

La Evolución de las Especies Cultivadas de Algodón

Paul A. Fryxell *

La historia de la evolución en el género *Gossypium* (el género que contiene los algodones) es una historia muy interesante. Tiene interés por varias razones — porque es un género muy diversificado que se encuentra en varias partes del mundo tropical; porque el género muy bien ilustra algunos procesos de evolución; porque los algodones son de gran importancia económica, y un conocimiento mejor del origen de los cultivos permite una utilización mejor de los recursos genéticos de las plantas; porque un conocimiento de la influencia recíproca entre los agricultores primitivos y las plantas que domesticaron puede enseñarnos sobre la vida y la historia del hombre prehistórico. Por todas esas razones esta historia es tanto importante como interesante.

Tenemos que empezar con una consideración de todas las 39 especies del género, de que nada más unas pocas son cultivadas y la mayor parte son silvestres. Las especies silvestres son muy variables, pero ocurren con frecuencia en situaciones áridas o semi-áridas. En las américas, hay diez especies silvestres en México y dos más en Sur América, una en las Islas Galápagos y la otra en Perú. Todas estas especies se encuentran en la vertiente del Pacífico, y ninguna ocurre al este de las sierras. Son arbustos pequeños, arbustos grandes, a veces arbolitos. Algunas tienen semillas con fibras y otras sin fibras, pero ninguna lleva fibras que sean útiles, porque las fibras son muy cortas y también difíciles de separar de las semillas.

En Africa hay ocho especies silvestres, que también son de lugares áridos. La mayor parte son arbustos, pero *G. stocksii* Mast. es una planta postrada, y *G. longicalyx* Hutch. & Lee casi

* Agronomy Field Laboratory, U.S. Department of Agriculture and Texas A&M University, College Station, TX 77843, U.S.A.

trepadora, necesitando apoyo de otros arbustos y arbolitos para subir a la luz. Algunas de las especies africanas tienen flores bastante chicas para *Gossypium*.

En Australia hay diez especies silvestres las cuales son arbustos de varios tamaños, salvo *G. populifolium* (Benth.) Tod. que también es planta postrada. Varias de éstas son mal conocidas pues son plantas raras de la costa noroeste, que es una región poca explorada. Las especies de Australia también tienen ambos tipos: unas con fibras en las semillas y otras sin fibras. En el caso de *G. australe* von Muell., las fibras de la semilla son derechas o rectas y algo rígidas, y en consecuencia las semillas pueden dispersarse sobre el suelo con el viento, como semillas rodadoras. Las fibras de la semilla sirven a la planta como mecanismo de dispersión, en una manera notable.

Estas son las especies silvestres de algodón: diez de las Américas, ocho especies africanas, y diez más de Australia. Son muy diversificadas entre ellas — desde plantas postradas hasta árboles. ¿Pero cómo se relacionarán estas plantas de zonas áridas con las cultivadas, los algodones verdaderos?

Al primero tenemos que discutir los cromosomas de estas plantas. Los cromosomas llevan todo el material genético del organismo y están organizados en cada célula del organismo en un número fijo de cuerpos microscópicos. Cada especie tiene un número particular de cromosomas. Por ejemplo, algunas especies de compuestas tienen solo dos; algunos helechos tienen más de 900; el hombre tienen 46. El número mismo significa poco sobre la mejora del organismo o de la ausencia de la misma, pero es importante para indicar relaciones con otros organismos. En el caso del género *Gossypium*, los algodones, la situación es bastante simple para presentar. Todas las especies silvestres que he descrito tienen el mismo número de cromosomas: todas tienen 13 pares o 26 cromosomas. En cambio los algodones cultivados tienen dos números diferentes — algunos tienen el mismo número que los silvestres, y otros tienen 26 pares o 52 cromosomas, el doble. ¿Qué significan estos números?

En siglos recientes, plantas cultivadas han sido transportadas de una parte del mundo a otra, por dondequiera que exploradores vinieron o regresaron, o dondequiera que se establecieron colonizadores con sus animales y plantas domesticadas.

Este es el caso con los algodones, así como con otras plantas. Así, algodones de México son cultivados hoy mismo en China y Australia, y algodones de Sur América se encuentran en los campos agrícolas de Egipto y también en el sur de Rusia. Pero es posible separar el lugar de origen de los lugares en donde uno u otro algodón está introducido, y vamos a hablar de los lugares de origen solamente.

