



# Investigación científica y plantas ornamentales

## Una mirada al futuro

### El mercado de las plantas ornamentales

La producción mundial de plantas ornamentales y de sus industrias subsidiarias genera anualmente un valor agregado de entre 250 a 400 mil millones de dólares, alrededor del 0,5% del producto bruto mundial. La industria florícola abarca cuatro producciones: (i) plántulas y plantas en maceta; (ii) varas de corte de flores y follaje verde; (iii) árboles, arbustos y plantas de jardín, y (iv) materiales de propagación. Cada grupo incluye gran variedad de especies y está en continua evolución.

En la Argentina, según datos del censo florícola levantado en 2003, la producción de plantas ornamenta-

les cubría una superficie de 2500 hectáreas, 650 de ellas en invernáculos. Había unos 1300 productores, la mitad en los alrededores de Buenos Aires. El país tiene un gran potencial florícola por la diversidad de sus ambientes ecológicos, que permiten cultivar plantas con distintos requerimientos de luz, temperatura, agua y nutrientes. Por otro lado, entre las plantas ornamentales que tienen éxito en los mercados internacionales, hay variedades que descienden de especies nativas de Sudamérica, e incluso de la Argentina, como petunias (*Petunia* sp.), begonias (*Begonia* sp.), verbenas (*Glandularia* sp.), portulacas (*Portulaca* sp.), calceolarias (*Calceolaria* sp.), calibrachos (*Calibrachoa* sp.) y alstroemerias (*Alstroemeria* sp.).

La oferta de plantas ornamentales, sin embargo, es limitada en el país y, por lo general, de calidad infe-

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

La investigación científico-tecnológica emprende diversos caminos para mejorar la calidad de las plantas ornamentales, entre ellos, estudia la acción de compuestos químicos que producen efectos de hormonas en procesos fisiológicos de esas plantas, manipula la temperatura y la luz en los invernáculos en que se cultivan y altera sus genes por procedimientos de ingeniería genética.



Izquierda: petunias (*Petunia sp.*) fotografiadas en la empresa Kientzler GmbH, Gensingen, Alemania. Derecha: begonia (*Begonia sp.*). Foto Pharaoh Hound, Wikimedia Commons.

rior a la requerida por los mercados internacionales. Esto indica una oportunidad para el sistema científico-tecnológico: proporcionar conocimiento a la actividad comercial para que haga un uso más eficiente de los recursos y mejore la calidad de sus productos.

En el mercado mundial, la producción de flores y plantas ornamentales está determinada principalmente por las preferencias de los consumidores, que la impulsan en determinada dirección y la someten a una creciente demanda de nuevas variedades y mayores estándares de calidad. De la mano de esa demanda, la investigación científico-tecnológica fue adquiriendo creciente importancia, porque en gran medida es la fuente de los nuevos productos.

Distintos criterios operan para determinar si una variedad puede alcanzar valor comercial. Para las flores de corte, por ejemplo, se considera la vida en florero, mientras que se busca que las plantas en maceta sean compactas y de una altura acorde con el tamaño de la maceta. Otros parámetros, comunes a todos los productos, incluyen tolerancia al estrés hídrico y térmico, resistencia a plagas y enfermedades, la duración del período de floración y el color de las flores. Estos caracteres son tenidos en cuenta en los programas de mejoramiento.

Igual que el resto de la producción agrícola, la de plantas ornamentales debe hacer uso racional de los recursos que utiliza y cuidar el ambiente en cuanto a consumo de energía y de agua, así como en la aplicación de herbicidas, insecticidas, fertilizantes u otros productos químicos, por ejemplo, los que apuntan a mejorar la arquitectura de la planta o a prolongar la vida de las flores una vez cortadas.

## La arquitectura de las plantas

La arquitectura de la planta es un parámetro de calidad para un número importante de especies ornamentales. Se prefiere tener plantas compactas a lo largo de toda la cadena de producción y distribución porque toleran mejor la manipulación mecánica y el manejo posterior a la cosecha. Además, requieren menos espacio en los lugares de producción y almacenamiento, y ocasionan menor costo de transporte.

