



# Revisión bibliográfica

## *Polianthes tuberosa* L.: REVISIÓN DE SUS ASPECTOS FILOGENÉTICOS, MORFOLÓGICOS Y DE CULTIVO

### Review

### *Polianthes tuberosa* L.: a review of their phylogenetic, morphologic and of cultivation features

María Esther González Vega

**ABSTRACT.** The species *Polianthes tuberosa* L., of the family of the agavaceas, presents favorable qualities as cut flowers and ornamental plant, also is appreciated by its medicinal properties and peculiar aroma, from the national and international point of view. However, ignorance still exists on their characteristics and potentialities like cultivated plant. The current paper presents informations of interest about this species and discusses the importance of it multiplication and conservation.

**RESUMEN.** La especie *Polianthes tuberosa* L., de la familia de las agaváceas, presenta cualidades favorables como flor cortada y planta ornamental, esta especie también es apreciada por sus propiedades medicinales y su aroma peculiar, tanto desde el punto de vista nacional como internacional. Sin embargo, aún existe desconocimiento sobre sus características y potencialidades como planta cultivada. En el presente trabajo se exponen informaciones de interés sobre esta especie y se discute la importancia de su multiplicación y conservación.

**Key words:** agavaceae, cut flowers, nardo, ornamental plant, medicinal properties

**Palabras clave:** agavaceae, flor cortada, nardo, plantas ornamentales, propiedades medicinales

### INTRODUCCIÓN

La flora constituye un elemento estético, paisajístico y de servicio ambiental importante. En particular, la floricultura es la rama de la horticultura que tiene como finalidad la explotación de la producción y cultivo de flores. Se plantea que desde los inicios de la humanidad, el hombre sintió la necesidad de cultivar plantas que, más allá de su utilidad alimentaria, embellecieran su entorno, ya fuese por su porte, el atractivo de sus flores, follaje, proporcionar privacidad, protección, su valor estético-escénico y

enonómico-social (1). Actualmente, es conocido que dicho sector constituye una gran oportunidad para diversos productores agrícolas y ha devenido en un negocio de grandes proporciones.

La producción mundial de flores en sus inicios fue impulsada por el desarrollo de las economías de varios países, destacándose el auge logrado en sociedades desarrolladas como Europa Occidental, América del Norte, Canadá y Japón, quienes abarcan hoy en día más del 50 % de la comercialización de flores de corte. Se plantea que en los países importadores de flores la demanda exhibe, anualmente, incrementos que oscilan entre un 10 y 15 % (2).

En Cuba, la producción de flores se realiza a pequeña escala, por parte de productores

que han conservado dichos cultivos a través del tiempo. La comercialización de las mismas es de gran importancia para algunos sectores de la población, ya que existen fechas establecidas por las costumbres del país que las demandan, según las preferencias de los clientes en cuanto a tipo, colores y arreglos florales. Sin embargo, no se satisfacen las demandas nacionales, a pesar de ser un país rico en diversidad de especies botánicas y contar con un clima tropical caracterizado por la ausencia de grandes diferencias térmicas y alta humedad relativa, apropiado para la producción de un gran número de especies de flores de corte y plantas ornamentales (3).

No obstante, es preciso destacar que en los últimos años estas producciones de flores se

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ esther@inca.edu.cu

han incrementado (4), en gran medida debido al movimiento de la Agricultura Urbana (5).

Dentro de la floricultura cabe destacar al género *Polianthes* L., que es endémico de México, pertenece a la familia Agavaceae (6) y es de alta significación desde el punto de vista económico. Este género está conformado por 15 especies (7). Diversos representantes del género son importantes a nivel científico, cultural y económico. Dentro de las especies del género *Polianthes* L. puede mencionarse a *P. densiflora*, *P. durangensis*, *P. elongata*, *P. howardii*, *P. longiflora*, *P. palustris*, *P. platyphylla*, *P. graminifolia*, *P. bicolor*, *P. geminiflora*, *P. mexicana*, *P. gracilis*, *P. tuberosa*, entre otras.

La especie *P. tuberosa*, conocida comúnmente como nardo, ha sido cultivada como planta ornamental desde hace más de 400 años. Además, se caracteriza por la alta concentración de sapogeninas en sus rizomas y raíces tuberosas, y posee aceites esenciales de interés para la industria farmacéutica y del perfume (8, 9). Por todo ello, se plantea que esta especie desde tiempos prehispánicos ha sido utilizada con fines medicinales, ornamentales y ceremoniales (10), así como en diversos rituales tradicionales.

Actualmente, se conoce que la demanda de bulbos de esta especie ha aumentado en diversas partes del mundo. En Cuba, *P. tuberosa* es utilizada en arreglos florales y apreciada por su peculiar aroma. Sin embargo, aún es necesario ganar en la información de que puedan disponer los especialistas y productores para garantizar un adecuado manejo, incrementar la cultura de producción y evaluar las consideraciones sobre las posibles demandas relacionadas con esta especie como atractiva flor de corte y planta ornamental; así como para la extracción de aceites esenciales con fines industriales lo que permitiría, de algún modo,

contribuir al desarrollo económico del país y poder satisfacer con calidad los intereses de la población.

## CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Algunos de los aspectos de la especie *P. tuberosa* relacionados con la sistemática se describen a continuación (11, 12):

Reino: Vegetal

División: Esparmafitas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Asparagales

Familia: Agavaceae

Género: *Polianthes*

Especie: *Polianthes tuberosa* L.

La unión de las familias Amarillydaceae y Liliaceae, y el reconocimiento de Agavaceae como una familia independiente tuvo lugar en 1988 (13). Se señala que durante el estudio de esta última los criterios para su delimitación son muy diversos, lo que obedece a procesos de convergencia y paralelismo originados por la filogenia de la familia<sup>A</sup>. Todo ello ha conllevado a diversos estudios y reflexiones con respecto a su validez.

La familia Agavaceae es endémica de América, se distribuye desde los límites entre Canadá y Estados Unidos hasta Bolivia, incluyendo las islas del Caribe. Esta familia cuenta con nueve géneros y 330 especies. El centro de origen y diversidad se encuentra en México, donde se localizan 251 especies, 76 % de las descritas en el mundo, de las cuales 177 son endémicas, lo que corresponde al 70 %. Se plantea que los miembros de esta familia alcanzan un mayor crecimiento a 1500-2000 m sobre el nivel del mar (14).

<sup>A</sup> Hernández, S.L. "Análisis filogenético de Agavaceae y Nolinaceae con base en su morfología". *Primer Simposio Internacional sobre Agaváceas*, edit. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1994.

Con el objetivo de complementar los estudios taxonómicos de la familia Agavaceae se han desarrollado diferentes análisis morfológicos y anatómicos, que incluyen estructuras reproductivas y vegetativas, estudios del cariotipo, análisis moleculares y filogenéticos<sup>B</sup>. Esta constituye una de las 10 familias de monocotiledóneas con mayor riqueza de especies en el estado de Oaxaca, México (15).

La familia Agavaceae posee importancia desde el punto de vista económico, para diferentes regiones del mundo, abarca diversas especies de plantas que fueron domesticadas por culturas precolombinas de México. Esta familia incluye al género Agave, cuyas especies son reconocidas por proporcionar hojas con altas concentraciones de sapogeninas, terpenos, esteroides y vitaminas, por ello el uso para la obtención de jabones y con fines medicinales de varias de las especies de este género (16). Otras de las especies incluidas en el citado género han cobrado gran significación al ser cultivadas para la producción de destilados alcohólicos como el tequila y el mezcal. Además, brindan fibras de gran resistencia y durabilidad que se emplean en trabajos artesanales, en la creación de redes para pesca, en cordelería, entre otros (17).

Dentro de esta importante familia se encuentran otros géneros como son *Cordyline*, *Dracaena*, *Sansevieria* y *Yucca*, conformados por especies que presentan follajes muy vistosos y se utilizan como plantas ornamentales.

La familia Agavaceae también incluye al género *Polianthes* (11, 18), avalado por estudios citológicos y celulares en diferentes géneros y especies, donde se han

<sup>B</sup> Solano, C. E. *Sistemática del género Polianthes L. (Agavaceae)*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2000.

registrado cinco cromosomas grandes y 25 pequeños, para  $n=30$  (complejo *Yucca-Agave*) (19–23). Es válido destacar que, este género inicialmente se incluyó en la familia *Amarillydaceae*, pero los resultados de estudios cariotípicos en el género *Polianthes* L., específicamente en *Polianthes tuberosa* L. (nardo cultivado), permitieron corroborar que *Agavaceae* es una familia diferente (24).

## GÉNERO POLIANTHES L.

El género *Polianthes* L. es endémico de México, es muy importante desde el punto de vista económico, científico y cultural<sup>B</sup>. Con respecto al término *Polianthes*, se plantea que significa “muchas flores” en lengua griega. El género *Polianthes* L. agrupa alrededor de 15 especies<sup>B</sup> (7). Dentro de las especies del género pueden mencionarse *P. densiflora*, *P. durangensis*, *P. elongata*, *P. howardii*, *P. longiflora*, *P. palustris*, *P. platyphylla*, *P. graminifolia*, *P. bicolor*, *P. geminiflora*, *P. mexicana*, *P. gracilis*, *P. tuberosa*, entre otras.

De manera similar a como ocurre con otros géneros de la familia *Agavaceae*, existen algunas dificultades con la delimitación de especies de este género, que además está muy poco representado en los herbarios<sup>B</sup>. A través de determinados estudios se ha detectado que este taxón, como muchos otros de distribución restringida, es sensible a las perturbaciones de su hábitat natural y en consecuencia es vulnerable a la extinción (25), un problema que actualmente afecta a diversos cultivos.

En tal sentido, estos autores señalan que las actividades agrícolas y ganaderas constituyen causas fundamentales de la transformación de los hábitats naturales, lo que hace indispensable la continua revisión del estatus de conservación de las especies (25). Todo ello pone en grave peligro a poblaciones

como las del género *Polianthes* ya que, entre otros aspectos, sus cormos y bulbos son vulnerables al pisoteo por el ganado y a las labores culturales (26).

Estas razones han motivado el desarrollo de importantes investigaciones relacionadas con la reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies pertenecientes al género *Polianthes* L. (*P. densiflora*, *P. howardii*, *P. longiflora*, *P. platyphylla* y *P. palustris*) y a raíz de los resultados alcanzados se propusieron algunas estrategias para la conservación de estas especies vulnerables (25). Asimismo, los autores consideraron la necesidad de combinar diferentes alternativas, o sea prácticas de conservación *in situ* y *ex situ* en estas especies, lo que garantiza mayor éxito al cumplimentar las tareas concebidas en los programas de preservación de la biodiversidad (27–29).

Es de destacar que, para lograr la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos de manera exitosa se requiere, además, del actuar de personas muy diversas en cada sitio de acción, entre ellos, los responsables del germoplasma, los mejoradores, los científicos, los agricultores y sus comunidades, así como los decisores (25, 30).

