matriz de datos estandarizados (10). Se seleccionaron los componentes que mayor variabilidad tuvieron en la población de datos, con valores propios mayores que uno, y se tomó como criterio de selección los autovectores que tuvieron los valores mayores y cercanos entre sí. Con las coordenadas de los cuatro primeros componentes, se realizó un análisis de conglomerados (*cluster*), sobre la base de la matriz de distancias Euclidianas al cuadrado mediante el programa *SPSS* ver. 11.5 utilizando un análisis de K-medias y un modelo de iteración estimado en 10 iteraciones como máximo, formándose 10 grupos como el mejor criterio de agregación y clasificación.

Durante el establecimiento de la colección núcleo, el peso relativo de cada grupo en la variabilidad total fue determinado por su relativa diversidad, o sea, por la mayor o menor presencia de accesiones dentro de cada tipo, incluyendo además el criterio de los especialistas del cultivo. Se realizó la selección de las accesiones representantes de cada grupo, mediante un muestreo estratificado (11), considerando además la representatividad del origen geográfico, tanto como fuera posible.

Se calcularon las medias, desviaciones estándar, los rangos de variación y coeficientes de variación (para eliminar el efecto de la escala) de los grupos del *cluster* para los atributos cuantitativos, así como las frecuencias de aparición de los estados de los atributos cualitativos (%), con el objetivo de comparar el núcleo seleccionado con la colección base, así como la variabilidad de cada grupo del núcleo con su grupo correspondiente de la colección base.

Se calcularon, además, las coincidencias entre las frecuencias de los estados de los descriptores mínimos cualitativos, así como las frecuencias de incidencia del hongo *Alternaria solani* y el *PLRV*, a partir de la estimación de la correlación de rangos de Spearman, entre las frecuencias de aparición en las colecciones base y núcleo, utilizando para ello el paquete estadístico *SPSS* ver. 11.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presentan los valores y vectores propios del análisis de componentes principales a las seis variables independientes analizadas. Como se observa en las primeras cuatro componentes, se extrajo el 91.43 %

del total de la variabilidad presente en los caracteres estudiados. Las variables que más contribuyeron a la formación de las componentes fueron el número de tubérculos, la masa promedio y el rendimiento por planta y total en la C1; en la C2 la mayor contribución la realizó la incidencia del hongo *Alternaria solani*, mientras que en la C3 fue la afectación por el PLRV. La altura fue la variable que más contribuyó en la formación de la componente 4.

Tabla I. Valores y vectores propios en el ACP

Componentes	Valores propios			
	Varianzas	Explicado (%)	Acumulado (%)	
1	3.324	47.490	47.490	
2	1.317	18.810	66.301	
3	0.918	13.110	79.411	
4	0.842	12.022	91.433	
Vectores	Componentes			
	C1	C2	C3	C4
NT	.730	-0.507	0.107	-.022
Masa Promedio	.780	0.430	0.0238	-.101
Rendimiento.kg ⁻¹	.984	-0.048	0.0563	-.141
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	.984	-0.046	0.0579	-.141
Altura (cm)	.441	0.214	0.0095	.870
Alternaria	.169	0.710	-0.549	-.159
PLRV	-.156	0.566	0.773	-.097

Resultados similares a estos fueron informados anteriormente, los que siempre han encontrado que las variables analizadas tienen una fuerte relación entre sí, por ser componentes fundamentales en el rendimiento de la papa (12, 13, 14). Se ha observado también alta correlación entre los caracteres cualitativos usando métodos multivariados (15).

En la Tabla II se presentan los grupos formados mediante el análisis de conglomerados, tomando como base las coordenadas de las cuatro primeras componentes, donde el mejor criterio de clasificación fue la formación de 10 grupos, el cual presentó una distribución adecuada y la presencia de al menos una accesión en cada uno de ellos. Los porcentajes de representatividad estuvieron entre 0.3 y 20 %. El número de accesiones en los diversos grupos de una colección es un buen indicador general de la utilidad de los grupos o la diversidad que hay en ellos (1).