El aumento de la compacidad se obtiene con reguladores que inhiben el metabolismo de las giberelinas, cuyo nombre proviene de una fitohormona llamada ácido giberélico —un compuesto que se aisló inicialmente del hongo *Gibberella fujikurii*— que produce crecimiento excesivo de tallos y brotes. Entre los reguladores químicos que inhiben la acción de las giberelinas se encuentran el paclobutrazol y el cloromequat, que se emplean en forma de solución y requieren personal entrenado, pues su efectividad depende de la dosis, la temperatura, el estado del cultivo, el momento de aplicación, la forma de aplicarlas (aspersión foliar o riego, según convenga), etcétera.

La preocupación por posibles consecuencias adversas de estos compuestos químicos para la salud humana o el ambiente llevó a buscar métodos alternativos para manipular la arquitectura de las plantas ornamentales. Uno es controlar el ambiente térmico y lumínico en el que se cultivan; otro es regular la expresión de genes asociados con la acción de las giberelinas. Las plantas están adaptadas a un rango muy variable de condiciones. Responden a señales ambientales —como luz y temperatura— y a

señales endógenas –como fitohormonas– mediante mecanismos complejos de percepción de señales químicas que promueven o inhiben respuestas fisiológicas.

El incremento de las temperaturas nocturnas por encima de las diurnas permite desarrollar plantas más compactas, a diferencia de lo que ocurre cuando plantas similares son cultivadas en condiciones normales con temperaturas diurnas superiores a las nocturnas. La explicación de lo anterior es que el cambio en el régimen térmico nocturno desactiva el metabolismo de las giberelinas y, en consecuencia, inhibe el crecimiento celular. En países del norte de Europa como Dinamarca, Holanda y Alemania, es frecuente manipular las temperaturas nocturnas para controlar la altura de las plantas ornamentales. Es común hacerlo con especies como begonias, impacientes (*Impatiens* sp.), geranios (*Pelargonium* sp.) y petunias. Las bajas temperaturas diurnas en esos países facilitan estas medidas de manejo: no se requiere más que hacer funcionar de noche calefactores en los invernáculos. Esto es más difícil de hacer en regiones templadas más cálidas y subtropicales, en que las temperaturas diurnas e incluso las nocturnas son elevadas, y su disminución artificial en un invernáculo produce elevados costos de refrigeración, lo que impide su aplicación comercial.

Por su lado, la luz es la fuente de energía usada por las plantas para generar azúcares a partir del dióxido de

carbono del aire por el proceso de fotosíntesis. Esos azúcares son necesarios para la actividad metabólica de la célula y para el crecimiento de hojas, tallos, raíces, flores y frutos. Además, la luz proporciona valiosa información sobre las condiciones del ambiente que rodea las plantas, las que la perciben por medio de unas proteínas específicas llamadas *fotorreceptores*, que tienen la particularidad de absorber fotones y emitir señales químicas. Estas generan las denominadas *vías de señalización molecular*, las cuales regulan la expresión de los genes cuya acción permite que las plantas ajusten su crecimiento a condiciones ambientales cambiantes a lo largo del día y de las estaciones.

Los fotorreceptores más conocidos son los *fitocromos* y los *criptocromos*, que advierten cambios en la calidad de la luz en el espectro entre el rojo-lejano (730nm), el rojo (660nm) y el azul (470 nm). Debido a las características ópticas de las hojas, determinadas principalmente por el color que les da la clorofila, la luz que llega a un dosel vegetal es absorbida en el espectro del rojo y azul, y reflejada en el rojo-lejano. En consecuencia, el aumento de la densidad de plantas reduce la relación entre luz roja y roja lejana, señal que para ellas indica la presencia de vecinas. Esos cambios lumínicos promueven la elongación de estructuras como pecíolos y entrenudos, así como aumenta el crecimiento en altura y disminuye el número de brotes laterales.

