

LOS RECURSOS GENÉTICOS:

Un Acervo Importante para el Mejoramiento de la Producción de Papa

Gustavo A. Elgarreto M.¹

Los recursos genéticos constituyen la base biológica para la seguridad alimentaria mundial, y están formados por la diversidad del material genético que contiene las variedades tradicionales y los cultivares modernos, así como por las plantas silvestres afines a las cultivadas. Estos recursos son la materia prima más importante para la generación de nuevas variedades y el mayor aporte para la producción y la diversidad genética que emplean los agricultores. También conforman un depósito de adaptabilidad y estabilidad genética que sirve de salvaguarda ante el peligro potencial representado por los cambios medioambientales y económicos, y los patógenos, insectos y otras plagas nuevas o sus biotipos.

En el futuro inmediato se prevé un gran crecimiento de la población mundial, por lo cual será necesario mejorar el rendimiento de las variedades de manera segura y sana. La conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos son fundamentales para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura, contribuyendo, de esta manera, al desarrollo nacional, a la seguridad alimentaria y al alivio de la pobreza.

El primer informe de la FAO (1996) sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo, con base en los informes nacionales de 158 países, identificó deficiencias en su conservación y utilización. Se está perdiendo la diversidad genética tanto en las fincas como en los bancos de germoplasma, y la principal causa contemporánea de

este fenómeno es la generalización de la agricultura comercial moderna. La consecuencia, casi siempre involuntaria, de la introducción de nuevas variedades de cultivos, ha sido la sustitución y pérdida de variedades tradicionales de los agricultores, de tal forma que es necesario implementar acciones que conlleven a la conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos vegetales (FAO, 1997).

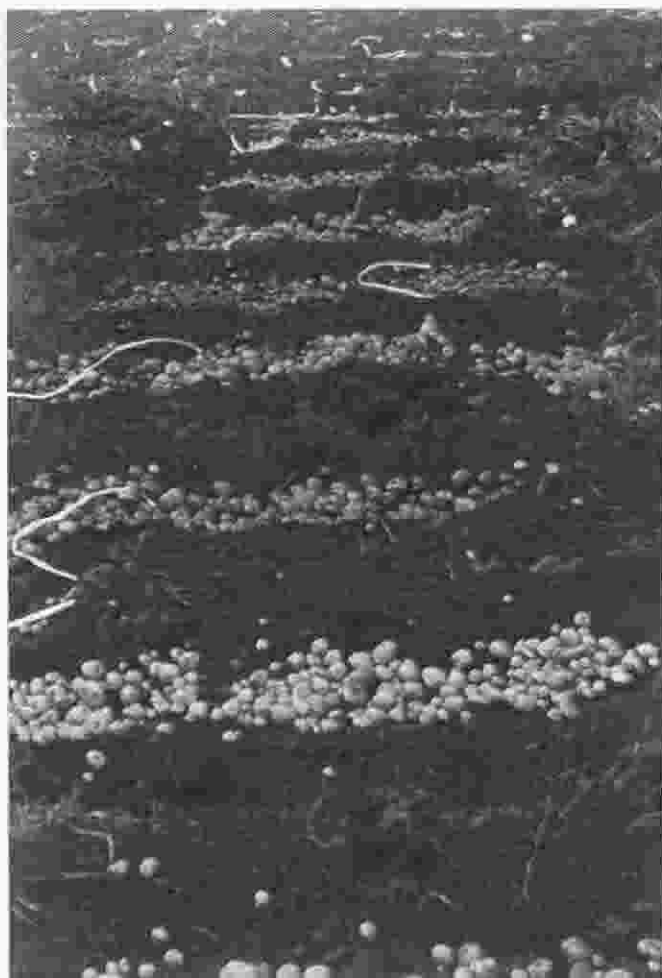
La papa es un cultivo de importancia mundial que satisface los requerimientos energéticos y de nutrición de más de dos mil millones de personas en los países en desarrollo, papel que continuará desempeñando en las próximas dos décadas (Scott et al., 2000).