En la Tabla III se presentan las accesiones seleccionadas para la conformación de la colección núcleo, a partir de la aplicación de un muestreo estratificado combinado con criterios de representatividad dentro de cada grupo y tomando como base el nivel de utilización de las accesiones. En este mismo sentido se consideró, en cierta medida, la procedencia geográfica de las muestras. Para el caso específico de la papa se ha trabajado en el tamaño óptimo para conformar una colección núcleo en la subespecie Andígena (5). Estos resultados están en concordancia con otros, donde se plantea que la mejor clasificación es la que minimiza la variación dentro de los grupos y maximiza la variación entre los grupos (16).

Tabla II. Agrupamiento de las accesiones de acuerdo con el análisis de conglomerado realizado y el porcentaje que representa del total analizado

Grupos	Número de accesiones	Total (%)
1	45	13
2	69	20
3	21	6
4	38	11
5	12	3
6	57	16
7	52	14.8
8	45	13
9	11	3.1
10	1	0.3
Total	351	100

El proceso de estratificación se puede desarrollar con relativa facilidad, dividiendo los grupos taxonómicos en tipos de cultivo o en grupos ecogeográficos bien establecidos (17). Se han desarrollado otros procesos de estratificación de forma más compleja e involucrando una mayor cantidad de pasos (18, 19).

Otros han propuesto métodos similares al usado en este estudio en el establecimiento de colecciones núcleos, pero utilizando otros métodos de agrupamiento y trabajando con un número diferente de accesiones (20). En este mismo sentido, se han utilizado también análisis isoenzimáticos y moleculares para darle mayor fortaleza a este procedimiento (21, 22).

Comparación de la propuesta de colección núcleo con la colección base. Los estadísticos descriptivos fundamentales de los caracteres cuantitativos evaluados de ambas colecciones aparecen en la Tabla IV. Los valores promedio de todos los caracteres de la colección núcleo fueron similares a la colección base; sin embargo, en la colección núcleo se obtuvieron coeficientes de variación mayores que en la colección base en todos los casos, excepto en el número de tubérculos, lo cual nos indica que la selección efectuada maximizó el rango de variación de los caracteres. Estos resultados están en concordancia con otros planteamientos que expresan que los rangos de variación deben permanecer similares a los grupos de donde se derivaron (1), o pueden incluso ser superiores (20, 23).

En la Tabla V y en la Figura 1 se presenta la comparación gráfica de cada uno de los descriptores cualitativos. Se observa, en todos los casos, un comportamiento similar en el estado de las frecuencias para los caracteres cualitativos en ambas colecciones. De forma general, se maximizan algunos estados en la colección núcleo, mientras que otros disminuyen, existiendo solamente la ausencia de un estado en el color de la piel del tubérculo.

Tabla III. Composición de la colección núcleo de papa para caracteres morfoagronómicos y su comportamiento ante el hongo *A. solani* y el PLRV