El hecho es que los algodones cultivados del Viejo Mundo (principalmente del Medio Oriente y de la India) tienen 13 pares de cromosomas; hay dos especies: *Gossypium arboreum* L. y *G. herbaceum* L. Los algodones cultivados del Nuevo Mundo son los que tienen el número doble, 26 pares de cromosomas; principalmente hay dos especies, *G. hirsutum* L. de Centro América y México y *G. barbadense* L. de Sur América.

¿Qué podemos aprender de estos cromosomas? Es posible aprender mucho. Es posible hacer híbridos entre varias especies de *Gossypium*, a veces entre especies silvestres y especies cultivadas. En tales híbridos es posible estudiar la interacción entre los cromosomas de especies diferentes, es decir es posible medir el grado de parentesco entre las especies de referencia. Tales investigaciones, durante muchos años y por varios investigadores han demostrado el origen de las plantas con el número doble de cromosomas.

En resumidas cuentas, dichas plantas tienen una media parte de sus cromosomas que son muy similar a los de los algodones silvestres del Nuevo Mundo y la otra media parte que son muy similar a los de los algodones cultivados del Viejo Mundo. Tal hallazgo plantea varios problemas o preguntas.

El hallazgo habla de una hibridización antigua entre una planta del Viejo Mundo y otra del Nuevo Mundo, seguido de un doblamiento de los cromosomas. Este doblamiento es necesario, porque un híbrido entre dos especies no similares usualmente será estéril (Los cromosomas tienen que aparear en los procesos que producen granos de polen y óvulos.). Esta cadena de eventos de veras parece ser muy improbable. Sin embargo es descriptiva de la historia verdadera.

A causa del hecho que los algodones con el número doble de cromosomas ocurren principalmente en las Américas, es pro-

bable por consiguiente que la ocurrencia de hibridización tuviera lugar en alguna parte de las Américas.

En que parte del Nuevo Mundo es sujeto de bastante especulación, y no hay asenso general. Se presenta dos cuestiones: ¿Por cuál rumbo llegó la planta del Viejo Mundo al Nuevo Mundo? ¿En qué parte de las Américas estaban los algodones silvestres del Nuevo Mundo? Tenemos que contestar las dos preguntas porque es necesario juntar los padres para hacer un híbrido.

Para la segunda pregunta, es fácil decir que al presente las especies silvestres se encuentran solamente en la vertiente del Pacífico, y la mayor parte en la vertiente del Pacífico de México. Pero, como he dicho, dos especies son de Sur América, una de las Islas Galápagos (*Gossypium klotzschianum* Anders.) y la otra de Perú (*G. raimondii* Ulbr.). Por cierto es posible que en antaño estas plantas ocurrieran en una área más amplia o diferente, pero es improbable.

La primera cuestión, de otra manera, no se resuelve tan fácilmente. ¿Por cuál rumbo llegó la planta del Viejo Mundo al Nuevo Mundo? Puedo advertir tres posibilidades: a través del Atlántico; a través del Pacífico; o por vía terrestre pasando por Siberia y Alaska. La última posibilidad es evidentemente imposible para plantas tropicales como los algodones. Pero las dos posibilidades restantes contienen otra interrogante: ¿Llegó la planta del Viejo Mundo por medios naturales o con ayuda del hombre como planta domesticada? Es una cosa difícil, y hay varios argumentos que ahora no podemos discutir, pero creo que el consenso al presente sea que las plantas con el número doble de cromosomas son mucho más viejas que la agricultura, y por eso cruzaron por medios naturales las plantas viajando por otro lado del mar.

Si limitamos nuestra atención a viajes por medios naturales (en lugar de con ayuda humana), podemos concluir que un cruzamiento del Atlántico es más probable que un cruzamiento del Pacífico. La distancia no es tan grande, y las corrientes tienen rumbo al oeste. Además, algunos de los algodones silvestres de África, los que son relacionados con los cultivos de Viejo Mundo, ocurren cerca de la costa Atlántica. Muchos de los algodones silvestres tienen testas externas de las semillas que son impermeables, a causa de que las semillas pueden sobrevivir la ex-

posición al agua salada, porque el embrión adentro está protegido. En consecuencia, es posible transportar semillas de tales plantas a grandes distancias por el mar — sea por flotación de semillas solas, de frutos enteros, o de ramas (como balsas) que llevan frutos.