La diversidad genética de la especie, que incluye unos 4000 cultivares actualmente conservados y mantenidos en el CIP en El Perú, la integran unas 200 especies silvestres con características de interés por su resistencia a enfermedades, plagas y a condiciones de agobio o estrés ambiental, y ocho especies cultivadas con variabilidad importante dentro de cada especie por características morfológicas y agronómicas como la precocidad y la calidad, según los parámetros industriales.

En este artículo se analiza el potencial de los recursos genéticos de las especies de papas silvestres y cultivadas para el fitomejoramiento presente y futuro de nuevos cultivares, con

Especies silvestres, fuente de resistencia a factores bióticos y abióticos.

¹ Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá E. Mail: galigarm@bacata.usc.unal.edu.co.



énfasis en la Colección Central Colombiana de Papa, ubicada en el Centro de Investigación Tibaitatá de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, administrada por el convenio tripartito Ministerio de Agricultura, ICA y Corpoica.

Potencial de las Especies Silvestres

En el desarrollo de la agricultura, los parientes silvestres se han encontrado, a veces, alrededor de los campos de los agricultores creciendo como malezas en terrenos cultivados y cruzándose con plantas cultivadas, lo cual es un proceso natural que ayuda a que el flujo de genes de los silvestres mantenga los cultivos diversificados.

Hace cerca de seis décadas, Vavilov llamó la atención sobre el potencial que representaban los parientes de las especies cultivadas para mejorar la agricultura. Las especies silvestres poseen gran rusticidad y son fuentes valiosas de resistencia a las enfermedades y plagas, así como de tolerancia a las condiciones adversas del cultivo, porque éstas han tenido que evolucionar por sí mismas, según el principio de "la supervivencia del más fuerte", a diferencia de las plantas cultivadas y protegidas por el hombre en ambientes favorables y condiciones de cultivo modificadas.

El pool de genes acumulados por las plantas silvestres durante millones de años es de gran valor para los agricultores, y si no se contara con las características útiles de los silvestres y parientes silvestres, los fitomejoradores tendrían muchas dificultades para superar las limitaciones de rendimiento (Hoyt, 1992).

Las especies silvestres que tienen estrecha relación con las cultivadas son relativamente fáciles de cruzar con éstas, pues como regla general, si el cruzamiento amplio es más fácil entre especies del mismo género, también depende de la forma como han evolucionado esas especies. Uno de los problemas más comunes del cruzamiento amplio es el que se realiza entre plantas con diferentes niveles de ploidía, la cual, en papa, va de diploide a hexaploide ($2n=2x=24$ a $2n=6x=72$ cromosomas).

Esta barrera se puede superar de varias maneras, una de las cuales es mediante el cruzamiento de papas diploides que produzcan gametos $2n$ y que son fáciles de cruzar con tetraploides para obtener especímenes tetraploides. En dichas plantas no ocurre la reducción normal en la formación de gametos, resultando $2n$ en vez de n . Esto hace que las células del tubo polínico o del polen tengan un conjunto completo de cromosomas $2n$ en vez de la mitad, como es normal.

Las especies silvestres de papa dieron origen, en número

limitado, a las ocho cultivadas; no obstante, a pesar de la importancia que aquellas tienen para el mejoramiento de las cultivadas, éstas son, por lo general, descuidadas en la recolección de germoplasma y en el uso del mismo. Las razones para ignorarlas son la poca información acerca de su potencial y lo dispendioso de las técnicas que en algunas ocasiones se requirieron para utilizarlas. Las nuevas técnicas del manejo genético de la ploidía y de la biología molecular contribuirán a la transferencia de genes, pero quedará un gran trabajo por hacer en la búsqueda de material silvestre útil en los programas de cruzamientos con especies de importancia comercial (Okada y Clausen, 1984).

Especies Cultivadas

En la historia de la humanidad, las plantas cultivadas por los agricultores fueron, en un principio, las razas o variedades locales domesticadas, las cuales permanecieron, en cierto sentido, sin modificación con respecto a las especies silvestres, aunque habían sido seleccionadas en forma artificial por algún carácter deseable y se adaptaron a las influencias humanas y ambientales particulares (Allard, 1967).