No.	Accesiones	Código	NT	MP (kg)	Rendimiento/planta (kg/planta)	Rendimiento total (t.ha ⁻¹)	Altura (cm)	Altern	PLRV (%)	Origen
1	<i>S. acaule</i>	20	4	0,06	0,24	10,49	24	0	0	Perú
2	<i>S. aemulans</i>	35	10	0,01	0,12	5,33	65	4	0	Perú
3	<i>S. brachycarpum</i>	1	4	0,04	0,14	6,22	25	2	10	Perú
4	<i>S. brevicaule</i>	23	3	0,02	0,05	2,13	53	5	10	Perú
5	<i>S. cardiophyllum</i>	2	5	0,04	0,2	8,89	35	4	60	Perú
6	<i>S. commersonii</i>	62	6	0,05	0,31	13,87	25	4	80	Perú
7	<i>S. chacoense</i>	45	7	0,07	0,46	20,22	40	3	0	Perú
8	<i>S. demissum</i>	3	2	0,05	0,1	4,44	29	3	0	Perú
9	<i>S. dolichostigma</i>	52	7	0	0,01	0,62	46	3	10	Perú
10	<i>S. flenderi</i>	8	5	0,01	0,04	1,56	45	4	10	Perú
11	<i>S. garciae</i>	53	5	0,05	0,26	11,56	29	3	0	Perú
12	<i>S. jameSSI</i>	17	6	0,05	0,32	14,13	26	3	40	Perú
13	<i>S. jameSSI Toit</i>	15	4	0,02	0,07	3,02	49	2	0	Perú
14	<i>S. leptophyes</i>	26	5	0,05	0,27	11,78	26	1	100	Perú
15	<i>S. leptostigma</i>	63	4	0,03	0,12	5,51	53	5	0	Perú
16	<i>S. multidisectum</i>	28	5	0,02	0,12	5,11	35	1	10	Perú
17	<i>S. ochoanum</i>	54	6	0,01	0,08	3,47	45	4	0	Perú
18	<i>S. pinnatisectum</i>	16	5	0,04	0,18	8	68	2	50	Perú
19	<i>S. polytrichon</i>	10	4	0,01	0,03	1,24	38	1	0	Perú
20	<i>S. schruteri</i>	21	4	0,02	0,06	2,67	40	4	0	Perú
21	<i>S. setulosistilum</i>	46	3	0,01	0,02	0,67	39	5	10	Perú
22	<i>S. sparsipilum</i>	30	5	0,01	0,06	2,44	58	5	80	Perú
23	<i>S. stoloniferum</i>	12	6	0,03	0,2	8,8	38	2	100	Perú
24	<i>S. subtilius</i>	61	5	0,01	0,06	2,67	60	4	0	Perú
25	<i>S. sucrense</i>	31	3	0,04	0,11	4,8	41	5	0	Perú
26	<i>S. tarijense</i>	42	8	0,02	0,12	5,33	43	5	0	Perú
27	<i>S. trifidum</i>	33	6	0,01	0,07	2,93	42	4	0	Perú
28	<i>S. urubambae</i>	39	5	0,05	0,24	10,67	61	3	10	Perú
29	<i>S. verrucosum</i>	19	7	0,02	0,12	5,29	35	4	0	Perú
30	14-52-93	296	9,5	0,12	1,13	50,24	47,7	3	10	Cuba
31	8-100-86	299	8,6	0,09	0,75	33,25	48,7	1	0	Cuba
32	9-32-93	300	8,6	0,11	0,9	40,13	46,4	6	0	Cuba
33	Aida	66	8,2	0,1	0,81	36,08	47,8	3	30	Francia
34	Ajiba	68	9,2	0,12	1,1	48,66	45,5	5	10	Holanda
35	Allard	71	6,1	0,08	0,49	21,96	75	5	0	Holanda
36	Aninca	79	9,3	0,1	0,94	41,75	27,6	7	20	Cuba
37	Armada	86	9,6	0,11	1,03	45,65	47,6	5	10	Holanda
38	Arnova	87	8,7	0,11	0,91	40,6	43,2	5	10	Holanda
39	Atlantic	89	8,5	0,13	1,11	49,49	47,7	6	60	EUA
40	Atlas	90	4,6	0,09	0,43	19,22	50	5	0	Francia
41	Atzimba	91	4,2	0,09	0,36	15,87	44	6	40	Canadá
42	Baraka	92	7,4	0,13	0,97	43,08	65	6	20	Holanda
43	Belline	96	9,5	0,09	0,82	36,31	50,4	3	10	Holanda
44	Bintje	99	8,3	0,06	0,52	23,24	49,1	4	100	Holanda
45	Burren	102	7,5	0,12	0,93	41,33	50,2	5	0	Irlanda
46	C 183	105	8	0,11	0,87	38,76	60,2	4	10	Cuba
47	C-48	106	7,2	0,13	0,94	41,6	63,5	8	0	Cuba
48	C63	107	9,5	0,13	1,26	56,15	63,7	7	10	Cuba
49	Cal White	108	5,5	0,13	0,7	31,29	46,3	4	20	EUA
50	CIP 107	345	12,6	0,1	1,21	53,76	65,8	5	0	Perú
51	CIP 18	322	9,4	0,07	0,67	29,66	54,4	3	50	Perú
52	Cubanita	122	9	0,08	0,76	33,6	48,8	5	10	Cuba
53	Cherrie	115	4,8	0,08	0,4	17,92	50,5	5	10	Francia