En Cuba, similar a otras naciones, cabe mencionar a *Polianthes tuberosa* L. como la especie más conocida del género *Polianthes* L. La misma es utilizada en arreglos florales y resulta muy apreciada por su aroma, que es de destacar presenta características muy peculiares (31). De igual modo, algunos autores han referido sobre la extracción de compuestos útiles a partir de la misma, como por ejemplo las sapogeninas esteroidales, de gran aplicación desde el punto de vista industrial (9, 32–34).

## ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

*Polianthes tuberosa*-nardo, del latín “nardus”, es originaria de México, en el desierto de Sonora (35). Los aztecas la llamaron Omixochitl o flor de hueso; es de señalar que una de las características más importantes de la diversidad biológica de México son los endemismos (36). Se ha estimado que entre el 20 y 30 % de las especies son endémicas y que la mayor riqueza florística se encuentra en las áreas húmedas; mientras que los mayores porcentajes de especies endémicas se registran en aquellas floras en donde predominan los matorrales desérticos y pastizales de zonas secas como Tehuacan en Puebla y los desiertos Sonorense y Chihuahuense (35).

Aunque algunos autores plantean orígenes africanos y de América del Sur para *P. tuberosa* (12), es conocido que México tiene una gran diversidad biológica debido a su ubicación geográfica y sus diferentes climas, lo que hace que pueda aportar al ámbito internacional más de 40 especies ornamentales (36).

Por otra parte, es importante referir que el nardo como especie fue clasificado por primera vez por Linneo en 1737, en su obra “*Genera Plantarum*”, con el nombre genérico de *Polianthes*. Este cultivo fue introducido en Europa en 1629 por viajeros de la Edad Media que, generalmente, trasladaban material vegetal que se lograba adaptar muy bien al clima mediterráneo para los jardines reales. Se plantea que posteriormente *P. tuberosa* se cultivó ampliamente en el sur de Italia (Sicilia), el “Midi” francés y la Península Ibérica, sobre todo en el sureste (Comunidad Valenciana). Según la literatura, en el sur de Estados Unidos de América se encuentran grandes centros de producción de esta preciada flor de corte (12).

En Cuba, y con relación a las especies ornamentales, se plantea que a mediados del siglo XIX surgieron en La Habana los primeros jardines comerciales, dedicados fundamentalmente al cultivo de rosas y plantas ornamentales (37). A inicios del siglo XX, con el incremento de la población, aumentó considerablemente el número de los mismos, llegando a superar los 650 jardines en esta ciudad. En este mismo sentido, indica la literatura que en 1914 se introdujeron los primeros germoplasmas de estas especies, procedentes de Estados Unidos. Y en 1920 se dio inicio a las importaciones desde países como Holanda y Bélgica, fundamentalmente de bulbos y tubérculos (3).

Sin embargo, actualmente con respecto a *P. tuberosa*, es válido señalar los resultados de algunos diagnósticos realizados en diferentes provincias de Cuba; permiten corroborar que no se describe a esta especie como flor de corte en producción, en cultivos con fines comerciales. Aunque es conocido que por sus potencialidades, *P. tuberosa*, puede constituir una opción eficaz dentro del ámbito de producción de flores de corte y plantas ornamentales en la nación, lo que contribuiría a incrementar las ofertas a la población, además de favorecer el aumento en la diversidad de especies de plantas explotadas con tales fines<sup>c</sup>.

## DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

*Polianthes tuberosa* L. es descrita como una planta tuberosa, herbácea perenne, conocida de forma común como: nardo, amole, tuberosa, tuberosa blanca, amiga

de noche, azucena y vara de San José. Es importante señalar que *P. tuberosa* se considera como especie cultivada dentro del género *Polianthes*.

Entre las principales características de esta especie cabe destacar, además, los siguientes aspectos:

**Bulbo:** Es el órgano de reproducción del nardo, tiene forma cónica oval y está provisto de una túnica. El bulbo consta de un "disco basal" de cuyo ápice surge el tallo floral. Esta estructura almacena reservas para la reproducción (38), dentro de ellas carbohidratos (39), las mismas se encuentran en las escamas bulbares, que suelen ser muy carnosas. A esta estructura se le denomina rizoma y es el órgano de subsistencia. El peso de los bulbos varía en correspondencia con su diámetro, estos son de color carmelita, y en su base se localiza un pequeño disco o rizoma que da origen a las raíces, que se caracterizan por ser cortas, abundantes y redondeadas (12).

**Hoja:** Las hojas son sésiles, carnosas, alargadas, lineares y estrechas. Presentan, en general, color verde claro, alcanzan hasta 60 cm de longitud y 3,5 cm de ancho. Las hojas basales son color verde brillante y lanceoladas, de 30-45 cm de largo y presentan de ocho a 12 hojas caulinares reducidas. Las mismas se encuentran reunidas en la base de los tallos florales a modo de escamas y son arqueadas hacia el exterior (12).

Estudios relacionados con la anatomía foliar de esta especie, evidencian que el perfil de la lámina abierta, en sección transversal en hojas inmaduras se presenta en forma de U, lo que coincide con el estado de senescencia<sup>b</sup>. Sin embargo, dicho perfil en hojas maduras es recto. Además, se observó que la epidermis está constituida por una capa de células (uniestratificada), las que pueden

ser cuadradas, rectangulares o parcialmente esféricas<sup>b</sup>.

Con respecto a la configuración de las células que forman parte de los complejos estomáticos, se señala que es parasítica, o sea con una o más células anexas que bordean al estoma y que se disponen paralelas a las células oclusivas. Las células del parénquima en empalizada están poco desarrolladas hacia la cara adaxial y prácticamente ausentes hacia el envés, pues su desarrollo es extremadamente pobre<sup>b</sup>.

**Tallo floral e inflorescencia:** El tallo floral es erecto, alcanza entre 50-100 cm de altura y presenta en el extremo una espiga de flor, tiene color verde brillante, es redondo y su base es compacta. Se caracteriza por presentar hojas pequeñas de color verde claro. Los tallos aéreos pueden alcanzar una altura de hasta 180 cm (40). La inflorescencia es una espiga, mide entre 30-60 cm de longitud y el número de flores varía entre 8 y 20. En la inflorescencia, las flores de la base son las de mayor tamaño, y este va decreciendo en la medida que se acerca al ápice (41).

**Flores:** Las flores son blancas (41, 42), con ligeros tonos rosados, muy aromáticas y de aspecto céreo. Son pequeñas, de 3-6 cm de largo, sésiles con los segmentos extendidos y el tubo curvo, suelen ocupar más de un tercio del tallo y se encuentran dispuestas en espigas en el extremo del mismo. Las flores aparecen en parejas y emergen de una bráctea, se presentan en forma de zig-zag y abren de la base al ápice (43).

En *Polianthes tuberosa* L. un aspecto favorable consiste en que las flores son de larga duración (38). Estas son hermafroditas y regulares, el perigonio corolino tiene forma de embudo, con tubo largo y curvado cerca de la base, dividido en seis laciniadas. Los estambres son inclusos y soldados en la parte central del tubo perigónico. El ovario es tricarpelar

<sup>c</sup> González, M. E.; Ramírez, M. A.; Valcárcel, M.; Castilla, Y.; Rondón, L.; Suárez, A. y Lago, E. "El nardo (*Polianthes tuberosa*), atractiva flor de corte: control de la antracnosis con el empleo de la quitosana". En: *Primer Congreso Cubano de Horticultura*, edit. Instituto de Investigaciones Hortícolas, La Habana, Cuba, 2012.

y trilobular con tres estigmas libres en el ápice, es ínfero, presenta seis tépalos que brotan de la zona superior del ovario.

**Aroma:** Dentro de las especies florales *P. tuberosa* es una de las más aromáticas. Su aroma es muy peculiar (31), es denso, penetrante y dulzón. Se plantea que esto se debe a la presencia de índol como componente principal en sus aceites esenciales, que además está acompañado de bencilacetato y metilautranilato (44).

**Fruto:** Es una cápsula loculicida, provista de tres valvas. Generalmente, contiene un alto número de semillas endospermicas, de forma deltoide o semicircular y aplanadas. Estudios anatómicos y micromorfológicos demuestran que las mismas carecen de almidón y presentan exotesta con reticulación primaria y secundaria, endotesta y embrión linear cilíndrico rodeado del endosperma oleoso. La coloración negra de las semillas se atribuye a la presencia de fitomelanos en la epidermis (45).

## VARIETADES

La especie *P. tuberosa* se caracteriza por presentar escasa variabilidad genética, la misma es propagada vegetativamente, en ausencia de recombinación genética. Generalmente, se multiplica a través de tubérculos (38). Todo ello, a su vez, dificulta las tareas de mejoramiento genético de la especie. Es de destacar que, las diferencias entre las variedades están dadas principalmente por aspectos tales como longitud de la espiga y de la inflorescencia, la forma de apertura de la flor y su grado de precocidad, entre otros.

De esta especie se conoce como variedad para flor cortada "La Perla", que presenta inflorescencia completa con flores blancas con perigonio doble y un tallo que oscila entre 80 y 160 cm de longitud. Esta variedad es ampliamente

cultivada en México, Estados Unidos, Argentina, España, la India, Irán (12, 40, 45).

Existen genotipos de *P. tuberosa* denominados enanos o rastreros, tal es el caso de la variedad "Perla enana", que se caracteriza por presentar una espiga compacta, flores muy grandes, dobles y resistentes, con tallos entre 60 y 80 cm de longitud.

Algunas de las variedades de esta especie son "Doble excelsior", "Tall double", "Florentiu", "Orange flower", entre otras. Es de señalar la existencia de una forma denominada *P. tuberosa* f. plena<sup>B</sup>, así como algunos híbridos heterocigóticos de diversos colores, sobre todo en Sudamérica, dentro de ellos, color rojo, rosado y amarillo. Aunque actualmente se pueden encontrar diversos híbridos en las llanuras de la India (39, 40).

También es válido destacar la utilidad de *P. tuberosa* como planta ornamental de maceta, un ejemplo lo constituye el caso de la variedad "Gracilis". En sentido general, diferentes autores plantean la importancia de continuar el desarrollo de estudios y programas de mejoramiento genético que conlleven a la obtención de nuevas variedades en este cultivo, o sea la obtención de plantas que produzcan flores de formas y colores variados, por el interés que representa desde el punto de vista comercial (45, 46). Dentro de ello, es importante referir que generalmente los cultivares de *P. tuberosa* de flores simples han quedado relegados por los de flores dobles, dado la belleza y lo atractivo que resultan estos últimos.

## ASPECTOS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Las especies de plantas que se reproducen asexualmente como *P. tuberosa*, se caracterizan por presentar poca variabilidad

genética; sin embargo, resultados obtenidos en diferentes cultivos evidencian que ésta puede ser inducida a través de mutágenos físicos y químicos (46–49), para ello resulta factible la aplicación de radiaciones ionizantes como los rayos X, el empleo de rayos gamma y neutrones, el uso de mutágenos químicos como etilmetano sulfonato (EMS), metilmetano sulfonato (MMS), fluoruro de hidrógeno (HF), entre otros (50–52).