Hay suficientes evidencias en el sentido de que es posible obtener plantas más compactas aumentando la



Impacientes (*Impatiens hawkeri*) fotografiadas en la empresa Kientzler GmbH, Gensingen, Alemania.

mencionada relación entre luz roja y roja lejana que reciben. Eso se puede hacer con filtros de color que modifiquen la luz que llega a las plantas. Hay, por ejemplo, polietilenos capaces de eliminar mayormente los fotones de rojo lejano, y de esa manera aumentar hasta cinco veces dicha relación en la luz solar. Experimentos rea-



Arriba: estrellas federales o flores de Navidad (*Euphorbia pulcherrima*) expuestas a luz de diferente calidad, con la consiguiente modificación de la arquitectura de las plantas. La de la maceta de la izquierda, sometida a luz solar filtrada para que tenga más alta relación entre luz roja y roja lejana, creció menos en altura y desarrolló entrenudos más cortos que la de la derecha, expuesta a luz solar sin modificar.

Abajo: cosecha de crisantemo margarita (*Dendranthema sp.*) cultivado a campo en Las Pampitas, Jujuy.

lizados con filtros y plantas de estrella federal (*Euphorbia pulcherrima*) y de salvia (*Salvia excerta*) han permitido aumentar la compacidad en una magnitud equivalente a la lograda con los productos químicos empleados para inhibir el crecimiento.

Otra forma de evitar el uso de reguladores químicos de crecimiento para obtener plantas compactas es alterar mediante procedimientos de ingeniería genética el metabolismo de las mencionadas giberelinas y la sensibilidad de la planta a esas fitohormonas. Se puede así reducir la expresión del gen (llamado *giberelina 20 oxidasa* o *GA20ox*) que actúa sobre una enzima relacionada con la síntesis de las giberelinas. También se puede aumentar la expresión del gen (llamado *giberelina 2 oxidasa* o *GA2ox*) que influye en la degradación de las giberelinas. Igualmente se ha probado con éxito alterar los genes que participan en los procesos señalización de las giberelinas, por ejemplo, provocar una mayor expresión del gen llamado GAI, lo que ha dado lugar a plantas pequeñas o enanas porque las hace insensibles a las giberelinas.

## Longevidad de las flores

Para lograr flores más longevas, se usan tratamientos químicos mediante soluciones con iones de plata, como el tiosulfato de plata, que se aplican a las flores cortadas para reducir la acción del etileno, otra fitohormona producida por las plantas que acelera la muerte celular y los procesos de maduración de las flores. En muchas especies de plantas ornamentales, el aumento de la producción de etileno produce la caída de las yemas florales y de flores maduras; eso sucede, por ejemplo, en algunas variedades de rosas cultivadas en maceta. Como los iones de plata son tóxicos para los seres humanos y perjudiciales para el ambiente, se procura reemplazarlos por productos químicos más seguros. Por otra parte, se están desarrollando plantas ornamentales modificadas genéticamente para hacerlas menos sensibles a las señales dadas por el etileno.

La inhibición de la producción del etileno por las plantas se puede lograr haciendo descender la temperatura para disminuir la actividad metabólica y, con ello, la cantidad de oxígeno producido por la respiración celular. En algunas especies, los procesos de *senescencia* o muerte celular están acompañados del aumento transitorio de la producción de etileno y de la respiración; es el caso de claveles, orquídeas, suculentas del género *Kalanchoe*, campanillas (*Campanula sp.*) y rosas. En esos casos, la disminución de la temperatura ayuda a reducir la síntesis de etileno y, por lo tanto, restringe sus consecuencias negativas sobre la longevidad de las flores. Si bien así se limita el daño de las flores durante el almacenamiento y el transporte, no es un camino adecuado para prolongar su vida en florero. Tampoco es una

práctica aplicable a todas las especies, porque una proporción importante de plantas ornamentales proviene de regiones tropicales y subtropicales, y requieren temperaturas de conservación superiores a 12°C.