Más tarde, con el desarrollo de mejoramiento de las variedades locales de manera deliberada, resultaron los cultivares élites de alta productividad, de porte bajo y plantas uniformes, que han reemplazado a través del tiempo a las variedades locales que coexistieron con los parientes

silvestres. En la actualidad pocos agricultores cultivan variedades locales en pequeñas áreas aisladas en los países en desarrollo, y aun cuando algunas de éstas fueron colectadas y ahora guardadas en los bancos de germoplasma, muchas desaparecieron para siempre como consecuencia de la agricultura moderna, en especial porque el uso de los herbicidas eliminó gran cantidad de los parientes silvestres que crecían como malezas.

La uniformidad genética puede aumentar la vulnerabilidad de un cultivo a epidemias de plagas, ya que los patógenos evolucionan y el cultivo se queda fijo. Así, siempre se protagoniza una carrera contra el tiempo tratando de mantenerse adelante de la rápida evolución de las plagas. Para proteger sus cosechas, cada vez más los agricultores siembran varios cultivares en la misma área, de tal forma que la diversidad genética natural depende de diferentes individuos con alguna diferencia genética, lo cual permite a la población enfrentarse a la supervivencia.

El rápido avance de la biotecnología, a través de la recombinación del ADN y la fusión de protoplastos, ofrece un nuevo enfoque para el mejoramiento genético de las plantas. La transferencia de genes de una planta a otra puede producir un gran impacto

Los recursos genéticos constituyen la base biológica para la seguridad alimentaria de la población mundial

real, con respecto a ciertas técnicas convencionales de retrocruzamiento. También es posible introducir genes de parientes más lejanos que en la actualidad no pueden emplearse en el mejoramiento de los cultivos. Un paso aún más dramático en el mejoramiento es la obtención de plantas transgénicas, extrayendo genes de plantas o animales y empleando vectores para colocarlos en la nueva planta.

Conservación de la Diversidad Genética

Los genes vegetales sólo pueden conservarse en sistemas vivos y las semillas son, sin duda, la parte de la planta más conveniente para su conservación. Las especies silvestres resultan más difíciles de manejar en los procesos de regeneración que las cultivadas; con frecuencia no se comportan en las condiciones para germinarlas y muchas requieren tratamientos especiales para romper la latencia.



La conservación *ex situ* (fuera del hábitat natural), independiente del método usado, no proporciona la oportunidad para que un pariente silvestre continúe por completo el proceso evolutivo que una especie cumple en su ambiente natural. No hay presión para adaptarse a condiciones naturales cambiantes, ni para competir con otras especies. Sin embargo, el mejoramiento *ex situ* es seguro cuando las plantas se destinan en su ambiente natural y tiene la ventaja de proporcionar un suministro oportuno de materiales para el investigador (Roca y Mroginski, 1993).

Cosecha de la Colección Central Colombiana de Papa en el ICA de El Valle (Soacha, Cundinamarca)

Las especies tuberosas del género *Solanum* pertenecen a la sección *petota* y a la subsección *papa*. Según Hawkes (1978), la subsección *papa* integra 18 series, las cuales involucran más o menos 158 especies cuyo grado de ploidía va de diploides a hexaploides. La serie tuberosa es importante porque comprende las especies cultivadas y también algunas silvestres. Sin embargo, las otras series son útiles para el mejorador en tanto fuente de resistencia a muchos factores de interés (Hernández y Pineda, 1996).

En el caso de la papa cultivada, los diploides silvestres han interactuado con las especies cultivadas para dar origen a nuevas formas domesticadas: *Solanum phureja*, *S. stenotomum*, *S. ajacubum*, *S. chaucha*, *S. juzepczuki*, *S. andigena*, *S. tuberosum* y *S. cotillatum*. La papa común, *Solanum tuberosum*, nombre dado por el botánico Gaspar Bauhin, es un tetraploide por contener cuatro conjuntos de cromosomas y fue el resultado de un cruzamiento entre una especie diploide cultivada, *S. stenotomum* y una especie diploide herbácea, *S. sparsivittum*, especie silvestre esta última que confirió la resistencia al nematodo del nudo radical, *Meloidogyne spp.*, la cual, a su vez, le ha permitido a la papa común mayor rango de adaptación a ambientes con relación a sus progenitores (Plucknett y otros, 1992).