Tales plantas que hayan llegado al Nuevo Mundo de esta manera, habrían llegado a las playas, tal vez las playas del Mar Caribe. Nadie conoce como haya sucedido que dichas plantas pudieran encontrar las plantas silvestres americanas de la vertiente del Pacífico. Pero es bien conocido que las formas de *G. hirsutum* (con el número doble de cromosomas) más primitivas, casi silvestres, ocurren cerca de la costa en varios lugares en las Antillas, Florida, y México. Son bastante raras y muy dispersadas, pero hablan con elocuencia del origen probable de la especie *G. hirsutum*.

Pero tenemos que hablar sobre la época cuando estos eventos pudieron haber sucedido. Hemos dicho que es probable que la hibridización ocurrió antes del desarrollo de la agricultura y por eso no dependiente de la ayuda del hombre. Es posible que ocurrió antes del apareamiento del hombre en el Nuevo Mundo. Estas conclusiones son derivadas de: consideraciones sobre la amplitud de la variación entre las plantas con el número doble de cromosomas (tres hasta seis especies por varias interpretaciones conservativas) — demasiada diversificación para haber ocurrido en el tiempo disponible después del origen de agricultura en el Nuevo Mundo; consideraciones sobre la ecología de las plantas de referencia; y también la morfología de las mismas.

Muchos investigadores creen que dichos eventos sucedieron durante el período pleistoceno, es decir alguna vez hace más o menos un millón de años. Este período fué una época de avance y retiro de los glaciares en las zonas boreales. Los glaciares no existían en las zonas tropicales, pero no obstante existían consecuencias. Cuando los glaciares avanzaron y crecieron, el nivel del mar bajó, pues más agua en los glaciares significa menos agua en el mar. A la inversa, cuando los glaciares retiraron y encogieron, el nivel del mar subió. La subida y caída del mar fue de más o menos 150 m durante el pleistoceno. La subida y caída del mar causó otro cambio — un movimiento de la playa. Entonces, cuando en las zonas boreales los glaciares del pleistoceno avanzaron y se retiraron, las playas

de las zonas tropicales también avanzaron y se retiraron. Desde el punto de vista botánico, la playa llegó a ser durante estos cambios una "zona perturbada," siendo un buen lugar para la invasión por parte de una planta nueva.

Entonces, tenemos a la vista (a) plantas silvestres que tienen el poder de dispersarse sobre el mar; (b) otras plantas con el número doble de cromosomas que se encuentran con frecuencia en la costa; y (c) un período (el pleistoceno) cuando las playas eran especialmente abiertas y receptivas para tales plantas. Contando todo, es una conclusión razonable que una planta del Viejo Mundo viajó al Nuevo Mundo, probablemente de África, a las playas del Caribe; que en una manera desconocida sucedió una hibridización entre el inmigrante y una planta indígena; que el híbrido (después del doblamiento de sus cromosomas) fué exitoso y fué establecido en la vegetación de las playas; y finalmente que todo esto sucedió en el período del pleistoceno, hace más o menos un millón de años.

Dado este punto de vista, es probable que el hombre prehistórico descubrió plantas de algodón hace muchos siglos (o bien muchos milenios) en las playas de América tropical. Era una planta a la cuál le encontró varias utilidades, especialmente a las fibras de las semillas. Esta planta era *G. hirsutum*, y los agricultores primitivos la domesticaron, mejoraron, y desarrollaron tipos nuevos con el gran espectro de variación que conocemos hoy. Pero la planta más primitiva de toda esta variación es la planta rara, indígena en las playas, no las varias plantas que podemos encontrar en muchas partes de América tropical, en los pueblos, a veces a lo largo de los caminos, y en otros lugares (usualmente perturbados) a lo lejos de las playas.

Pero la historia no es completa si no se consideran las otras especies con el número doble de cromosomas. Estas plantas incluyen tanto especies cultivadas como especies silvestres. Su historia es una parte integral de la historia de la evolución en *Gossypium*.