En *P. tuberosa* el trabajo de mejoramiento genético ha sido muy poco en comparación con otros cultivos, y generalmente está encaminado a la obtención de un tallo fuerte, erecto y de considerable longitud, inflorescencia con abundantes flores y tolerancia a la marchites, así como adecuada disposición en la espiga. Otros aspectos de interés, en el proceso de mejora del cultivo, consisten en lograr la inducción de nuevos colores de la flor, así como variaciones en su forma y tamaño, por el significado que se le confiere desde el punto de vista comercial (44). Por otra parte, se trabaja en la búsqueda de uniformidad en el crecimiento, cultivo y floración de los cultivares, ya que facilita las labores de manejo y cosecha, por lo que constituye un criterio de selección muy valorado por los productores.

Existe otro aspecto de gran relevancia en la actualidad, ante los efectos del cambio climático, y está relacionado con la búsqueda de resistencia o tolerancia a las condiciones adversas del medio ambiente (53), lo que incluye afectaciones por diferentes plagas (insectos, patógenos fúngicos, virus, entre otros) (54). Este aspecto es de interés en *P. tuberosa*, por su alto grado de susceptibilidad a plagas, pues a pesar de ser una especie de ciclo corto, es afectada intensamente por varios patógenos, que influyen de manera negativa en su desarrollo y limitan tanto su belleza como los índices de producción.

Dentro del material vegetal que se utiliza para la inducción de mutaciones, en las plantas de propagación vegetativa, cabe mencionar órganos de multiplicación como el cormo (9, 55, 56), botón floral (42), segmentos de ápices (57), así como segmentos foliares (41); pero es conocido que estos órganos son pluricelulares, lo que hace más complejo el desarrollo de nuevos genotipos, o sea dificulta en cierta medida la obtención de los sectores mutados (45).

Al mismo tiempo, los especialistas refieren que pueden existir afectaciones por los efectos tóxicos de los agentes químicos que se utilizan para tales fines, y se hace muy difícil la aplicación de los mismos de forma homogénea. Por ello se considera a las radiaciones ionizantes con fuerte poder de penetración como los rayos X y gamma, como una adecuada opción para la inducción de mutaciones en plantas propagadas vegetativamente y con el objetivo de obtener genotipos mejorados (58).

La biotecnología vegetal ofrece herramientas muy útiles que facilitan un mejor aprovechamiento de las plantas, en este sentido las técnicas de cultivo de tejidos han resultado ser eficientes en la propagación de varias especies vegetales; permiten el crecimiento de células, tejidos y órganos aislados de la planta madre y se basan en la totipotencialidad de las células (59). Estas técnicas de micropropagación, generalmente, presentan superioridad con relación a los métodos de propagación vegetativa convencionales, porque originan altas tasas de multiplicación, garantizan la producción de material libre de patógenos y el espacio requerido para multiplicar un número elevado de plantas es reducido (60).

Algunos autores destacan la importancia de combinar diferentes técnicas ante el empeño de incrementar la biodiversidad, un

ejemplo lo constituye la inducción de mutaciones para aumentar la variabilidad genética de los cultivos (46, 61), y las técnicas de cultivo *in vitro* para garantizar la multiplicación acelerada de los genotipos seleccionados (41, 45, 62). Como es conocido, el empleo del cultivo *in vitro* permite superar determinadas limitaciones en la aplicación de esta técnica, y de manera conjunta pueden acelerar los programas de mejoramiento genético (59).

Es por ello que dado todas estas ventajas, existe interés a nivel internacional en promover el desarrollo de tecnologías *in vitro* que permitan la propagación y el mejoramiento de especies de plantas con valores comerciales, dentro de ellas las alimenticias, las de fines industriales, las de propiedades medicinales y las ornamentales (40, 63). Además, aquellas especies en peligro de extinción podrían ser priorizadas en términos de conservación de la biodiversidad (64, 65), ya que posibilitan la preservación e intercambio de germoplasma y los estudios relacionados con la biología molecular (66).

Durante el desarrollo de diferentes estudios encaminados a la obtención de variabilidad genética en este cultivo, algunos autores sometieron material vegetal (tubérculos y plantas *in vitro*) de *P. tuberosa* a variadas dosis de radiación gamma  $^{60}\text{Co}$  (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 Gy) y obtuvieron que el incremento de la dosis de radiación provocó disminución en el desarrollo de las plantas, tanto en las procedentes de brotes adaptados, como en las obtenidas a partir de tubérculos establecidos *in vivo*. Las plantas irradiadas presentaron mayor variación en el largo y ancho de las hojas que las plantas no irradiadas. Además, obtuvieron que la  $\text{LD}_{50}$  de las plantas procedentes de brotes (9,09 Gy), fue menor que la  $\text{LD}_{50}$  de los tubérculos establecidos *in vivo* (25,91 Gy) (45).

Las investigaciones en este sentido son de gran valor al considerar el principio básico para agentes mutagénicos físicos y químicos, aplicados *in vitro*, que refiere debe prestarse mayor atención a la "eficiencia", buscando dosis en las que se produzca solo una o pocas mutaciones por planta, para garantizar el valor comercial en los mutantes deseados (62).

Con respecto al desarrollo de investigaciones en *P. tuberosa*, donde se apliquen las novedosas técnicas de biología molecular, es de señalar que existe escasa información. No obstante, algunos autores refieren estudios relacionados con análisis de la diversidad genética en el cultivo. Además, destacan la importancia de marcadores de amplificación al azar del ADN polimórfico (RAPD- Random Amplified Polymorphic DNA) y de marcadores de secuencias simples repetidas (SSR-Simple Sequence Repeat), al evaluar diez cultivares de esta especie, los que revelaron 53 y 73 % de polimorfismo, respectivamente. Esta caracterización es de interés ya que dichos materiales pueden ser utilizados como patrones de referencia en tareas relacionadas con la identificación rápida y el mejoramiento del cultivo (67, 68).

## PROPAGACIÓN

En el género *Polygonum* L. en general, y en la especie *P. tuberosa* en particular, el método de propagación más utilizado es por vía asexual (12). La reproducción por semilla se utiliza principalmente para obtener nuevas variedades o para estudios muy específicos (44).

Al realizar la propagación por semillas en esta especie, transcurre mucho tiempo antes de que la planta florezca, además, la descendencia es muy dispersa por la recombinación genética, lo que conlleva a que en muchas ocasiones se pierdan

las características deseables presentes en el material donante. Estos motivos contribuyen a explicar el por qué de la preferencia por la reproducción agámica por parte de productores y aficionados de este cultivo (12).

Algunos autores han informado que, a partir de una colección de bulbos de la forma simple de la especie *P. tuberosa*, lograron establecer la multiplicación del germoplasma por un periodo de dos años, hasta obtener floración y semillas de calidad, con el objetivo de iniciar el desarrollo de una línea de investigación en el mejoramiento genético de este cultivo ornamental (44). Estos autores refieren que en Argentina, no se encuentran ejemplares de este cultivo en forma silvestre propagados por vía agámica.

Es de destacar que, generalmente, la multiplicación de esta especie se realiza a partir de bulbos o de los bulbillos que rodean al bulbo madre. Los mismos posterior a un periodo de un año o más, cultivados sobre un suelo con un porcentaje elevado de arcilla y de arena, con abundante materia orgánica y pH entre 5,6 y 7,0 adquieren las características adecuadas, en cuanto a tamaño, para dar origen a una flor de calidad (12). *P. tuberosa* es una especie plurianual pero monocárpica, o sea florece solo una vez en su ciclo, por ello el denominado periodo de engorde de un bulbo tiene una duración de uno a cuatro años.

En el caso del almacenamiento de los bulbos, durante el periodo de engorde, resulta necesario intensificar los cuidados para evitar los daños que puedan ocasionar diferentes plagas, con énfasis en trips o araña roja, y de este modo preservar la calidad de los mismos (69).

Los bulbillos laterales de *P. tuberosa* se obtienen a partir del bulbo "madre", los mismos se caracterizan por presentar diversos tamaños, y se clasifican según el

calibre (70, 71). Se plantea que el bulbo más grande en una campaña estará listo para florecer y que pertenece a la categoría "primera fuerza en florecer", lo que a la vez constituye un indicador de que no todos resultan aptos para ello. Los calibres 8-10 y 10-12 no florecen en el año de su obtención, sino en el próximo. Es importante conocer que el bulbillo de menor tamaño requiere de tres a cuatro años para completar el denominado proceso de "engorde" o adecuado nivel de engrosamiento. Lo que indica que es conveniente la obtención de bulbos grandes y nuevos, para asegurar una plantación rentable.

En este sentido, algunos autores refieren que al evaluar los índices de producción y calidad de las flores a partir de bulbos de diámetro de 9-10 cm y 10- 2 cm de la variedad "La Perla", durante cuatro ciclos de cultivo y con subcultivos cada 30 días; la más alta productividad se alcanzó con los bulbos de mayor diámetro, obteniéndose valores de 83 %, 82 %, 75 % y 65 %, respectivamente. Además, las flores procedentes de estos bulbos se caracterizaron por una adecuada calidad (70).

Otros autores evaluaron en el cultivar "Single" de *P. tuberosa* y bajo condiciones agroecológicas, el efecto del tamaño del bulbo sobre algunos indicadores del crecimiento, la floración y la producción de bulbillos (71). Los resultados evidenciaron que los bulbos de mayor tamaño dieron lugar a plantas de crecimiento más vigoroso, así como mayor producción y mayor número de bulbillos, en comparación con los bulbos de tamaño inferior. Es de destacar que, en este cultivar, los bulbos de mayor tamaño presentaban diámetro entre 3 y 4 cm, o sea inferior al referido como óptimo para la variedad "La Perla" (70).

Varios autores han hecho uso de las bondades de estos métodos biotecnológicos en el cultivo de *P. tuberosa*, obteniendo resultados

satisfactorios para los diversos indicadores evaluados<sup>D</sup> (45). Así por ejemplo, tubérculos irradiados con <sup>60</sup>Co y sin daños mecánicos, procedentes de estudios relacionados con la inducción de variabilidad genética, fueron establecidos en condiciones *in vitro* en un medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS) (72) con 1 mg L<sup>-1</sup> de benciladenina (BA) y 0,5 mg L<sup>-1</sup> de ácido naftalenacético (ANA).

En este caso, los resultados evidenciaron que las plántulas obtenidas *in vitro* a partir de los brotes de nardo presentaron una LD<sub>50</sub> (9,09 Gy), menor que la LD<sub>50</sub> de los tubérculos establecidos *in vivo* (25,91 Gy) (45). En este tipo de estudio una de las ventajas radica en que al trabajar con plantas cultivadas *in vitro*, solo se irradia una pequeña porción de tejido vegetal, lo que implica el uso de dosis del mutágeno muy bajas (67).