La meta debe ser conservar toda la variación genética posible de cada pariente silvestre, porque no se puede predecir qué se necesitará en el futuro, y porque así se dan mayores las opciones para que los fitomejoradores encuentren las características que pueden buscar. Por tal razón, conviene usar, cuando ello sea posible, tanto la conservación *ex situ* como *in situ* para compensar las dificultades de cada método, advirtiendo que la conservación *ex situ* es vulnerable a agentes externos y detiene la evolución (Pistorius, 1997).

Sólo a partir de 1920 se han realizado numerosas expediciones para coleccionar genotipos cultivados y silvestres de la papa en el continente americano. Este material forma parte de las colecciones nacionales de los países andinos y ha permitido éxitos en el mejoramiento genético del cultivo.

La Tabla 1 resume el número de especies y entradas o clones de los más importantes bancos de germoplasma de papa.

En Colombia, con la creación de Corpoica en 1993 se comenzó a implementar el sistema nacional de bancos de germoplasma vegetal, el cual, en el caso de la papa, desarrolla actividades como regeneración e incremento de colecciones, mantenimiento

Tabla 1. Cultivares de papa en el sistema nacional de bancos de germoplasma de Colombia (Corpoica C. I. Tibaitatá) y en otros bancos de referencia.

BANCOS/ESPECIES	GRADOS DE PLOIDÍA (2N)	NÚMERO DE ACCESIONES
<i>Especies cultivadas en Colombia:</i>		
<i>S. stenotomum</i>	2x=24	9
<i>S. phureja</i>	2x=24	90
<i>S. chaucha</i>	3x=36	44
<i>S. Juzepczukii</i>	3x=36	2
<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>Tuberosum</i>	4x=48	81
<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>Andigena</i>	4x=48	680
<i>S. curtilobum</i>	5x=36	5
Total de entradas con semilla asexual	2x, 3x, 4x	895
Total de entradas con semilla sexual	2x a 5x	1519
<i>Especies silvestres:</i>		
Colombia: Corpoica, 18 especies	2x=24 a 6x=72	178
Colombia: Universidad Nacional, 32 especies	2x=24 a 6x=72	32
Wisconsin, EE.UU., 102 especies	2x=24 a 6x=72	1305
CIP, Holanda, Alemania, Escocia y América del Sur, 65 especies	2x=24 a 6x=72	800

de las mismas por diferentes sistemas de conservación a mediano (5 años) y largo plazo (30 o más años), descripción básica de los materiales almacenados, documentación de inventarios y de valoración agregada por procesos de caracterización y premejoramiento varietal. Este sistema junto con la colección de trabajo de otras instituciones como las universidades, gremios y agricultores, permite considerar a la Colección Nacional de Papa como la segunda en importancia mundial por su diversidad genética, después de la del Centro Internacional de la Papa (CIP) en (I Pera FAO, 1996).

En los Andes, los agricultores tradicionales acostumbran sembrar un diverso número de variedades en la misma parcela, y esta diversidad es objeto de selección por razones culturales y de identidad local, aunque su fin primordial es el del consumo casero. Ahora existen nuevos tipos de papa como resultado del intercambio entre productores y localidades, práctica muy común en algunas regiones de Colombia, como en la región del Cauca; en el departamento de Boyacá, en donde se dispone de un reducto de variedades regionales de papas criollas. Esta colección se conserva *in situ* en las fincas de los agricultores y presenta gran adaptación y variabilidad fenotípica en formas, colores y sabores (Torres, R. y Reyes, L.M., 1997).

El modelo actual de las entidades gubernamentales que integra activamente el conocimiento, la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos, debe involucrar como prioridad la conservación adecuada de la diversidad de los materiales de papa silvestres y cultivados.

Las especies silvestres son una fuente de genes para calidad, resistencia a insectos plaga, enfermedades y agobio ambiental

Para asegurar su futuro, se requiere de una estrategia que contemple actividades como estudios taxonómicos de los conjuntos genéticos, caracterización morfológica, evaluación fisiológica y, en especial, bioquímica y molecular para comparar patrones de diferentes plantas, fortalecer los bancos de semillas *in situ* y *ex situ*, promover el mejoramiento participativo como estrategia importante que involucre el conocimiento del agricultor y del científico, acerca del uso de los parentales silvestres

y los cultivares modernos, aumentar el conocimiento acerca de los efectos genéticos a largo plazo de la ecofisiología vegetal y el uso de biotecnologías con métodos novedosos de transferencia directa de genes de una planta a la otra, con producción de individuos fértiles.