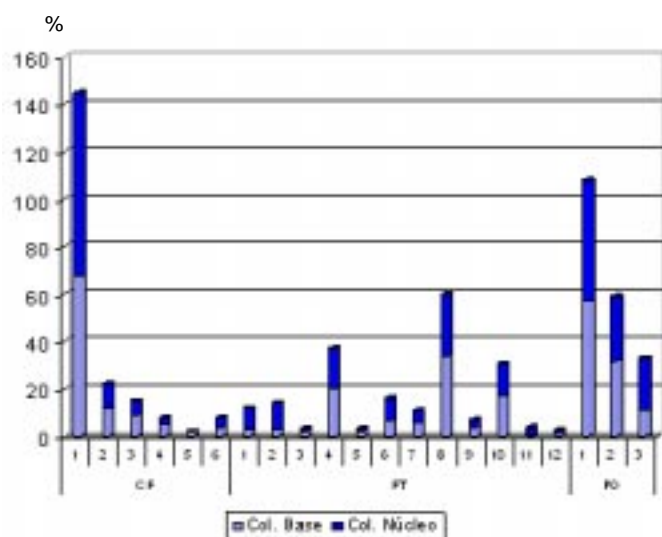
54	Daisy	125	7,3	0,08	0,6	26,6	48,5	3	0	Francia
55	Derby	128	8,4	0,13	1,11	49,28	43,8	5	10	Holanda
56	Desirée	129	6,3	0,15	0,97	43,11	77	5	20	Holanda
57	Ibis	169	10,4	0,1	0,99	43,91	43,5	6	20	Cuba
58	Innovator	173	6,2	0,14	0,9	39,96	60,2	6	100	Holanda
59	Kathadin	175	2,3	0,08	0,19	8,38	48	4	20	EUA
60	km 94-34-17	177	9,1	0,1	0,93	41,25	58,4	3	0	Holanda
61	Lady Roseta	185	3,6	0,06	0,2	8,96	67	8	10	Holanda
62	Larga	187	4	0,07	0,29	12,98	43	5	50	Holanda
63	Larouge	188	6,7	0,14	0,95	42,28	47,5	5	10	Canadá
64	Maranca	198	8,4	0,11	0,92	41,07	48,3	2	10	Holanda
65	Marinca	200	9,3	0,09	0,84	37,2	46,7	7	10	Cuba
66	Nicola	210	4,4	0,09	0,4	17,8	62	3	50	Holanda
67	Red Lasoda	229	6,2	0,13	0,79	35,27	47,2	6	10	EUA
68	Red pontiac	230	7,5	0,12	0,89	39,33	61	4	40	EUA
69	Red Scarlet	231	10,4	0,11	1,11	49,46	50,2	5	20	Holanda
70	Romano	239	8,1	0,12	0,94	41,76	52,3	5	10	Holanda
71	Rosa	241	2,3	0,07	0,15	6,75	62,4	4	70	Holanda
72	Santana	253	8,8	0,14	1,28	56,71	60,6	5	10	Holanda
73	Sante	254	5,4	0,1	0,52	23,04	57	5	60	Holanda
74	Slaney	262	6,9	0,1	0,7	31,28	50	3	10	Irlanda
75	Spunta	268	7,8	0,18	1,37	60,66	89	6	10	Holanda
76	Ulianovsky	278	3,2	0,09	0,27	12,09	65	5	0	Rusia
77	Zafire	294	6,7	0,09	0,6	26,5	52,3	6	0	Holanda

Tabla IV. Estadísticos descriptivos fundamentales de los caracteres cuantitativos evaluados de las colecciones base y núcleo de papa

Descriptores	Colección base				Colección núcleo			
	Media	DS	CV (%)	Número accesiones	Media	DS	CV (%)	Número accesiones
Número tubérculos	6.08	2.703	44.47	351	6.53	2.313	35.44	77
Masa promedio	0.07	0.035	46.82	351	0.08	0.044	56.82	77
Rendimiento planta	0.47	0.318	67.45	351	0.55	0.403	73.65	77
Rendimiento total	20.99	14.136	67.36	351	24.27	17.907	73.77	77
Altura	50.02	11.505	23.00	351	49.13	12.972	26.40	77

Tabla V. Frecuencia de los caracteres cualitativos de las colecciones base y núcleo de papa