Por otra parte, el bloqueo de la producción de etileno por parte de los tejidos de la planta tiene un uso limitado debido a que provoca deterioros en la calidad del producto, ya que dicha fitohormona regula otros procesos fisiológicos, entre ellos el crecimiento y la diferenciación

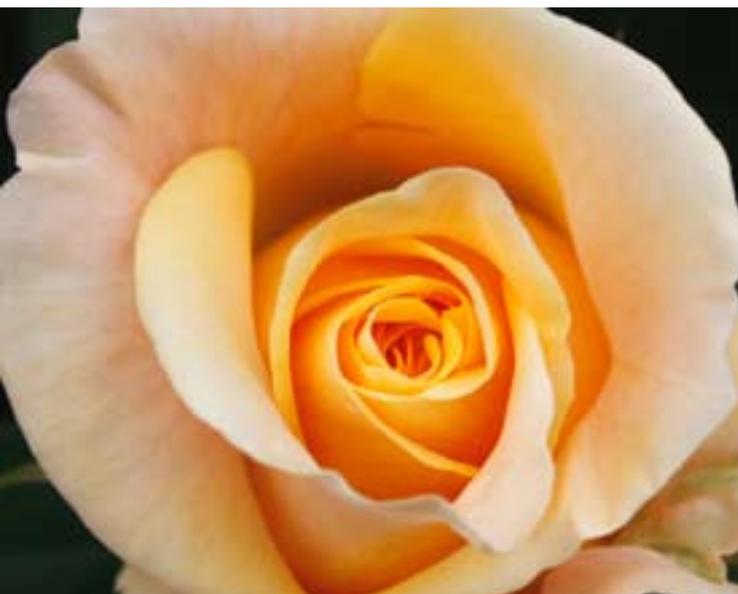
celular de las raíces. Una práctica más efectiva ha sido bloquear el sitio de unión del etileno con su receptor mediante un inhibidor sintético de la acción del etileno. Para hacerlo, se ha recurrido a numerosos compuestos químicos, de los que actualmente solo el tiosulfato de plata y 1-metilciclopropeno (1-MCP) tienen importancia económica en floricultura. El primero es muy eficaz pero está prohibido en muchos países porque la plata, como metal pesado, es perjudicial para la salud humana y ambiente.

El segundo no es tóxico pero es menos eficaz. Ambos mejoran la conservación de las flores cosechadas de especies como claveles, campanillas, Santa Teresitas (*Schlumbergera truncata*), orquídeas (*Phalaenopsis* sp.) y rosas en maceta.

Otro recurso para lograr flores más longevas es alterar mediante ingeniería genética la vía de señalización molecular de la biosíntesis del etileno o la sensibilidad de la planta a este. Se ha comprobado que dos enzimas promueven la producción de etileno: se llaman ACC sintasa y ACC oxidasa, y sus efectos fueron estudiados en varias especies, como clavel, begonia y torenia (*Torenia* sp.). La manipulación por ingeniería genética de la expresión de los genes que codifican a ambas enzimas permitió disminuir la producción de etileno por la planta y, de esa mane-



Izquierda: uno de los autores de este artículo, Diego Mata, con estrellas federales (*Euphorbia pulcherrima*) en el Instituto de Floricultura del INTA. Abajo, izquierda: rosa. Abajo, derecha: orquídeas (*Phalaenopsis* sp.) cultivadas en Holanda.



### Gabriela Facciuto

Instituto de Floricultura, INTA

El mercado internacional de plantas ornamentales es muy dinámico y se muestra ávido de incorporar nuevas variedades. En Japón, por ejemplo, se presentan por año alrededor de 350 de ellas al comercio minorista. La riqueza florística de la región sudamericana es muy amplia y constituye la fuente de un importante número de especies que han originado numerosas plantas ornamentales, entre ellas, variedades comerciales de petunias, verbenas, portulacas, calceolarias, begonias, calibrachos y alstroemerias, que en muchos casos provienen incluso de especies nativas del territorio argentino. La amplia diversidad climática y geográfica de este alberga gran diversidad de especies con potencial ornamental.