Asimismo, se ha informado la regeneración masiva de plántulas de *P. tuberosa* a partir de cormo, hoja, flor y yema en un medio de cultivo basal MS (72) modificado, contentivo de 50 mL L<sup>-1</sup> de agua de coco, 6,4 g L<sup>-1</sup> de agar y pH ajustado a 5,7, a partir del cual se prepararon diferentes variantes de medios de cultivo suplementados con 6-bencilaminopurina (6-BAP), ácido naftalenacético (ANA), ácido 2,4-diclorofenoacético (2,4-D), ácido indolacético (AIA), tiazuron (TDZ) y kinetina, así como sacarosa (10, 20 y 30 g L<sup>-1</sup>). Los resultados permiten corroborar la factibilidad de emplear estas técnicas en *P. tuberosa*, para la regeneración masiva *in vitro* de plantas y el rescate de mutantes somáticos con fines de incrementar la biodiversidad en el cultivo<sup>D</sup> (73).

<sup>D</sup> Hernández, M. F. *Caracterización de las condiciones para la micropropagación de Polianthes tuberosa L. a partir de cormo, hoja, flor y yema*. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, México, 2013.

De igual modo, diferentes estudios refieren el empleo de estas novedosas técnicas para la obtención de compuestos de interés, por ejemplo la síntesis de polisacáridos extracelulares en callos de *P. tuberosa* (74, 75).

## ASPECTOS CULTURALES

La plantación de los bulbos de *P. tuberosa* es recomendable realizarla en la temporada de primavera, aunque hay autores que plantean que prácticamente se puede sembrar durante todos los meses del año, pero que ello no garantiza la obtención de flores de manera sostenida (12). De cualquier modo, se deben preparar los surcos separados unos de otros, de 50 a 60 cm y se recomienda plantar de 20 a 40 000 bulbillos por 1000 m<sup>2</sup>, en dependencia del tamaño de los mismos.

Otra alternativa es la siembra en blancos de 1 m de ancho, donde se colocan de 16 a 25 bulbos por m<sup>2</sup> neto; la densidad de plantación no debe ser muy alta ya que esta especie presenta abundante follaje y existen resultados que evidencian la influencia de este factor en el nivel de engrosamiento de los bulbillos (76). Además de estos aspectos, es necesario garantizar la desinfección de los bulbos antes de plantarlos, con el objetivo de minimizar la carga contaminante.

La altitud es otro de los factores a considerar en el cultivo de *P. tuberosa*, al respecto algunos autores destacan la importancia de la misma al seleccionar un área de siembra, y refieren su efecto sobre el contenido de antocianinas en el cultivar "77A05", al ser cultivado a diferentes metros sobre el nivel del mar en Taiwan (77). Se plantea que para este cultivo el mayor crecimiento se alcanza a 1500-2000 m sobre el nivel del mar (14).

El suelo para el cultivo de esta especie debe ser arenoso

o franco-arenoso y rico en potasio. La profundidad de siembra puede oscilar entre 5 y 10 cm, el bulbo se planta con la zona rizógena hacia el suelo y el ápice ligeramente enterrado. Con respecto a la fertilización mineral se recomienda al inicio del cultivo el empleo de fórmula completa NPK, en proporción de 2:1:3. En la denominada fase de engrosamiento del bulbo es favorable incrementar el contenido de potasio, ya que facilita el adecuado desarrollo del mismo.

En investigaciones relacionadas con la evaluación del efecto del sustrato en el crecimiento vegetativo y características florales de *P. tuberosa*, se utilizaron diferentes combinaciones de suelo y gallinaza. Los resultados indican el efecto positivo de esta materia orgánica sobre la mayor parte de los indicadores evaluados, obteniéndose incrementos en la longitud, masa fresca y diámetro del tallo floral, en el diámetro de las flores, el diámetro y la masa fresca y seca del bulbillo y de los brotes, en el contenido de clorofila y el número de flores por inflorescencia (78).

Este comportamiento favorable, se atribuye a que el estiércol animal, generalmente, contiene micro y macroelementos esenciales para el crecimiento de la planta (79). Sin embargo, es de destacar que en este caso la longitud de las flores, el área foliar y la masa fresca y seca de la raíz no fueron influenciadas por la gallinaza. Los autores destacan la necesidad de continuar los estudios para esclarecer el mecanismo de acción de esta materia orgánica en *P. tuberosa*.

Asimismo, al estudiar el efecto de Azotobacter y algunos abonos orgánicos en un cv. doble de *P. tuberosa*, los autores encontraron que los mismos influyeron positivamente en las características de las flores de este cultivar (80).

De igual modo, algunos investigadores evaluaron posterior a la plantación de un cultivar doble de *P. tuberosa* el efecto de diferentes niveles de paclobutrazol (50, 100 y 200 ppm) y tres momentos de aplicación (60, 70 y 80 días) sobre el crecimiento, floración y producción de bulbos. Los resultados más favorables se obtuvieron con la aplicación de 200 ppm de paclobutrazol, a los 70 días de cultivo (81).

Por otra parte, al evaluar la producción de bulbos se ha informado acerca de los efectos favorables del empleo de la perlita (30 %) sobre los indicadores número de flores a partir del bulbo de mayor tamaño, el número total de bulbillos por planta, el desarrollo de raíces e incremento significativo en el crecimiento de los bulbos, al ser comparados con la forma tradicional de cultivo (82).

En un estudio realizado con la finalidad de conocer acerca del efecto de varios sustratos, obtenidos a partir de estiércol vacuno, caprino, equino y gallinaza, y el empleo de diferentes dosis (0, 100, 200 y 300 g estiércol por bolsa), sobre el crecimiento y la producción de flores de *P. tuberosa*, se observó que no hubo interacción entre los sustratos y las dosis para las variables evaluadas. El tipo de sustrato no afectó a las variables en estudio; sin embargo, los autores destacan que la dosis sí tuvo influencia en los indicadores analizados, excepto la longitud del tallo y el número de flores. En este sentido, la dosis más favorable resultó ser 200 g de estiércol, al ser aplicada dos veces al año (83).

Con respecto a los requerimientos de iluminación, se refiere que los bulbos de *P. tuberosa* deben ser plantados en áreas soleadas, propicias para obtener un crecimiento profuso en la época de verano. Es conocido que la luz es necesaria para uno de los procesos más importantes de las plantas, la fotosíntesis. De acuerdo a las características de

su composición, su intensidad o la duración del período de iluminación, será la influencia en el desarrollo de la especie en cuestión (84).

Con relación a la temperatura, se plantea que es un cultivo exigente, con valores óptimos que oscilan entre 20 y 30 °C por el día, mientras que en la noche es más favorable entre 15 y 20 °C. De igual modo requiere alta temperatura del suelo, la que debe oscilar entre 17 y 20 °C. Se destaca que, la especie *P. tuberosa* es una planta que demanda luminosidad, dando lugar a abortos florales cuando esta no es la adecuada. En el caso de la humedad relativa, los valores entre 60 y 70 % resultan óptimos, se ha observado que las flores no se desarrollan eficientemente cuando la humedad ambiental es muy baja.

El riego del cultivo de *P. tuberosa* debe ser moderado durante todo el año, a excepción de la etapa de verano y durante la floración, que se recomienda sea más abundante por los requerimientos hídricos de la especie, que además se caracteriza por tener un crecimiento lento. En este sentido, se señala que el riego por aspersión favorece el desarrollo de la plantación, ya que evita la compactación del suelo.

## FLORACIÓN

Las plantas que proporcionan flores de corte tienen gran valor económico, debido al significativo volumen de flor cortada que se comercializa en el mercado (76). Es por ello, que muchos especialistas y productores se encuentran en constante experimentación para obtener híbridos de colores diversos, olores de más intensidad y que sean más resistentes al paso del tiempo una vez que hayan sido cortadas (44). En este sentido, cabe mencionar a la especie *P. tuberosa*<sup>B</sup>, ya que es de las flores más utilizadas para confeccionar

ramos y decorar jarrones y centros de mesa, dada su particular belleza y fragancia.

La floración de *P. tuberosa* se logra en épocas en que la radiación solar es máxima, sus flores son muy susceptibles a bajas temperaturas. La espiga suele durar más de 40 días en disposición de ser cortada, aspecto que constituye una ventaja, en comparación con otras especies de flor de corte. Las plantas aunque presentan tallos florales largos no requieren de tutores, porque los tallos son rígidos y normalmente son muy fuertes.

Al investigar sobre el contenido de citoquininas endógenas, en *Polianthes tuberosa*, algunos autores destacan que durante la etapa de floración encontraron incrementos significativos de zeatina y dihidroxizeatina. Este comportamiento difiere de lo observado durante el desarrollo de la fase vegetativa de la especie, lo que indica el papel de estos reguladores del crecimiento en la etapa antes mencionada (85).

La recolección de las flores de *P. tuberosa*, generalmente, se efectúa cuando están abiertos los tres primeros pares de flores de la inflorescencia, este período oscila entre dos y tres semanas en un cultivo normal. Es recomendable recolectar las flores temprano en la mañana. Las mismas se deben cortar con tijeras, desde la base y sin hojas, ya que estas últimas deben mantenerse para completar el ciclo de multiplicación de los nuevos bulbos, que comúnmente se extraen del suelo cuando llega la época de temperatura más baja. Se señala que la vida de florero de esta especie oscila entre siete y diez días (38).

Un aspecto a destacar en *P. tuberosa* es la sensibilidad al etileno (86), se refiere que altas concentraciones reducen la apertura de las flores, aunque sus efectos probablemente no son de importancia comercial.

En estudios encaminados a la obtención de plantas de *P. tuberosa* de adecuado porte, sin reducir la calidad del tallo floral, se evaluó el efecto de los compuestos daminozido (2,5 y 5 g L<sup>-1</sup>) y cloromequat (5 y 10 g L<sup>-1</sup>) durante el desarrollo de los bulbos. Los resultados evidenciaron que ambos productos a la máxima concentración redujeron el período de obtención de las plantas en diez días, al ser comparadas con el tratamiento control, y provocaron una disminución en la longitud de las mismas de 15 cm (86).

La flor de *P. tuberosa* se clasifica en tres categorías: Categoría extra, Categoría I y Categoría II (12).

*Categoría extra*: son flores de calidad superior, libres de patógenos, exentas de malformaciones, magulladuras, con tallo muy rígido, más de 14 pares de flores y deben tener más de 100 cm de longitud total.

*Categoría I*: se agrupan flores de buena calidad, enteras, libres de afectaciones por patógenos, exentas de malformaciones, magulladuras, pueden presentar ligeros rasgos de materiales extraños, pero sin afectar el aspecto, tallo muy rígido, con un mínimo de diez pares de flores y deben tener más de 80 cm de longitud total.