Todos los botánicos no están de acuerdo acerca del número de especies en este grupo. Algunos dicen no más de tres, otros no menos de 25. Yo creo que el número verdadero está al medio, y por entendimientos actuales prefiero reconocer seis especies, que són:

1. *G. hirsutum* L., el cultivo bien conocido de México, las Antillas, y (en cultivación) de muchas partes del mundo; es el algodón comercial más importante del mundo.
2. *G. barbadense* L., el cultivo de Sur América, y también dispersado en cultivación en muchas partes del mundo, es la cosecha principal de Egipto; usualmente con fibras largas y fuertes.
3. *G. darwinii* Watt, plantas indígenas en las Islas Galápagos, muy variables de una isla a otra, bien relacionado con *G. barbadense* y a veces incluido en esta especie.
4. *G. tomentosum* Nutt. ex Seem., planta silvestre, endémica en las Islas Hawaianas.
5. *G. mustelinum* Watt, planta silvestre poco conocida del noreste de Brasil.
6. *G. lanceolatum* Todaro, cultivo de los patios y las huertas particulares de México, especialmente en los estados de Oaxaca, Guerrero, y Michoacán; con frecuencia incluido en *G. hirsutum*, pero distinto a mi parecer.

La distribución habla de diseminación por el mar — con *G. tomentosum* en Hawai, una gran distancia sobre el mar; con *G. darwinii* en las Islas Galápagos, separadas de Sur América por una distancia más corta pero bastante grande; y con *G. hirsutum* dispersada en varios lugares circundantes al Golfo de México y el Mar Caribe. También es necesario entender que formas de *G. hirsutum* ocurren en varias islas del Pacífico del Sur, por lo común cerca de las playas y aparentemente silvestres e indígenas. Todo eso es en apoyo del concepto de plantas cuya historia es bien relacionada con el mar (como avenida de dispersión) y con la playa (como hogar natural y lugar que apoya su evolución).

Es muy interesante que se encuentra *G. mustelinum* en el noreste de Brasil, de veras no en la costa, pero cerca del Mar Atlántico y bastante cerca del continente de Africa. Si aceptamos el concepto de la migración de una planta del Viejo Mundo al Nuevo Mundo para participar en un cruzamiento que produjo un nuevo nivel del número cromosómico y a la vez una nueva especie — si aceptamos eso, la región en que se encuentra *G. mustelinum* es entonces una región importante y crítica.

Gossypium lanceolatum es con frecuencia incluida en *G. hirsutum* como una variedad con hojas partidas. Esta diferencia es muy evidente y se acerca a un mutante bien conocido

de la forma de la hoja en *G. hirsutum*. Pero hay otras diferencias que indican que son especies distintas, no simplemente un mutante. Además, hay evidencia que el cruzamiento antiguo que produjo *G. lanceolatum* haya sido diferente que el que produjo *G. hirsutum* — es decir tienen ascendencia diferente. Si en verdad, tenemos que considerar la posibilidad que otras de las especies enumeradas tengan padres diferentes. En otras palabras, se hace la pregunta: ¿Son las seis especies con el número doble de cromosomas y de origen híbrido el resultado de un solo evento de hibridización, seguido de evolución en varias especies? ¿O son el resultado de varios eventos independientes de hibridización, abarcando padres diferentes? Al presente no tenemos suficiente información para resolver esta pregunta, salvo indicar que *G. lanceolatum* y *G. hirsutum* posiblemente sean de antecedentes diferentes. Sin embargo, es una pregunta de importancia básica.

Si aceptamos que estas seis especies se originaron de un solo evento de hibridización, tenemos que concluir que se necesita bastante tiempo para resolver seis especies bien diferenciadas. Esta cantidad de tiempo tiene que ser mucho más que los pocos miles de años desde el origen de la agricultura. A la misma vez, esta hipótesis dice que dichas especies son de una sola línea de evolución, y por eso tienen parentesco residual. Por otra razón, si aceptamos la hipótesis de orígenes separados de las varias especies, es decir de cruzamientos múltiples, tenemos que concluir que las seis especies tengan diferencias fundamentales en sus estructuras genéticas. Estas diferencias podrían ser importantes en el entendimiento de estas especies y especialmente para cosas prácticas de los cultivos, como resistencia contra plagas y como las posibilidades de introgresión de caracteres de una especie a la otra.

Espero que este recuerdo de la historia de evolución en *Gossypium* haya sido interesante y les dejó con una escena de los eventos principales. Tal vez la cosa más importante es dejar saber que muchas cuestiones son no contestables al presente. Es decir, hay bastante oportunidad para aprender cosas nuevas, resultantes de investigaciones originales, y que estas cosas nuevas puedan tener tanta importancia práctica como científica.

REFERENCIA

- FRYXELL, P. A. 1979. The Natural History of the Cotton Tribe. Texas A&M University Press. xviii + 245 páginas.