Descriptores	Estado	Colección base		Estado	Colección núcleo	
		Frecuencia (%)	Número accesiones		Frecuencia (%)	Número accesiones
Color de la piel del tubérculo	1	Amarillo	68	Amarillo	77	77
	2	Rosado	12	Rosado	10	
	3	Rojo	9	Rojo	6	
	4	Carmelita	5	Carmelita	3	
	5	Amarillo reticulado	2	Amarillo reticulado	0	
	6	Violeta	4	Violeta	4	
Forma tubérculos	1	Ovoide	3	Ovoide	9	77
	2	Oblongo-oval	3	Oblongo-oval	11	
	3	Clava	2	Clava	1	
	4	Redonda	20	Redonda	17	
	5	Fusiforme	2	Fusiforme	1	
	6	Oblongo-alargada	7	Oblongo-alargada	9	
	7	Alargada	6	Alargada	5	
	8	Oval	34	Oval	26	
	9	Oval-alargada	4	Oval-alargada	3	
	10	Oblonga	17	Oblonga	14	
	11	Elíptica	0.5	Elíptica	3	
	12	Comprimido	1.5	Comprimido	1	
Profundidad ojos	1	Superficial	57	Superficial	51	77
	2	Medios	32	Medios	27	
	3	Profundos	11	Profundos	22	



Col.- Colección
 FT- Forma del tubérculo

CF- Color de la flor
 PO- Profundidad de los ojos

Figura 1. Frecuencia comparativa de la CB y CN para los caracteres cualitativos

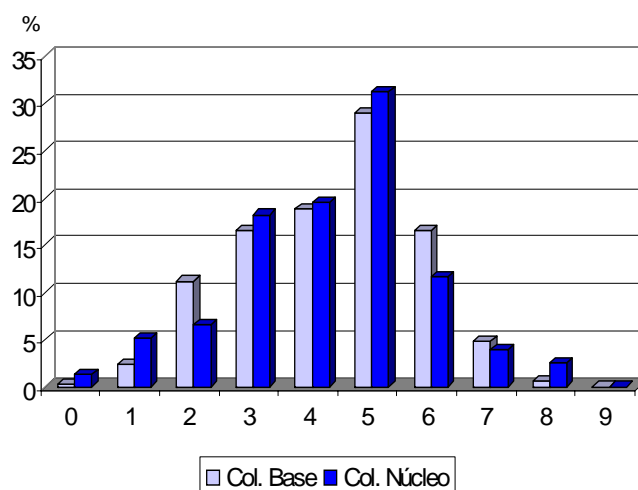
En este mismo sentido, existe una correlación Spearman alta y significativa para los caracteres cualitativos y para la afectación por *Alternaria solani* y la del virus de enrollamiento de la hoja, entre las frecuencias de la colección base y la colección núcleo (Tabla VI). En las Figuras 2 y 3 se muestra de forma gráfica el comportamiento similar entre ambas colecciones para estas dos afectaciones. En el primer caso se manifiestan dentro de la colección accesiones resistentes y susceptibles, aunque es mayoritaria la presencia en la colección núcleo de las primeras. El hongo *Alternaria solani* es la enfermedad más importante que afecta al cultivo de la papa en Cuba y ha sido una de las líneas priorizadas en el programa de mejoramiento cubano desde sus inicios (13, 24). Otros trabajos avalan la importancia de contar con variedades resistentes a este patógeno en los bancos de germoplasma del género *Solanum* (25).

Tabla VI. Correlaciones de Spearman para los caracteres cualitativos, *Alternaria* y PLRV

Caracteres	Correlación de Spearman
Cualitativos	0.88
<i>Alternaria solani</i>	0.98
PLRV	0.87

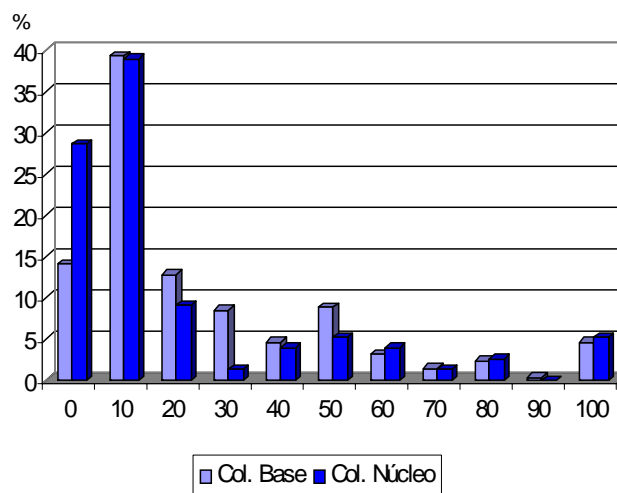
La correlación es significativa al 0.01 (bilateral)

Cuando se observa el comportamiento de las frecuencias entre ambas colecciones, en cuanto a la afectación por el PLRV, se observa igualmente mayor predominio de accesiones resistentes en la colección núcleo. Esto se debe fundamentalmente a la presencia de un mayor número de especies silvestres que presentan resistencia a este virus (26). Las pérdidas producidas por este virus son elevadas (27) y su mayor importancia se debe a las afectaciones en la producción de semilla, por los efectos en la siguiente generación (28).