*Categoría II*: incluye los productos que no entran en las categorías anteriores, pueden presentar ligeras malformaciones, magulladuras y ligeros daños de patógenos, con un mínimo de ocho pares de flores y deben tener más de 60 cm de longitud total.

De forma general, se recomienda que una vez cortadas las flores de *P. tuberosa* deben colocarse en agua, y es conveniente añadirle algún conservante floral para incrementar la vida de florero. En este sentido, se ha observado en flores de esta especie conservadas por 24 horas a temperatura ambiente y

en una solución azucarada (20 % de sacarosa), un incremento significativo de la vida de florero de las espigas y mejoras en la apertura de los botones florales. Otros compuestos utilizados con estos fines de conservación son el tiosulfato de plata, el nitrato de plata y el ácido cítrico, este último resulta muy efectivo en concentraciones de 350 mg L<sup>-1</sup> (12).

## ALGUNAS AFECTACIONES POR PLAGAS Y SU CONTROL

Las plantas ornamentales y de flores de corte se ven expuestas al ataque de plagas, que influyen de manera negativa en su desarrollo y limitan tanto su belleza como la producción. *P. tuberosa* es propagada vegetativamente (38) y es sensible al ataque de algunas plagas, lo que está en correspondencia con la época de cultivo, en este caso el verano, pues se plantea que aunque es una especie de ciclo corto (tres meses y medio), es afectada intensamente por patógenos típicos de esta época del año.

Entre los insectos que resultan perjudiciales, a esta especie, cabe mencionar los pulgones (*Aphis* sp.), tanto el verde como el negro, los que provocan el enrollamiento y deformación de las hojas, ya que parasitan el envés, además pueden afectar la inflorescencia. Su control se logra con la aplicación de Aldicarb al suelo, o acefato en pulverización, pirimicarb o piretrinas. Por su parte, el thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)), provoca daños muy severos, tanto en estado de larva como adulto, es capaz de volar con facilidad, afecta el tallo floral, la inflorescencia y las flores, atacando durante cualquier época del año. El control del mismo se realiza a través de la combinación de prácticas culturales y el control químico, con acefato, acefato más

malatión, endosulfán, endosulfán más piretrina, entre otros (87).

La araña roja (*Tetranychus* spp.), ataca fundamentalmente en el dobléz de la hoja, de esta forma las hojas afectadas pierden vigor y adquieren una tonalidad que va desde blanco-amarillento a rojizo, además esta plaga ataca a la espiga floral. Se ve favorecida por periodos prolongados de sequía o suministro insuficiente de agua, asociado a las altas temperaturas (88). El control puede ser químico con Vertimec y Mitac. En el caso de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporarorium* (West.)), ataca a las plántulas al aire libre, afecta el envés de las hojas, lo que provoca el debilitamiento de la planta. El control es químico con Lannate y Applaud.

El picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* GYLL., conocido también como "max del henequén", en el sureste de México y "picudo negro" o "acapiche del nardo", se asocia con varias especies de plantas de la familia Agavaceae de importancia económica. Esta especie insectil es de origen americano y actualmente de distribución cosmopolita, la cual ha aumentado debido al comercio internacional de agaves con fines ornamentales y para la obtención de fibras (69).

En el caso de *P. tuberosa*, la especie *S. acupunctatus* provoca daños muy severos a las plantaciones (89), al barrenar los tejidos de las plantas. El control de este insecto se realiza con químicos, dirigido principalmente al adulto, por ser el estado más susceptible. Aunque actualmente como alternativa se aplican agentes de control biológico como los hongos entomopatógenos, a base de distintas formulaciones de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuellemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, con resultados alentadores y compatibles con otros métodos dentro de programas de manejo agroecológico de plagas (90).

Referido al control de *S. acupunctatus*, también se ha informado sobre estudios relacionados con el empleo de un cebo feromonal para la captura de este insecto. Las investigaciones se basan en que los machos de esta especie liberan una feromona de agregación que atrae a ambos sexos, la misma está compuesta por dos alcoholes y dos cetonas. Los resultados evidencian que las mayores capturas se obtuvieron con la combinación de la 2-metil-4-heptanona y la 2-metil-4-octanona. Además, en los ensayos en campo se evaluaron diferentes proporciones del cebo con la feromona, que no provocaron afectaciones en el proceso de captura de los insectos (91).

Entre las principales enfermedades en *P. tuberosa*, cabe mencionar la podredumbre de la raíz y el cuello, causada principalmente por *Phytophthora parasitica* Dastur que provoca marchitez y amarillamiento de la planta, la zona del cuello e inicio de las raíces se necrosan (92), además, conlleva a una decoloración del sistema vascular. Este fitopatógeno provoca la pérdida de las hojas exteriores, ya que se secan y se caen. El control se realiza a través de la desinfección del suelo y con la aplicación de soluciones de Ridomil durante el riego.

Es importante señalar que en las hojas de *P. tuberosa*, se presentan algunas manchas y moteados provocados por diferentes microorganismos, tal es el caso de *Ramularia primulae* (Thum) que origina manchas amarillo pálido en el haz y blanco en el envés, que posteriormente se tornan pardo-rojizas, así como el moteado causado por *Phyllosticta primulicula* (Thum) de color ocre claro con puntillos en negro. La antracnosis, manchas negruzcas causadas por *Gloeosporium* y el hongo filamentoso *Colletotrichum* (93), también afectan a las hojas de esta especie.

En el caso de *Colletotrichum* los especialistas coinciden en que es uno de los fitopatógenos fúngicos más comunes e importantes, causante de un significativo grupo de enfermedades (94), el mismo ocupa la octava posición dentro de los 10 más severos en plantas (95). El control de este fitopatógeno se puede lograr a través de la aplicación de Captán, Zineb y Oxiclورو de Cobre.

Sin embargo, en el caso de *P. tuberosa*, la alta incidencia de la enfermedad causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, sugiere que el tratamiento químico con fungicidas de forma aislada no resulta del todo efectivo para el control de la antracnosis, lo que implica la necesidad de desarrollar nuevos estudios en la búsqueda de otras alternativas, más amigables con el medio ambiente. En este sentido, algunos autores informaron acerca de la actividad antifúngica de determinados aceites esenciales de esta especie vegetal, frente al citado fitopatógeno, donde se observó disminución del crecimiento micelial e inhibición total de *C. gloeosporioides*, para algunos de los tratamientos evaluados en medio agar papa dextrosa (96).

Por su parte, investigadores del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba, destacan el efecto de la quitosana, producto bioactivo que funciona como activador de la resistencia innata y las condiciones fisiológicas de las plantas, en el control *in vitro* e *in vivo* de *C. gloeosporioides* en *P. tuberosa*<sup>c</sup>. Los resultados evidencian disminución del desarrollo del fitopatógeno, alcanzando los mayores valores con 50 mg L<sup>-1</sup>, atribuible a propiedades inhibitorias de este derivado desacetilado de la quitina. Los resultados *in vivo* corroboraron el potencial antifúngico del bioproducto, polímero no tóxico y biodegradable, en el control de la enfermedad. El empleo de este principio activo constituye una

alternativa viable desde el punto de vista económico y medioambiental para la producción de esta flor de corte.

Por otra lado, estudiosos del tema en Nueva Delhi, India observaron en el 2003, una nueva enfermedad denominada roya en *P. tuberosa*, y al analizar la sintomatología y patogenicidad demostraron que el agente causal es *Colletotrichum capsici* Penz (97), lo que corrobora el hecho de que el género *Colletotrichum* es agente causal de un significativo número de enfermedades en plantas (94).

Al describir otras afecciones en este cultivo, cabe mencionar que *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. afecta hojas e inflorescencias de *P. tuberosa*, en presencia de alta humedad, lo que provoca el moho gris, en este caso el control se realiza con el empleo de Bennlate y Ronilán. Mientras que *Fusarium oxysporum* afecta severamente a las raíces (98). De igual modo han sido aislados los hongos causantes de tizones foliares *Curvularia* sp. y *Alternaria* sp. (99). El virus amarillo de los Aster también puede provocar daño en este cultivo, así como otras virosis del tipo mosaico. Recientemente métodos moleculares y serológicos, permitieron detectar un potivirus en esta especie que afecta las hojas y pedúnculos, el mismo puede ser transmitido mecánicamente o por *Myzus persicae* (100).

En general, se plantea que el control de estas afectaciones solo se logra con la destrucción de las plantas afectadas (91, 95)

Con relación a los daños de *P. tuberosa* por nematodos, es importante señalar que *Meloidogyne incognita* es otro de los fitopatógenos que causa severas afectaciones. En este sentido, se desarrolló un experimento en condiciones de campo para el manejo integrado de este nematodo, se utilizó a *Paecilomyces lilacinus* como antagonista fúngico, en

combinación con extractos vegetales de Castor y del árbol del Nim. Resultando la combinación de este último con *P. lilacinus* más efectiva sobre los indicadores masa fresca y producción de flores (101).

Asimismo, algunos autores refieren que el desarrollo satisfactorio del cultivo de *P. tuberosa* se ha visto afectado en las localidades de Ranaghat, Haringhata y Panskura, áreas de Bengala Occidental de la India (102). Todo ello debido al nematodo *Aphelenchoides besseyi*, que se ha convertido en un grave problema para esta y otras especies de interés ornamental en dicha nación (103).

De forma general, es válido destacar la necesidad de profundizar en el estudio de las plagas que dañan a *P. tuberosa*, y de manera muy especial, es importante considerar las nuevas formas de afectación al cultivo que se han presentado en los últimos años. En este mismo sentido, resulta conveniente aplicar las prácticas de manejo integral de plagas en esta especie, asociando diversos métodos y adaptándolos a las condiciones locales del cultivo, con la finalidad de garantizar un adecuado estado fitosanitario de la manera más amigable posible con el medio ambiente.

## APROVECHAMIENTO Y UTILIDAD

La especie *P. tuberosa* es considerada una planta perenne, relacionada con extractos de gran valor. Se caracteriza por la presencia de numerosas sustancias ergásticas, que se encuentran en las células del mesófilo, dentro de ellas, taninos, rafidios y estiloides. Además, se plantea que las raíces se caracterizan por la alta concentración de sapogeninas, y que poseen aceites esenciales de interés para la industria de la perfumería (7), también se utiliza

para la elaboración de inciensos y medicinas (86, 104).

Las flores también han sido estructuras muy estudiadas, encontrándose que producen una amplia gama de compuestos volátiles, entre ellos aceites esenciales de importancia en perfumería en países como la India, Irán y México. Otros autores destacan el valor de diferentes metabolitos de esta especie, cuya bioactividad, a muy bajas concentraciones, está asociada a su efecto fungicida, lo que le confiere gran importancia dado la posible síntesis de los mismos o de sus análogos para el control de enfermedades fungosas de interés (102).