Los Recursos Genéticos y el Mejoramiento de la Papa

La base del mejoramiento genético de la papa en Colombia estuvo constituida por los cruzamientos entre cultivares de *Solanum tuberosum* (papas del hemisferio norte) y cultivares de *S. andigena* (papas nativas de los Andes). *S. tuberosum* aportaba buen tamaño y uniformidad del tubérculo y una buena precocidad (100-120 días de vida de vida a cosecha). *S. andigena* ofrecía mayor producción, resistencia a algunos virus y hongos, incluyendo la "gota" (*Phytophthora infestans*) y alta calidad culinaria, aunque sus tubérculos son pequeños y tardíos (6 meses) (Istrada, 1996).

Con el gran vigor híbrido de estos cruzamientos y la selección masal desarrollada por primera vez en este cultivo, se han obtenido nuevos y precoces cultivares como Monserrate y Combal, de gran calidad y resistencia a "gota", y que todavía mantienen su resistencia poligénica a pesar de que su liberación tanto a nivel nacional como internacional va cumple más de 40 años (Estrada, 1996).

De igual forma, en el Programa de Mejoramiento de Papa del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, se produjeron más de 35 variedades, entre las cuales se mencionan Capiro, Puracé, Nanián, Pícacho y Tequendama. Con todos estos cultivares se ha logrado un impacto en productividad al pasar de 6 t/ha, en 1950, a 20 en la actualidad, con un área nacional cultivada que de 40 000 ha ascendió a casi 200 000 ha actuales. La producción del tubérculo se destina al consumo en fresco y aproximadamente el 12% de ella se emplea en el procesamiento industrial. En tiempos recientes (1995) se entregaron a los productores las variedades mejoradas Zipa, Única y Morita, obtenidas por el ICA, y en el año 2000 la variedad Milenia-1, liberada por Corpoica, con excelentes condiciones para la industria de papa frita.

Como un gran aporte al mejoramiento del cultivo, a éste se le están aplicando, en el entorno mundial, herramientas biotecnológicas como multiplicación masiva a través de cultivo de tejidos, identificación de duplicados mediante pruebas bioquímicas y moleculares, obtención de mutantes a partir de callós, inducción de variación somoclonal, fusiones de protoplastos entre especies de difícil cruzabilidad y agregación de genes deseables mediante la obtención de plantas transgénicas.

Considerando la evolución de las especies cultivadas en papa, al igual que en muchas otras especies vegetales, los campos con especies malezas han servido como "laboratorios" primitivos para el desarrollo de las especies cultivadas. En el caso de las papas cultivadas (*Solanum spp.*), por ejemplo, los diploides silvestres de *Solanum* han interactuado con las especies cultivadas para originar nuevas formas domesticadas. La *S. ajanhuiri*, una papa diploide cultivada a altitud de 3 800 a 4 000 metros por los indígenas Aimará del sur del Perú y norte de Bolivia, surgió de la hibridación entre una papa cultivada (*S. stenotomum*) y una especie silvestre (*S. megstacalobum*). La última es la responsable de la tolerancia a las heladas que está presente en la variedad *S. ajanhuiri* (Plucknett y otros, 1992).

La resistencia a los tipos más agresivos del nematodo *Heterodera rostochiensis*, la adquirió la papa común a través de cruzamientos amplios, así, desde un tetraploide silvestre (*S. obovatoense*) a *S. sucrensis* silvestre y de allí a *S. tuberosum* (Hawkes, 1977). Por otra parte, las papas malezas en los campos y sus alrededores han contribuido al desarrollo de nuevas papas mejorando la resistencia a plagas y a climas adversos.

En el caso de los virus patógenos de la papa, con bases en muestras

de una papa silvestre (*S. stenotomum*) enviadas al Instituto Max Planck, en Alemania, se desarrollaron cultivares cuya resistencia al virus Y (PVY) de la papa es considerable. Los fitomejoradores han acudido a las colecciones de especies silvestres del Inter-Regional Potato Germplasm Collection, en Sturgeon Bay (Wisconsin, EE.UU.), para transferir resistencia al virus X de *S. acule* e inmunidad a los virus PVX y PVY de *S. stenotomum* y *S. chacoense* a la papa cultivada (Plucknett y otros, 1992).