La flora vascular de la Argentina comprende un total de 248 familias, 1927 géneros y 9690 especies. Esto constituye una importante fuente de recursos genéticos para desarrollar productos susceptibles de explotación comercial. Si bien históricamente el país no ha recibido retribución por sus recursos nativos ornamentales, hoy el Convenio sobre Diversidad Biológica, que entró en vigencia en diciembre de 1993, brinda un marco jurídico para que los países proveedores de germoplasma puedan obtener esa remuneración.

El mejoramiento de plantas ornamentales a partir de especies nativas requiere realizar múltiples actividades, entre ellas, la recolección de germoplasma en zonas de origen o distribución de las especies, la domesticación de estas, su caracterización en condiciones de invernáculo, su mejoramiento genético, su evaluación

en distintas zonas agroecológicas y su producción comercial para ingresar en el mercado. Si uno de esos pasos no se da de manera adecuada, las posibilidades de éxito son escasas.

El objetivo de los planes de mejoramiento de plantas ornamentales es obtener ejemplares con buenos atributos. El consumidor aprecia hoy las plantas compactas –ramificadas desde su base y con entrenudos cortos–, de floración prolongada y aptas para su cultivo en maceta por su follaje equilibrado. La facilidad de cultivo es indispensable para que el producto sea aceptado.

Para obtener esos atributos en plantas que descienden de la flora nativa se realizan tareas de mejoramiento, que incluyen la selección de ejemplares provisorios y cruzamientos dirigidos en la dirección deseada, una labor que lleva a cabo personal científico y técnico especializado.

Desde 1999, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, se formó en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria un grupo de mejoradores orientados a plantas ornamentales derivadas de especies nativas. Trabajan en el Instituto de Floricultura de la última entidad, en el que se desempeña la autora. A la fecha, el INTA registró más de diez variedades que provienen de especies como nirebergias (*Nierembergia tecoma*), lapachos (*Handroanthus sp.*), mecardonias (*Mecardonia sp.*), calibrachos y verbenas, entre otras. También avanzó en la domesticación de plantas nativas para follaje de corte, por ejemplo helechos nativos de las especies *Niphidium crassifolium*, *Phlebodium areolatum* y *Campyloneurum auritum*, cuya vida en florero excede los treinta días.

Cultivos experimentales en el Instituto de Floricultura del INTA.



ra, retrasar la senescencia de la flor, aumentar la cantidad de flores y hasta triplicar la vida de estas en florero.

Sin embargo, las plantas genéticamente modificadas para producir poco etileno conservan su sensibilidad al etileno contenido en el ambiente circundante, por lo que es previsible que, para lograr las mejoras buscadas, una herramienta más eficaz que bloquear la producción del compuesto sea bloquear los mecanismos de su percepción. Experimentos realizados con plantas del género *Arabidopsis* —una de cuyas especies (*A. thaliana*) fue la primera planta con su genoma completo secuenciado, en 2000—, que están genéticamente emparentadas con el coliflor y el brócoli, permitieron identificar la vía de percepción y señalización del etileno. Uno de los genes que influye en la actividad de un receptor de etileno se llama ETR1; se ha demostrado que una mutación de ese gen priva a la planta de sensibilidad al etileno. La introducción por ingeniería genética de ese gen mutado de *Arabidopsis* en petunias retrasó la caída y la senescencia de las flores, aunque también produjo efectos no deseados, como la menor capacidad de producir raíces en gajos (o esquejes) plantados para obtener una planta nueva y la disminución de la viabilidad del polen. Para evitar que la falta de sensibilidad al etileno produzca efectos negativos en otros órganos de la planta, se recurrió a la inserción del gen mutado ETR1 bajo el control de un promotor génico que solo se expresa en la flor. Ese tipo de construcciones transgénicas fue exitoso en claveles (*Dianthus caryophyllus*), campanillas, *Kalanchoe* sp., y orquídeas de los géneros *Odontoglossum* y *Oncidium*.

Otra fitohormona que tiene efectos sobre la longevidad y la calidad de las flores es la citoquinina, que retrasa la senescencia por interferir en la síntesis de etileno. Se observó en petunias y rosas que cuando se incrementa la expresión de la enzima *isopentyl transferasa*, que cataliza la síntesis de citoquinina en las plantas, se inhiben los procesos de senescencia. Para evitar efectos no deseados en otros tejidos del aumento de citoquinina, se recurrió a un promotor génico que solo se expresa durante la senescencia.