Las plantas de la especie *P. tuberosa* tienen un lugar destacado en la cultura y la mitología india. Las flores se utilizan en las ceremonias de boda, guirnalda, decoración y varios rituales tradicionales. En México, su cultivo representa una importante fuente de trabajo y de ingresos para los agricultores de varios estados y localidades. También se utiliza tradicionalmente en Hawái, para crear collares y se señala que fue considerada una flor funeraria en la época victoriana de este sitio (2, 12, 45).

En Cuba, del mismo modo que en otros países, es válido destacar el empleo de *P. tuberosa* como especie ornamental. La misma es utilizada fundamentalmente en arreglos florales, y resulta muy valorada por su particular aroma. Además, diferentes autores destacan la posibilidad de extracción de importantes compuestos volátiles de gran utilidad en la industria (32–34).

## CONSIDERACIONES FINALES

Al considerar la información analizada y que *P. tuberosa* es de las flores utilizadas para confeccionar ramos y decorar jarrones y centros de mesa, dada

su particular belleza y fragancia, además de sus características como planta ornamental, así como sus potencialidades desde el punto de vista industrial, ya sea con fines medicinales o para la preparación de perfumes, se corrobora la validez de intentar desarrollar acciones que conlleven al incremento de esta importante especie, en aquellos lugares donde exista interés en su cultivo y se puedan crear condiciones favorables para el mismo. A su vez, con la finalidad de cumplimentar este objetivo es necesario facilitar la información de que puedan disponer especialistas y productores, para garantizar un adecuado manejo, incrementar la cultura de producción y evaluar las posibles demandas relacionadas con esta especie como flor cortada y planta ornamental. Estas acciones, sin lugar a dudas, pueden contribuir a incrementar la diversidad de especies de plantas, y su óptima explotación debe representar beneficios desde el punto de vista estético, económico y social. De aquí la importancia de continuar el desarrollo de investigaciones sobre este atractivo cultivo, que a su vez constituye una nueva opción cultural. Para lo que resulta indispensable aunar esfuerzos y tener creatividad en la realización de acciones estratégicas que permitan generar conocimiento, preservar y utilizar de manera sostenible este recurso ornamental.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Suárez, D.; Sosa, F.; Vega, G.; Gómez, R.B. y Panfet, C. "Especies de Palmas (*Arecaceae*) presentes en el Macizo Guamuhaya, provincia de Cienfuegos". *Centro Agrícola*, vol. 39, no. 3, 2012, pp. 69-74, ISSN 0253-5785.
2. Singh, P. K. y Kumar, V. "Fusarium Wilt of Chrysanthemum—Problems and Prospects". *Plant Pathology & Quarantine*, vol. 4, no. 1, 2014, pp. 33-42, ISSN 2229-2217.
3. Fernández, A.; Marrero, M.; Salgado, J. M.; Cruz, M.; Igarza, A.; Hernández, M. I.; Calzada, V. y Rajme, Y. *Recomendaciones técnicas para la producción y comercialización de flores de corte*. 1.ª ed., edit. Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, 2008, 21 p., ISBN 978-959-7111-40-5.
4. Fernández, J.; Sosa, F.; Castellanos, L.; Casanovas, E. y Becerra, J. "Considerations on the taken root of the stakes of *Ixora coccinea* L. var. *Coccinea*". *Centro Agrícola*, vol. 37, no. 3, 2010, pp. 11-16, ISSN 0253-5785.
5. Yong, A. "La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas". *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 4, diciembre de 2010, pp. 5-11, ISSN 0258-5936.
6. Solano, E. y García, M. A. "Neotipificación y reconocimiento de *Polianthes geminiflora* (Lex.) Rose (*Agavaceae*)". *Acta Botánica Mexicana*, no. 104, julio de 2013, pp. 1-18, ISSN 0187-7151.
7. Espejo, S.A. *Las monocotiledóneas mexicanas: una sinopsis florística* [en línea]. edit. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, 1992, 112 p., ISBN 978-968-6144-15-4, [Consultado: 23 de abril de 2016], Disponible en: <[https://books.google.com/cu/books/about/Las\\_monocotiled%C3%B3neas\\_mexicanas.html?id=PRclAQAAAMAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com/cu/books/about/Las_monocotiled%C3%B3neas_mexicanas.html?id=PRclAQAAAMAJ&redir_esc=y)>.
8. Sangavai, C. y Chellapandi, P. "In vitro propagation of a tuberose plant (*Polianthes tuberosa* L.)". *Electronic Journal Biology*, vol. 4, no. 3, 2008, pp. 98-101, ISSN 1860-3122.
9. Gajbhiye, S. S.; Tripathi, M. K.; Vidya, M. S.; Singh, M.; Baghel, B. S. y Tiwari, S. "Direct shoot organogenesis from cultured stem disc explants of tuberose (*Polianthes tuberosa* Linn.)". *Journal of Agricultural Technology*, vol. 7, no. 3, 2011, pp. 695–709, ISSN 1686-9141.

10. Panigrahi, J. y Saiyad, M. S. L. "In vitro propagation of *Polianthes tuberosa* L. cultivar (*Calcuta single*)". *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, vol. 3, no. 3, 2013, pp. 76-79, ISSN 2231-4490.
11. Dahlgren, R. M. T.; Clifford, H. T. y Yeo, P. F. *The Families of the Monocotyledons* [en línea]. edit. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1985, 520 p., ISBN 978-3-642-64903-5, [Consultado: 23 de abril de 2016], Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-61663-1>>.
12. Castell, J. "El Nardo". *Horticultura*, vol. 58, 1990, pp. 7-24, ISSN 2173-5042.
13. Cronquist, A. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. 2.<sup>a</sup> ed., edit. New York Botanical Garden Pr Dept, Bronx, N.Y., USA, 30 de agosto de 1988, 555 p., ISBN 978-0-89327-332-3.
14. García, M. A. J. "Agavaceas". En: eds. García M. A. J., Ordóñez M. J., y Briones M., *Biodiversidad de Oaxaca*, edit. Universidad Autónoma de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, 2004, pp. 159-169, ISBN 978-607-02-2566-6.
15. García, M. A. "Revisión taxonómica de las especies arborescentes de Furcraea (*Agavaceae*) en México y Guatemala". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 66, 2000, pp. 113-129, ISSN 0366-2128.
16. Gentry, H. S. *Agaves of Continental North America*. edit. University of Arizona Press, 1 de febrero de 2004, 692 p., ISBN 978-0-8165-2395-5.
17. Domínguez, R. M. S.; González, J. M. de la L.; Rosales, G. C.; Quiñones, V. C.; Delgadillo, D. de L. S.; Mireles, O. S. J. y Pérez, M. B. E. "El cultivo *in vitro* como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*". *Investigación y Ciencia*, vol. 16, no. 41, 2008, ISSN 1665-4412, [Consultado: 23 de marzo de 2016], Disponible en: <<http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=67404109>>.
18. Traub, H. P. "The tribes and genera of the *Agavaceae*". *Plant Life*, vol. 9, 1953, pp. 134-7, ISSN 1573-8477.
19. Mckelvey, S. D. y Saxena, A. K. "Taxonomic and cytological relationships of *Yucca* and *Agave*". *Journal of the Arnold Arboretum*, vol. 14, 1933, pp. 76-81, ISSN 0004-2625, DOI 10.5962/bhl.part.9957.
20. Granick, E. "Akariosistemática study of the genus *Agave*". *American Journal of Botany*, vol. 31, 1944, pp. 283-298, ISSN 1537-2197.
21. Flory, W. S. y Varma, R. "The genus *Beaucarnea*. *Virginia*". *Natural Science*, vol. 11, 1960, p. 178, ISSN 2150-4091, 2150-4105.
22. Cave, M. S. "Cytological observations on some genera of *Agavaceae*". *Madroño*, vol. 17, 1964, pp. 163-170, ISSN 0024-9637.
23. Castorena, S. I.; Escobedo, R. M. y Quiroz, A. "New cytotaxonomical determinants recognized in six taxa of *Agave* in the sections *Rigidae* and *Sisalanae*". *Canadian Journal of Botany*, vol. 69, no. 6, 1 de junio de 1991, pp. 1257-1264, ISSN 0008-4026, DOI 10.1139/b91-163.
24. Sharma, A. K. y Ghosh, C. "The cytology of two varieties of *Polianthes tuberosa* with special reference to their interrelationship and sterility". *Genética*, vol. 28, 1956, pp. 99-111, ISSN 0016-6707.
25. Feria, A. T. P.; Solano, E. y García, M. A. "Reassessment of the risk of extinction of five species of the genus *Polianthes* L. (*Agavaceae*)". *Acta Botánica Mexicana*, no. 92, 2010, pp. 11-28, ISSN 0187-7151, CABDirect2.
26. Carter, S. "*Euphorbiaceae*" [en línea]. En: Oldfield S., *Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan*, edit. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), 1997, pp. 23-26, ISBN 978-2-8317-0390-9, [Consultado: 23 de abril de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19981604136.B44797033B18E9BF599>>.
27. Franco, M. I. "Conservación *in situ* y *ex situ* de las *Agaváceas* y *Nolináceas* mexicanas". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 56, 1995, ISSN 0366-2128.
28. Vieitez, A.; San-José, M. C. y Corredoira, E. "Cryopreservation of Zygotic Embryonic Axes and Somatic Embryos of European Chestnut" [en línea]. En: eds. Thorpe T. A. y Yeung E. C., *Plant Embryo Culture*, edit. Humana Press, 1 de enero de 2011, pp. 201-213, ISBN 978-1-61737-987-1, [Consultado: 23 de marzo de 2016], Disponible en: <[http://dx.doi.org/10.1007/978-1-61737-988-8\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-61737-988-8_15)>.
29. Vasanth, K. y Vivier, M. A. "Improved cryopreservation procedure for long term storage of synchronised culture of grapevine". *Biología Plantarum*, vol. 55, no. 2, 30 de abril de 2011, pp. 365-369, ISSN 0006-3134, 1573-8264, DOI 10.1007/s10535-011-0056-0.
30. Sosa, R. F. M. "Cultivo del género *Heliconia*". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 1, marzo de 2013, pp. 24-32, ISSN 0258-5936.
31. Benschop, M. "Polianthes". En: eds. de Hertogh A. y Le Nard M., *The physiology of flower bulbs*, edit. Elsevier Publ., Amsterdam, The Netherlands, 1993, pp. 589-601, ISBN 0-444-87498-4.
32. Cuellar, A. y Gómez, C. "Sapogeninas de *Polianthes tuberosa* L. variedad azucena". *Revista Cubana de Farmacia*, vol. 7, no. 2-3, 1973, pp. 125-133, ISSN 0034-7515.
33. Padilla, A. y Piatín, B. "*Polianthes tuberosa* L. (variedad azucena). III. Separación e identificación de sapogeninas esteroidales". *Revista Cubana de Farmacia*, vol. 9, no. 3, 1975, pp. 251-274, ISSN 0034-7515.
34. Ruíz, J. A. y Piatín, B. "*Polianthes tuberosa* L. (variedad azucena). I. Obtención de sapogeninas por el método de extracción alcohólica de las saponinas". *Revista Cubana de Farmacia*, vol. 9, no. 3, 1975, pp. 235-242, ISSN 0034-7515.
35. Dimitri, M. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. 2.<sup>a</sup> ed., vol. 1, edit. Editorial ACME, 1995, ISBN 950-566-127-4.
36. Toledo, V. M. "La riqueza biológica de México". *Ciencia y Desarrollo*, vol. 81, 1988, pp. 17-30, ISSN 0185-0008.