Las especies silvestres constituyen un recurso importante para los mejoradores que seleccionan germoplasma por resistencia a enfermedades causadas por hongos. En 1908 la variedad *Solanum demissum*, originaria de México y con resistencia monogénica al hongo *P. infestans* llamado "gota" o "tizón tardío", sirvió para transferir este carácter a la papa cultivada, resistencia que sólo duró pocos años porque aparecieron nuevas razas del hongo. No obstante, la variedad *S. demissum* ha servido para mejorar la producción de papa durante varias décadas. Aún hoy en día esta papa silvestre proporciona genes menores de resistencia al hongo en variedades cultivadas, y el CIP ha ayudado, por su parte, a liberar variedades en varios países partiendo de *S. demissum* y de razas nativas de papa común.

Con los nuevos enfoques de biotecnología y mejoramiento genético de las plantas se evitarán daños ambientales que resultan de controlar indiscriminadamente las plagas del cultivo

Por otra parte, en algunos cultivares de *S. andigena* y *S. phureja* y en varios silvestres se ha encontrado resistencia poligénica de tipo parcial, lo cual se debe aparentemente a cuatro o más genes, y le proporciona a la papa una estabilidad de resistencia en el tiempo y en el espacio (Estrada, 1996). Según estudios de Estrada y Guzmán (1990), estos genes controlan la capacidad de penetración del hongo, la velocidad de esporulación, la rapidez de crecimiento en el huésped y la producción de sustancias inhibitorias en el mismo.

Entre las variedades nativas más notables por esta resistencia se destacan Algodoná, la Jabonilla, la flora de *S. andigena* y los clones I, 118 y 125 de la colección colombiana de *S. phureja*. También el material cultivar híbrido Monserrate ha mantenido su resistencia poligénica por muchos años, en Colombia y varios países, (Estrada, 1996), y Lupa, Bogotano, Ojón y la accesión 250 (n.n.) de la subsp. *andigena* (Ospina y Ugarréto, 2000). Existen, además, varias especies silvestres con resistencia poligénica como *S. avilessi*, *S. bulbocastanum*, *S. stenotomum*, *S. polydentum*, *S. hougasii*, *S. verrucosum*,

S. topetalum y *S. brachycarpum*, utilizadas con éxito en Colombia y Bolivia (Estrada, 2000).

Entre los factores abióticos adversos al cultivo de la papa está el daño causado por las heladas, muy común en los países andinos, pues se estima que el 70% de las áreas sembradas con papa en estos países no escapan a él provocando pérdidas en la producción hasta del 30% (Estrada, 1996), a causa de la rápida deshidratación de las células vegetales y la desnaturalización de las proteínas que ocasiona (El et al, 1981).

A pesar de lo anterior, conviene señalar que hay factores fisiológicos y morfológicos que determinan la resistencia de los tejidos de las plantas a las heladas, los cuales ejercen un control genético, y se han descubierto en las especies silvestres o semisilvestres de papa que resisten hasta -6° C durante un periodo de 2 a 3 horas. Entre las variedades silvestres están *S. acule*, *S. multidsectum*, *S. canasense* y *S. densissum*, con buen potencial de cruzabilidad, y algunas de las especies cultivadas provenientes de cruzamientos naturales con las silvestres

resistentes, tales como *S. andigena*, *S. stenotumum*, con buena cruzabilidad y *S. ajanhuiri*, *S. curtilobum* con cruzabilidad regular. También se dispone de híbridos naturales (*Solanum x* *vizpoczi* (Kil) y *S. x ajanhuiri*) resistentes a heladas pero con alto contenido de glucocalcoides, con sabor amargo y bajos rendimientos (Richardson y Estrada, 1977).