## Color de las flores

La transformación genética de plantas ornamentales no solo es utilizada para alterar la producción de ciertas fitohormonas y su sensibilidad a ellas sino, también, para modificar el color de las flores por la manipulación de las vías de biosíntesis de los pigmentos. El aislamiento de un gen que participa en la síntesis de la *antocianina*, uno de los pigmentos que dan a las flores de especies como petunias y violetas (*Viola* sp.), su característico color azul-violeta logró que otras especies ornamentales en las que se lo introdujo por ingeniería genética también adquirieran ese color. Así, una empresa australiana comercializó con éxito rosas y claveles con flores azul-violáceas, y hay investigaciones en curso para transformar —por la manipulación de las vías de señalización de la síntesis de pigmentos como carotenoides y antocianinas— los colores de flores



Claveles (*Dianthus caryophyllus*). Foto Wikimedia Commons



Orquídea del género *Odontoglossum*. Foto Wikimedia Commons



loto (*Lotus japonicus*). Foto Wikimedia Commons

de ciclamen (*Cyclamen persicum*), gentiana (*Gentiana triflora*) y loto (*Lotus japonicus*), entre otras especies.

De lo expuesto se pueden deducir algunos lineamientos que orienten la investigación científica futura para permitir que se produzcan plantas ornamentales de mejor calidad comercial y sin repercusiones ambientales adversas. Ante todo se advierte la necesidad de aumentar nuestra comprensión de los mecanismos moleculares que participan en los procesos de desarrollo de las plantas, los cuales están finamente controlados por la acción de las fitohormonas. Entender mejor cómo funcionan plantas modelo, por ejemplo, la citada *Arabidopsis thaliana*, parece un camino promisorio. Con más amplio conocimiento sobre cómo las hormonas regulan el funcionamiento de las plantas, será posible alterar en el sentido deseado su arquitectura y otros caracteres mediante la manipulación genética de las vías de señalización molecular. Las técnicas de secuenciación del ADN y ARN pueden combinarse con el mejoramiento tradicional para introducir nuevos rasgos deseables.

### Plantas ornamentales con valor económico

Producto	Especie
Plantines y plantas en maceta para canteros e interiores.	Petunia, pensamiento, primula, ciclamen, mecardonia, calibrachoa.
Varas de corte de flores y de follaje verde.	Rosa, clavel, crisantemo, azucena, gerbera, astromelia, gipsofila, limonia, helecho cuero, helecho plumoso.
Árboles, arbustos y plantas para jardín	Rosa, evónimo, abelia.
Material de propagación: semillas, esquejes y bulbos.	Ciclamen, tulipán, azucena, clavel, gipsofila.

### LECTURAS SUGERIDAS

**MORISIGUE D et al.**, 2012, *Floricultura. Pasado y presente de la floricultura argentina*, Ediciones INTA, Buenos Aires.

**TAIZ L & ZEIGER E**, 2010, *Plant Physiology*, Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

**MATA DA & BOTTO JF**, 2009, 'Manipulation of light environment to produce high-quality plants of Poinsettia', *HortScience*, 44: 702-706.



#### Javier F Botto

Doctor en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.  
 Profesor adjunto de fisiología vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.  
 Investigador independiente del Conicet en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura.  
[botto@agro.edu.ar](mailto:botto@agro.edu.ar)



#### Diego A Mata

Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, UBA.  
 Magíster en producción vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.  
 Investigador del Instituto de Floricultura, INTA.  
[dmata@cni.inta.gov.ar](mailto:dmata@cni.inta.gov.ar)



#### Gabriela Facciuto

Ingeniera agrónoma, Facultad de Agronomía, UBA.  
 Doctora en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.  
 Investigadora del Instituto de Floricultura, INTA.  
[gfacciuto@cni.inta.gov.ar](mailto:gfaciuto@cni.inta.gov.ar)