37. Álvarez, M. "Recorrido histórico de la floricultura y la jardinería en Cuba". *Agricultura Orgánica*, vol. 1, no. 5, 1999, pp. 32-33, ISSN 1028-2130.
38. Shillo, R. "The cuber community holds the answer to flowering problems in *Polianthes tuberosa*". *Acta Horticulturae*, no. 325, diciembre de 1992, pp. 139-148, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.1992.325.15.
39. González, A.; Sánchez, E.; Fernández, J.; Bañón, S. y González, M. "Determinación de carbohidratos en el bulbo de nardo (*Polianthes tuberosa* L.)". *Horticultura*, vol. 14, no. 107, 1995, pp. 13-19, ISSN 2173-5042.
40. Chakraborti, H. S. y Ghosh, C. "Los estudios sobre la enfermedad floral de *Polianthes tuberosa* L. en Bengala Occidental". *Mycopath*, no. 2, 1993, pp. 109-115, ISSN 1729-5521.
41. Hernández, M. F.; Carrillo, C. G.; Pedraza, S. M. E.; de la Cruz, T. E. y Mendoza, C. M. del C. "Regeneración *in vitro* de brotes de *Polianthes tuberosa* L. a partir de yemas vegetativas de la inflorescencia y de tejido de cormo". *Nova Scientia*, vol. 7, no. 13, 2015, pp. 32-47, ISSN 2007-0705.
42. Beyrami, Z.; Azadi, E.; Safari, P.; Shaffi, A.; Reza, M. y Sadeqi, S. *Study on somaclonal variation in Polianthes tuberosa in vitro culture* [en línea]. edit. The National Ornamental Plant Research Station, Mahallat, Iran, 2008, 102 p., [Consultado: 23 de abril de 2016], Disponible en: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2010000115>>.
43. Kadam, G. B.; Singh, K. P.; Singh, A. K. y Jyothi, R. "In vitro regeneration of tuberose through petals and immature flower buds". *Indian Journal of Horticulture*, vol. 67, no. 1, 2010, pp. 76-79, ISSN 0972-8538, CABDirect2.
44. Chandravadana, M. V.; Srinivas, M. y Murthy, N. "Indole in Tuberose (*Polianthes tuberosa*) Varieties". *Journal of Essential Oil Research*, vol. 6, no. 6, 1 de noviembre de 1994, pp. 653-655, ISSN 1041-2905, DOI 10.1080/10412905.1994.9699364.
45. Klasman, R. y Xifreda, C. C. "Fruit and seed morphology of *Polianthes tuberosa* (Agavaceae)". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 44, no. Supl., 2009, p. 102, ISSN 0373-580X.
46. Estrada, B. J. A.; Pedraza, S. M. E.; de la Cruz, T. E.; Martínez, P. A.; Sáenz, R. C. y Morales, G. J. L. "Efecto de rayos gamma <sup>60</sup>Co en nardo (*Polianthes tuberosa* L.)". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 2, no. spe 3, 2011, pp. 445-458, ISSN 2007-0934.
47. Lagoda, P. "Developments at the plant breeding and genetics laboratory, Seibersdorf". *Plant Breeding and Genetics Newsletter*, no. 28, 2012, pp. 24-25, ISSN 1564-2569.
48. López, M. H.; Carrillo, R. J. C. y Chávez, S. J. L. "Effects of gamma-irradiated seeds on germination and growth in *Capsicum annum* L. plants growth in a greenhouse". *Acta Horticulturae*, no. 947, mayo de 2012, pp. 77-81, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2012.947.7.
49. Yamaguchi, H.; Shimizu, A.; Hase, Y.; Degi, K.; Tanaka, A. y Morishita, T. "Mutation induction with ion beam irradiation of lateral buds of chrysanthemum and analysis of chimeric structure of induced mutants". *Euphytica*, vol. 165, no. 1, 22 de julio de 2008, pp. 97-103, ISSN 0014-2336, 1573-5060, DOI 10.1007/s10681-008-9767-5.
50. Kumar, G. y Verma, S. "Comparative effect of individual and sequential treatment of gamma rays and sodium azide in *Vigna unguiculata*". *Chromosome Botany*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 33-36, ISSN 1881-5936, DOI 10.3199/iscb.6.33.
51. Canul, K. J.; García, P. F.; Campos, B. E.; Barrios, G. E. J.; de La Cruz, T. E.; García, A. J. M.; Osuna, C. F. de J. y Ramírez, R. S. "Efecto de la irradiación sobre nochebuena silvestre (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, no. 8, diciembre de 2012, pp. 1495-1507, ISSN 2007-0934.
52. Lee, J. H.; Chung, Y. S.; Jung, Y. H.; Han, T. H.; Kang, S. Y.; Yoo, Y. K. y Lee, G. J. "Induction of mutations for stem quality in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*) by using gamma-ray irradiation". *Acta Horticulturae*, no. 855, febrero de 2010, pp. 177-182, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2010.855.25.
53. Wheeler, T. y Braun, J. von. "Climate Change Impacts on Global Food Security". *Science*, vol. 341, no. 6145, 2 de agosto de 2013, pp. 508-513, ISSN 0036-8075, 1095-9203, DOI 10.1126/science.1239402.
54. Ramos, R. "Prueba *in vitro* de callos de genotipos seleccionados de *Coffea arabica* L. para evaluar la susceptibilidad a la antracnosis". *Café Cacao*, vol. 12, no. 1, 2013, pp. 48-54, ISSN 1680-7685.
55. Nazneen, S.; Jabeen, M. y Ilahi, I. "Micropropagation of *Polianthes tuberosa* through callus formation". *Pakistan Journal of Botany*, vol. 35, no. 1, 2003, pp. 17-25, ISSN 0556-3321.
56. Naz, S.; Aslam, F.; Ilyas, S.; Shahzadi, K. y Tariq, A. "In vitro propagation of tuberose (*Polianthes tuberosa*)". *Journal of Medicinal Plants Research*, vol. 6, no. 24, 2012, pp. 4107-4112, ISSN 1996-0875.
57. Hutchinson, M. J.; Onamu, R. y Obukosia, S. "Effect of Thidiazuron, Benzylaminopurine and Naphthalene Acetic acid on *In vitro* propagation of Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) from shoot tip explants". *Journal of Agriculture, Science and Technology*, vol. 6, no. 1, 2005, pp. 48-59, ISSN 1561-7645, DOI 10.4314/jagst.v6i1.31705.
58. Prina, A.; Landau, A.; Pacheco, M. G. y Hopp, E. H. "Mutagénesis, TILLING y EcoTILLING" [en línea]. En: eds. Levitus G., Echenique V., Rubinstein C., Hopp E., y Mroginski L., *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II*, edit. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina, 2010, pp. 217-228, [Consultado: 4 de abril de 2016], Disponible en: <[http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio\\_WEB.pdf](http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio_WEB.pdf)>.

59. Evans, D. A.; Sharp, W. R. y Flick, C. E. "Plant Regeneration from Cell Cultures" [en línea]. En: ed. Janick J., *Horticultural Reviews*, edit. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 1 de febrero de 2011, pp. 214-314, ISBN 978-1-118-06076-6, [Consultado: 24 de abril de 2016], Disponible en: <<http://doi.wiley.com/10.1002/9781118060766.ch6>>.
60. Rodríguez, D. "Biotecnología y Producción Alimentaria". *Problemas del desarrollo*, vol. 19, no. 74, 1988, pp. 19-20, ISSN 2007-8951.
61. Suprasanna, P.; Rupali, C.; Desai, N. S. y Bapat, V. A. "Partial desiccation augments plant regeneration from irradiated embryogenic cultures of sugarcane". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 92, no. 1, 17 de octubre de 2007, pp. 101-105, ISSN 0167-6857, 1573-5044, DOI 10.1007/s11240-007-9299-z.
62. Basail, M.; Medero, V.; Otero, E.; Torres, M.; López, J.; Cabrera, M.; Santos, A.; Rayas, A.; Bauta, M. y Beovides, Y. "Empleo de Sistemas de Inmersión Temporal como alternativa para la multiplicación *in vitro* del cultivar de plátano vianda 'INIVITPV06-30' (*Musa* spp., AAB)". *Biotecnología Vegetal*, vol. 12, no. 1, 2012, pp. 53-57, ISSN 2074-8647, 1609-1841.
63. Barbón, R.; Jiménez, E.; Capote, A.; Gil, V. y Ocaña, B. "Transformación genética de *Coffea arabica* cv. Caturra rojo mediante la electroporación de suspensiones celulares embriogénicas". *Biotecnología Vegetal*, vol. 11, no. 1, 2011, pp. 33-42, ISSN 2074-8647, 1609-1841.
64. Castilla, V. Y. "Conservación de recursos fitogenéticos de café (*Coffea* spp.) por métodos biotecnológicos: una alternativa para su preservación". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, diciembre de 2012, pp. 29-39, ISSN 0258-5936.
65. FAO. *Construyendo una visión común para la Agricultura y alimentación sostenibles. Principios y enfoques*. edit. FAO, Roma, Italia, 2015, 55 p., ISBN 978-92-5-308471-5.
66. Fernández, R.; de Guglielmo, Z. y Menéndez, A. "Cultivo de tejidos y transformación genética de café". *Revista de Investigación*, vol. 34, no. 71, diciembre de 2010, pp. 57-84, ISSN 1010-2914.
67. Ranchana, P.; Kannan, M. y Jawaharlal, M. "Assessment of genetic and correlation studies in single types of tuberose (*Polianthes tuberosa*)". *International Journal of Tropical Agriculture*, vol. 33, no. 2, 2015, pp. 763-767, ISSN 0254-8755.
68. Ranchana, P.; Kannan, M. y Jawaharlal, M. "Genetic divergence analysis in single types of tuberose (*Polianthes tuberosa*)". *International Journal of Tropical Agriculture*, vol. 33, no. 2, 2015, pp. 769-771, ISSN 0254-8755.
69. Valdés, M. A. E.; Aldana, L.; Figueroa, R.; Gutiérrez, M.; Hernández, M. C. y Chavelas, T. "Trapping of *Scyphophorus acupunctatus* (coleoptera: curculionidae) with two natural baits in a field of polianthes tuberosa (liliiales: agavaceae) in the state of morelos, México". *Florida Entomologist*, vol. 88, no. 3, 1 de septiembre de 2005, pp. 338-340, ISSN 0015-4040, DOI: 10.1653/0015-4040(2005)088[0338:TOSACW]2.0.CO;2.
70. Zizzo, G. V.; Fascella, G. y Agnello, S. "Effect of bulb size and planting date on flower yield and quality of tuberose grown in cold greenhouse for winter-spring production (*Polianthes tuberosa* L.-Sicily)". *Colture Protette*, vol. 28, no. 4, 1999, pp. 71-74, ISSN 0390-0444.
71. Ahmad, I.; Ahmad, T.; Asif, M.; Saleem, M. y Akram, A. "Effect of bulb size on growth, flowering and bulb production of tuberose". *Sarjad Journal of Agriculture*, vol. 25, no. 3, 2009, pp. 391-398, ISSN 1860-0743.
72. Murashige, T. y Skoog, F. "A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures". *Physiologia Plantarum*, vol. 15, no. 3, 1 de julio de 1962, pp. 473-497, ISSN 1399-3054, DOI 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
73. Ahloowalia, B. S. y Maluszynski, M. "Induced mutations – A new paradigm in plant breeding". *Euphytica*, vol. 118, no. 2, marzo de 2001, pp. 167-173, ISSN 0014-2336, 1573-5060, DOI 10.1023/A:1004162323428.
74. Honda, Y.; Inaoka, H.; Takei, A.; Sugimura, Y. y Otsuji, K. "Extracellular polysaccharides produced by tuberose callus". *Phytochemistry*, vol. 41, no. 6, abril de 1996, pp. 1517-1521, ISSN 0031-9422, DOI 10.1016/0031-9422(95)00563-3.
75. Honda, Y.; Itano, M. y Sugimura, Y. "Biosynthesis of extracellular polysaccharides by tuberose callus". *Journal of Plant Physiology*, vol. 150, no. 1-2, 1997, pp. 46-52, ISSN 0176-1617, DOI 10.1016/S0176-1617(97)80179-4.
76. González, B. G. A.; Pérez, C. J. G.; Banon, A. S. y Fernández, H. J. A. "Influencia de la densidad de plantación en el engrosamiento de bulbillos de nardo (*Polianthes tuberosa* Lin)". *Agrícola Vergel*, vol. 145, 1994, pp. 24-29, ISSN 0211-2728.
77. Huang, K. L.; Miyajima, I. y Okubo, H. "Cultural experiment of reddish-purple tuberose (*Polianthes*) under different climate conditions in Taiwan". *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, vol. 45, no. 1, 2000, pp. 65-71, ISSN 0023-6152.
78. Bahadoran, M.; Salehi, H. y Eshghi, S. "Growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) as affected by adding poultry litter to the culture medium". *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 9, no. 2, 30 de mayo de 2011, p. 531, ISSN 2171-9292, 1695-971X, DOI 10.5424/sjar/20110902-127-10.
79. Rai, N.; Saniya, P. y Rathore, D. S. "Comparative Study of the effect of chemical fertilizers and organic fertilizers on *Eisenia foetida*". *International Journal of Innovative Research in Science*, vol. 3, no. 5, 2014, pp. 12991-12998, ISSN 2347-3207.