0-9 grados de afectación de la escala (Horsfall y Barrat, 1945)

Figura 2. Frecuencia comparativa de la CB y CN en cuanto a la afectación por *A. solani*



0-100 porcentajes de afectación (Cordero, 1998)

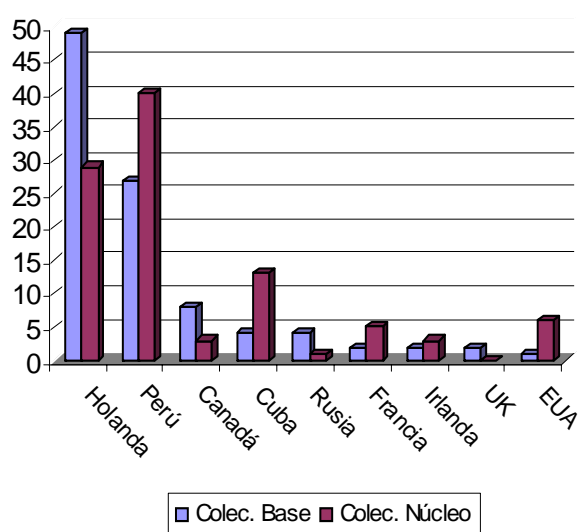
Figura 3. Frecuencia comparativa de la CB y CN para la resistencia al PLRV

La colección núcleo está integrada por 77 accesiones, lo que representa el 21.9 % de la colección base (Tabla VII). La selección fluctuó entre un 11.6 y 100 % en cada uno de los grupos. El tamaño excede al propuesto por Brown (79), pero se considera adecuado, si se tiene en cuenta que se trabajó con un 54 % de la colección completa y el tamaño es manejable para las condiciones experimentales de trabajo. Resultados similares ya han sido obtenidos, algunos de ellos trabajando con un número menor de accesiones (20) y otros con un número mayor (11).

Las accesiones seleccionadas para conformar la colección núcleo tienen una representatividad geográfica adecuada (Figura 4), pues proceden de ocho de los nueve países a que pertenecen las muestras introducidas al país. El origen geográfico de las accesiones es uno de los aspectos esenciales a tomar en cuenta en el establecimiento de las colecciones núcleo (30) y, en este caso, es muy importante por cuanto Cuba no es centro de origen de este cultivo.

Tabla VII. Porcentaje de representatividad de la colección núcleo de papa

Grupos	Colección base Número accesiones	Colección núcleo Número accesiones	%
1	45	6	13.3
2	69	8	11.6
3	21	8	38.1
4	38	5	13.6
5	12	3	25
6	57	15	26.3
7	52	16	30.8
8	45	9	20
9	11	6	54.5
10	1	1	100
Total	351	77	21.9


Figura 4. Representatividad geográfica de la colección núcleo comparada con la colección base

Descripción de la colección núcleo

- ❖ Grupo 1: Compuesto por una especie silvestre y cinco variedades cultivadas caracterizadas por su susceptibilidad elevada al *PLRV* y una resistencia media a *A. solani*. Los rendimientos fluctúan de medios a bajos.
- ❖ Grupo 2: Compuesto por tres especies silvestres y cinco cultivadas con resistencia elevada al *PLRV* y comportamiento medio ante *A. solani*. Presenta rendimientos de bajo a medios.
- ❖ Grupo 3: Compuesto por ocho variedades cultivadas con alto valor del número de tubérculos y de masa promedio, resistencia moderada a *A. solani* y buen comportamiento ante el *PLRV*. Se encuentran las variedades comerciales foráneas como Desirée y la variedad cubana Yara (C-63).
- ❖ Grupo 4: Compuesto por cuatro especies silvestres, con rendimientos muy bajos y alta resistencia al *PLRV*

y cierta resistencia a *A. solani* y la mayor altura de la planta todos los grupos.