En el caso de la papa, son grandes los aportes de los recursos genéticos al mejoramiento de las nuevas variedades por muchos factores, entre los cuales se pueden resaltar los siguientes: gran adaptación, una notable diversidad y variabilidad genética en las plantas cultivadas y especies

silvestres, alta heterosis, diferentes tipos de semilla vegetativa y sexual y variadas tasas de cruzabilidad, entre otros. Es posible que a medida que se evalúen mucho más las accesiones de germoplasma, aumente su empleo en los programas de fitomejoramiento. De igual forma, éstas contribuirán, de manera indirecta, a evitar los daños ambientales que resultan de controlar, sin ninguna discriminación, las plagas del cultivo, dada la susceptibilidad de éstas a elementos químicos extraños.

En el sistema nacional de bancos de germoplasma se conservan las semillas del futuro

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARO, R. W. 1997. Principios de la mejora genética de las plantas. Bogotá, Colombia, p. 1-15.

ESTRADA, N. 1996. Los recursos genéticos en el mejoramiento de la papa en los países andinos. In: Papa: Colombia: acciones del mejoramiento genético. Serie Agrícola 2000 (Programa Nacional de Comunicaciones y Asociaciones) Ed. p. 1-14.

ESTRADA, N. 2000. La diversidad genética en el mejoramiento genético de la papa. Bogotá, Colombia/CEVA/377 p.

ESTRADA, N., GUZMÁN, J. 1969. Herencia de la resistencia descubierto al hongo (*Phytophthora infestans*) y de la resistencia a las heladas en variedades de papa. Revista de la Universidad de C. Colombia vol. 2 no. 3 p. 11-17.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1996. Informe Conferencia Internacional sobre los Recursos Genéticos Agrícolas. Roma, Italia/FAO/1996/10/106/REP.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1997. Conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. En: Plan de Acción Mundial. Fundamentos, principios. CIR-CIAT 409 p. (Publicación No. 707).

HAWKES, J. G. 1977. The importance of wild germplasm in plant breeding. Evolution vol. 31, pp. 581-583.

HAWKES, J. G. 1978. Widespreadness of the potato in the potato crop. Dr. Thesis. P. 1. London, London/ Chapman and Hall/ 139 pp.

HERNÁNDEZ, L., PINEDA, R. 1999. Genética y mejoramiento de la papa en Pápas Colombianas con el fin de conservar el ambiente agrícola. Editorial Comunicaciones y Asociados Ltda. p. 51-69. Serie Agrícola/2000.

HORTS, J. 1997. Conservando los recursos genéticos de las plantas cultivadas. Editorial/Ediciones Wadsworth/Ediciones/SA, B. 444 pp. 52 p.

DE JON, P. J. M., DE JON, P. J. A., DE JON, P. J. M., CHEN, H. H., PALTA, J. F. 1981. Potato freezing injury and survival, and their relationships to other stress. American Potato Journal vol. 58, p. 15-27.

ORLANDO, V., CLAUSEN, A. M. 1984. Exploración de recursos fitogenéticos. En: Anales del Simposio de Recursos Genéticos. Contreras, A. y Escobar, J. Universidad Nueva de Chile y Colegio Agrícola Municipal de Buenos Aires/Chile. Valdivia Chile. p. 28-34.

OSUNA, M. C., OGARRETO, G. A. 2000. Análisis de la calidad de papa en genotipos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) nacional y *Phytophthora infestans* en proyectos. Agencia Colombiana. 2001. 3105 p.

POSTERNAK, K. 1987. Scientific plants and peoples. A history of the plant genetic resources movement. Roma, ICRG/180 p.

PROCKNOR, D. G., WILLIAMS, J. C., SWING, N., SANDHEDY, A. N. 2002. Los bancos genéticos de la agricultura mundial. FAO, Roma, Italia/FAO p. 17-188.

RICHARDSON, D. G., ESTRADA, N. 1981. Evaluation of frost resistant tuber-bearing *Solanum* species. American Potato Journal. Vol. 58, no. 9 p. 339-343.

RICE, W. M., MROGINSKI, J. A. 1990. Cultura de papas en la agricultura fundamental y aplicaciones. Cir-CIAT 369 p.

SCOTT, C., ROSE GRANT, M., KIBICIE, C. 2000. Raíces y tubérculos para el siglo 21. Informe de investigación y opciones políticas. Vredningen/CI, International Food Policy Research Institute. 2 p. (Resumen 2000 no. 60).