80. Srivastava, R.; Vishen, V. S. y Satish, C. "Effect of Azotobacter and organic manures on post harvest characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Double". *Pantnagar Journal of Research*, vol. 5, no. 1, 2007, pp. 54-55, ISSN 0972-8813.
81. Khan, A. y Pal, P. "Effect of paclobutrazol and time of spraying on growth, flowering and bulb production of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Double". *Journal of Interacademia*, vol. 13, no. 2, 2009, pp. 133-137, ISSN 0971-9016.
82. Vita, M.; Pasquale, L. y Conte, S. "Production of bulbs of *Polianthes tuberosa* in cases with different substrates". *Journal Atti V Giornate Scientifiche S.O.I.*, vol. 1, 2000, pp. 93-94, ISSN 1097-0142.
83. Tejasarwana, R. "Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to animal manures application". *Jurnal Agrotropika*, vol. 3, no. 2, 1998, pp. 8-13, ISSN 2012-0508.
84. Aragón, C.; Carvalho, L.; González, J.; Escalona, M. y Amancio, S. "The physiology of ex vitro pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. var MD-2) as CAM or C3 is regulated by the environmental conditions". *Plant Cell Reports*, vol. 31, no. 4, 2 de diciembre de 2011, pp. 757-769, ISSN 0721-7714, 1432-203X, DOI 10.1007/s00299-011-1195-7.
85. David, R. y Băla, M. "Preliminary results on the influence of growth hormones on the *in vitro* regeneration of *Phalaenopsis* flower stalks". *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, vol. 16, no. 4, 2012, pp. 24-27, ISSN 2066-1797.
86. Vita, M. de y Pasquale, L. "Effect of two growth regulators on flowering of potte tuberose (*Polianthes tuberosa* L.)". *Journal Atti V Giornate Scientifiche S.O.I.*, vol. 2, 2000, pp. 423-424, ISSN 1097-0142.
87. Kirk, W. D. J. y Terry, L. I. "The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande)". *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 5, no. 4, 1 de noviembre de 2003, pp. 301-310, ISSN 1461-9563, DOI 10.1046/j.1461-9563.2003.00192.x.
88. Vázquez, M. L. L. *Manejo integrado de plagas*. 1.ª ed., edit. Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 2008, ISBN 978-959-05-0543-0.
89. Camino, L. M.; Castrejón, G. V.; Figueroa, B. R.; Aldana, L. L. y Valdés, E. M. "*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, (Coleoptera: Curculionidae) Attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, México". *Florida Entomologist*, vol. 85, no. 2, 2002, pp. 392-393, ISSN 1938-5102.
90. Vázquez, L. L.; Matienzo, Y.; Alfonso, J.; Veitía, M.; Paredes, E. y Fernández, E. "Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos". *Revista Agricultura Orgánica*, vol. 18, no. 3, 2012, pp. 14-18, ISSN 1938-5102.
91. Rodríguez, R. H.; Rojas, J. C.; González, H. H.; Ortega, A. L. D.; Equihua, M. A.; Real, L. J. I. y López, C. J. "Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (Coleoptera: Curculionidae)". *Acta Zoológica Mexicana*, vol. 28, no. 1, abril de 2012, pp. 73-85, ISSN 0065-1737.
92. Javier, A. J. y Mattos, L. "Nuevo método para aislar *Phytophthora parasitica* Dastur de raicillas de limonero patrón Rugoso *Citrus jambhiri* Lush bajo riego por aspersión". *Universalía*, vol. 11, no. 1, 2006, pp. 19-31, ISSN 1810-1100.
93. de los Santos, V. S.; de Folter, S.; Délano, F. J. P.; Gómez, L. M. Á.; Guzmán, O. D. A. y Peña, C. J. J. "Puntos críticos en el manejo integral de mango: floración, antracnosis y residuos industriales". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 2, no. 2, abril de 2011, pp. 221-234, ISSN 2007-0934.
94. Kumar, G. A. "The genera *Colletotrichum*: an incitant of numerous new plant diseases in India". *Journal on New Biological Reports*, vol. 3, no. 1, 2014, pp. 09-21, ISSN 2319-1104.
95. Dean, R.; Van Kan, J. L.; Pretorius, Z. A.; Hammond, K. K. E.; Di Pietro, A.; Spanu, P. D.; Rudd, J. J.; Dickman, M.; Kahmann, R.; Ellis, J. y Foster, G. D. "The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology". *Molecular Plant Pathology*, vol. 13, no. 4, 1 de mayo de 2012, pp. 414-430, ISSN 1364-3703, DOI 10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x.
96. Sebastian, E. y Babu, C. S. B. "Antifungal activity of tuberose absolute and some of its constituents". *Phytotherapy Research*, vol. 19, no. 5, 1 de mayo de 2005, pp. 447-449, ISSN 1099-1573, DOI 10.1002/ptr.1630.
97. Dubey, S. C.; Singh, B. y Singh, K. P. "Blight of tuberose caused by *Colletotrichum capsici*-a new disease". *Indian Phytopathology*, vol. 59, no. 1, 2006, pp. 128-129, ISSN 0367-973X.
98. Mahinpoo, V.; Nejad, R. F.; Memari, H. R.; Cheraghi, A. y Bahmani, Z. "Investigation on Genetic Diversity of *Fusarium oxysporum* Schlecht isolated from Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) based on RAPD Analysis and VCG Groups". *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, vol. 4, no. 158, 2013, ISSN 2157-7471, DOI 10.4172/2157-7471.1000158, [Consultado: 24 de marzo de 2016], Disponible en: <<http://www.omicsonline.org/investigation-on-genetic-diversity-of-fusarium-oxysporum-schlecht-isolated-from-tuberose-polianthes-tuberosa-l-based-on-rapd-analysis-and-vcg-groups-2157-7471.1000158.php?aid=11077>>.
99. Cristóbal, A. J.; Navarrete, M. Z.; Herrera, P. E.; Mis, M. M.; Tun, S. J. M. y Ruiz, S. E. "Hyphomycetes associated with tropical plants from Yucatán state, Mexico: generic identification and evaluation of fungicides for their control". *Revista de Protección Vegetal*, vol. 28, no. 2, 2013, pp. 138-144, ISSN 1010-2752.
100. Chen, C. C. y Chang, C. A. "Characterization of a Potyvirus Causing Mild Mosaic on Tuberose". *Plant Disease*, vol. 82, no. 1, 1 de enero de 1998, pp. 45-49, ISSN 0191-2917, DOI 10.1094/PDIS.1998.82.1.45.

101. Nagesh, M.; Parvatha, R. P. y Rao, M. S. "Integrated management of *Meloidogyne incognita* on tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) using *Paecilomyces lilacinus* in combination with plant extracts". *Nematologia Mediterranea*, vol. 25, no. 1, 1997, pp. 3-7, ISSN 0391-9749.
102. Khan, M. R. "Observations on foliar nematode, *Aphelenchoides besseyi* in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.)". *Annals of Plant Protection Sciences*, vol. 12, no. 1, 2004, pp. 106-109, ISSN 0971-3573.
103. Kohl, L. M. "Foliar Nematodes: A Summary of Biology and Control with a Compilation of Host Range". *Plant Health Progress*, 2011, ISSN 1535-1025, DOI 10.1094/PHP-2011-1129-01-RV, [Consultado: 24 de marzo de 2016], Disponible en: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/php/elements/sum.aspx?id=10108&photo=5489>>.
104. Mimaki, Y.; Yokosuka, A. y Sashida, Y. "Steroidal Glycosides from the Aerial Parts of *Polianthes tuberosa*". *Journal of Natural Products*, vol. 63, no. 11, 1 de noviembre de 2000, pp. 1519-1523, ISSN 0163-3864, DOI 10.1021/np000230r.

Recibido: 10 de septiembre de 2014  
Aceptado: 26 de enero de 2016