- ❖ Grupo 5: Compuesto por tres variedades con comportamiento medio para el rendimiento y sus componentes, susceptibilidad a *A. solani* y buen comportamiento ante el *PLRV*.
- ❖ Grupo 6: Compuesto por 15 especies silvestres caracterizadas por presentar un comportamiento extremadamente bajo para el rendimiento y sus componentes, pero una gran resistencia al *PLRV*, presentan susceptibilidad moderada a *A. solani*.
- ❖ Grupo 7: Compuesto por 16 variedades cultivadas caracterizadas por presentar altos valores para el rendimiento y sus componentes, susceptibilidad ante la incidencia de *A. solani* y afectaciones moderadas al *PLRV*. Compuesto por la mayoría de las variedades comerciales foráneas que se plantan en la actualidad en nuestro país y tres variedades cubanas.
- ❖ Grupo 8: Compuesto por nueve variedades comerciales con rendimientos altos pero altamente susceptibles a *A. solani* y susceptibilidad media al *PLRV*.
- ❖ Grupo 9: Compuesto por seis variedades, cinco de ellas silvestres, que se caracterizan por ser altamente susceptibles tanto para *A. solani* como al *PLRV*.
- ❖ Grupo 10. Compuesto por una sola variedad, la cual se aisló del resto de los grupos por presentar un alto rendimiento, la menor altura y un comportamiento medio ante *A. solani* y el *PLRV*.

De forma general, se puede plantear que la metodología empleada permitió establecer una colección núcleo en el germoplasma cubano de papa, que representará adecuadamente la colección base de partida. La selección de la colección núcleo representa el 21.9 % de la colección base y en ella se maximizan tanto los caracteres cuantitativos evaluados como los cualitativos. Se demostró que existe una composición adecuada tanto para la resistencia a *A. solani* como ante la incidencia del *PLRV* con la presencia de especies silvestres y variedades cultivadas resistentes, susceptibles y de comportamiento intermedio. Existió una adecuada representación geográfica en tanto las accesiones de la colección núcleo proceden de ocho de los nueve países de origen.

REFERENCIAS

1. Van Hintum, J. L.; Brown, A. H. D.; Spillane, C. y Hodgkin, T. Colecciones núcleos de recursos fitogenéticos. *IPGRI Boletín Técnico*. 2003, no. 3, p. 44.
2. Frankel, O. H.; Brown, A. H. D. Plant genetic resources today: A critical appraisal. En: *Crop genetic resources: Conservation and evaluation* (J. H. W. Holden y J. T. Williams, Eds.) Massachusetts: Unin, Winchester, 1984, p. 161-170.
3. Huamán, Z.; Ortiz, R.; Zhang, D. y Rodríguez, F. Isozyme analysis of entire and core collections of *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* potato cultivars. *Crop Science*, 2000, vol. 40, no. 1, p. 273-276.

4. Río, A. H. del; Bamberg, J. B. y Huaman, Z. Genetic equivalence of putative duplicate germplasm collections held at CIP and US Potato Genebanks. *Amer. Journal of Potato Res.*, 2006, vol. 83, no. 2, p. 279-285.
5. Chandra, S.; Huaman, Z.; Hari Krishna, S. y Ortiz, R. Optimal sampling strategy and core collection size of Andean tetraploid potato based on isozyme data. A simulation study. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, vol. 104, no. 8, p. 1325-1334.
6. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Agrinfor, 1999, 64 p.
7. Cuba-MINAGRI. Normas técnicas para el cultivo de la papa. La Habana, Ministerio de la Agricultura. 1990, p. 46.
8. Estévez, A.; Salomón, J. L.; Castillo, J. G.; Ortiz, U. y Ortiz, E. Regionalización de clones cubanos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 3, p. 59-63.
9. Cordero, M. Bases metodológicas para la evaluación de la resistencia al PLRV en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) en Cuba. (Tesis de Maestría), UH, 1998.
10. Franco, T. L. e Hidalgo, R. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. *IPGRI Boletín Técnico*, 2003, no. 8, p. 89.
11. Quero-García, J.; Noyer, J. L.; Perrier, X.; Marchand, J. L. y Lebot, V. A germplasm stratification of taro (*Colocasia esculenta*) based on agro-morphological descriptors, validation by AFLP markers. *Euphytica*, 2004, vol. 137, no. 3, p. 387-395.
12. González, M. E. Mejoramiento por hibridación de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. (Tesis de Doctorado), INCA, 1998.
13. Castillo J.; Estévez, A.; González, M. E. y Salomón, J. L. Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum ssp*). Evaluación de las especies silvestres. Parte I. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 2, p. 63-64.
14. Estévez, A.; González, M. E y Cordero, M. Primeras variedades cubanas de papa. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no. 2, p. 74-78.
15. Cardi, T.; Mazzei, M. y Frusciante, L. Field variation in a tetraploid progeny derived by selfing a *Solanum commersonii* (+) *S. tuberosum* somatic hybrid: A multivariate analysis. *Euphytica*, 2002, vol. 124, no. 1, p. 111-119.
16. Crossa, J. y Franco, J. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica*, 2004, vol. 137, no. 1, p. 19-37.
17. Zhang, X.; Zhao, Y.; Cheng, Y.; Feng, X.; Guo, Q.; Zhou, M. y Hodgkin, T. Establishment of sesame germplasm core collection in China. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 2000, vol. 47, p. 273-279.
18. Bisht, I.S.; Mahajan, R.K; Loknathan, T.R.; Agrawal, R.C.. Diversity in Indian sesame collection and stratification of germplasm accessions in different diversity groups. *Genetic Resour. and Crop Evol.*, 1998, vol. 45, p. 325-335.
19. Wang, J. C.; Hu, J.; Xu, H. M. y Zhang, S. A strategy on constructing core collections by least distance stepwise sampling. *Theoretical and Applied Genetics*, 2007, p. 1432-2242.
20. Fundora, Z. M. /et al./ Establecimiento de colecciones "núcleo" en especies de hortalizas, granos básicos y oleaginosas. Propuesta premio MINAGRI. 2008.
21. Ghislain, M.; Zhang, D.; Fajardo, D.; Huamán, Z. y Hijmans, R. J. Marker-assisted sampling of the cultivated Andean potato *Solanum phureja* collection using RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1999, vol. 46, no. 6, p. 1573-5109.
22. Chavarriaga-Aguirre, P.; Maya, M. M.; Tohme, J.; Duque, M. C.; Iglesias, C.; Bonierbale, M. W.; Kresovich, S. y Kochert, G. Using microsatellites, isozymes and AFLPs to evaluate genetic diversity and redundancy in the cassava core collection and to assess the usefulness of DNA-based markers to maintain germplasm collections. *Molecular Breeding*, 1999, vol. 5, no. 3, p. 263-273.
23. Malosetti, M.; Abadié, T. y Germán, S. Comparing strategies for selecting a core subset for the Uruguayan barley collection. *Plant Genetic Resources Newsletter*, vol. 121, p. 20-26.
24. Estévez, A.; González, M. E.; Castillo, J. y Salomón, J. L. Anita una nueva variedad cubana de papa. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 69-70.
25. Chaerani, R.; Remmelt, G.; Piet, S. y Voorrips, R. E. Assessment of early blight (*Alternaria solani*) resistance in tomato using a droplet inoculation method. *Journal of General Plant Pathology*, 2007, vol. 73, no. 2, p. 96-103.
26. Novy, R. G.; Gillenand, A. M. y Whitworth, J. L. Characterization of the expression and inheritance of potato leafroll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY) resistance in three generations of germplasm derived from *Solanum etuberosum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 2007, vol. 114, no. 7, p. 1161-1172.
27. Vaikonen, J. P. Natural genes and mechanisms for resistance to viruses in cultivated and wild potato species (*Solanum* spp.). *Plant Breeding*, 1994, vol. 11, no. 2, p. 1-16.
28. Gillen, A. M. y Novy, R. G. Molecular characterization of the progeny of *Solanum etuberosum* identifies a genomic region associated with resistance to potato leafroll virus. *Euphytica*, 2007, vol. 155, no. 3, p. 403-415.
29. Brown, A. H. D. The case for core collections. En: The use of plant genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 1989, p. 136-156.
30. Del Río, A. y Bamberg, J.B. Geographical parameters and proximity to related species predict genetic variation in the inbred potato species *Solanum verrucosum* Schlecht. *Amer. Jour. of Potato Research*, 2004, vol. 81, no. 1, p. 55-62.

Recibido: 7 de julio de 2008

Aceptado: 3 de noviembre de 2008