HERBARIOS, GENÉTICA Y FITOMEJORAMIENTO

EFRAÍM HERNÁNDEZ X.*

I. INTRODUCCION

Los herbarios representan la culminación de largos procesos cognativos del hombre: primero, la representación material de los inventarios precisos y completos de las plantas que forman parte de su medio inmediato y mediató; segundo, la base para el cotejo constante de su conocimiento por medio de la revisión cada vez más detallada del material; y tercero, los puntos básicos para la constante sumación de los conocimientos acumulados en todos los campos científicos.

Con relación al primer punto, Conklin (1957) y Lundell (1934), entre otros, han publicado sobre la capacidad del hombre primitivo de construir esquemas sistemáticos y reconocer los elementos vegetativos de su medio, utilizando con destreza todos los sentidos. Así, en las sociedades en las cuales la gran mayoría de las necesidades humanas son cumplidas o se limitan a la disponibilidad de los materiales del medio inmediato, los individuos conocen la identidad de las poblaciones vegetales y sus características y transmiten dicha información de generación a generación por medio de la constante demostración y cotejo directo. Durante el desarrollo de la cultura, gran parte de la población humana se aleja del contacto directo con los productos vegetales de consumo, formándose una idea fragmentaria de su naturaleza. No es hasta el periodo de fortalecimiento de los enfoques científicos de los últimos siglos que se genera un interés en conservar ejemplares de las diferentes plantas existentes como constante testimonio de su realidad y existencia.

Al cambiar el concepto de transmisión de conocimientos de autoridad (escrita o verbal), a educando, a la observación directa del fenómeno por el educando, el valor de la planta misma como centro de estudio directo, cobró importancia. Esta línea de estudio condujo a los herbalistas a registrar con el mayor detalle posible las características de las plantas estudiadas —y condujo, más adelante a la formación de los herbolarios ahora conocidos como herbarios. Los ejemplares reunidos pudieron servir para su estudio constante, para comparación y cotejo

* Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.

en la identificación de material desconocido, y para registro de información básica durante un periodo indefinido de acumulación.

Series numerosas de colectas y de la información complementaria que debe acompañar a cada ejemplar, permiten plantear preguntas cuyas contestaciones representan la conjugación de información y de conocimientos de otras ciencias. Estas preguntas son de vital importancia, puesto que se relacionan con otras inquietudes del conocimiento científico tales como: ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿con qué amplitud?, etc. Es precisamente en estos aspectos que los herbarios cobran importancia con relación a los problemas genéticos y de fitomejoramiento.

II. HERBARIOS, SISTEMATICA Y EVOLUCION

Mientras perduró la idea de que los organismos eran la resultante de un acto divino de creación la sistemática consistía en un intento de averiguar el "plan maestro" divino y los herbarios podrían considerarse como grandes ficheros en los cuales cada ejemplar representaba una especie. Debido al concepto estático del fenómeno, los sistemas artificiales de clasificación concordaban en concepto y satisfacían las inquietudes científicas de la época. Aunque ya existían opiniones de estudiosos inconformes con el concepto estático de las poblaciones de organismos, fueron las opiniones de Darwin (1859) y Wallace sobre la evolución orgánica vertidos en la obra "Origen de las especies", las que plantearon nuevas preguntas y nuevos derroteros a la sistemática y a la función de los herbarios.

La teoría de la evolución orgánica plantea:

- 1) una relación filogenética entre los organismos; de esta idea se desprenden conceptos tales como organismos primitivos, organismos originadores de otras especies, centros de origen;
- 2) una variación morfológica entre los componentes de las poblaciones; es decir, un posible continuo de formas desde las más primitivas a las más evolucionadas, dichas formas entrelazando poblaciones entre sí;
- 3) profundidad del proceso evolutivo a lo largo de la dimensión tiempo; es decir, formas en el registro paleobotánico no existentes en la actualidad, explicando en parte las lagunas aparentes en la gama de formas actuales; y
- 4) la necesidad de precisar el mecanismo hereditario que explique los cambios registrados en las poblaciones de organismos de un periodo a otro.

Estos planteamientos, más la información derivada de los nuevos instru-

mentos (microscopios, etc.), que ampliaban la capacidad receptora del hombre, sentaron las bases para los intentos de formular esquemas filogenéticos en la sistemática vegetal. Tales intentos giraron en torno a los siguientes puntos:

- 1) revisión de numerosos ejemplares con el fin de precisar las características morfológicas de mayor constancia;
- 2) evaluación de dichas características desde el punto de vista de su significado filogenético y evolutivo.

Puesto en otros términos, la tarea anterior plantea el problema de relación entre fenotipo y genotipo y de la definición de las características indicadoras de relación genética. Cabe señalar que durante este periodo, quizá más que en la actualidad, la escasez de ejemplares, las limitaciones de intercambio de material, y el retraso entre las reglas internacionales de nomenclatura y el conocimiento de la dinámica del fenómeno bajo estudio, dieron margen a un elevado número de sinónimos, reflejo de conclusiones parciales sobre la ubicación y la naturaleza de las poblaciones.

III. HERBARIOS Y GENETICA

El mecanismo genético se ha venido manipulando por miles de años por el hombre; el proceso se conoce como domesticación y selección bajo domesticación de plantas y animales. En su intento de esclarecer el mecanismo de la dinámica de la evolución orgánica, Darwin estudió con detenimiento los métodos aplicados por los mejoradores de animales y plantas de su época pero no pudo descifrar el enigma. En este aspecto, Gregorio Mendel al describir los resultados obtenidos por medio de cruas controladas *en términos cuantitativos*, inició el entendimiento científico de la transmisión de las características hereditarias. Junto con los avances rápidos del conocimiento genético, se iniciaron los aportes derivados de la citología y de la citogenética al postularse la ubicación de los portadores de las unidades genéticas en los cromosomas.

Los avances de la genética y de la citogenética originaron un nuevo enfoque hacia el proceso evolutivo, enfoque denominado neo-darwinismo el cual ha precisado la función de la sistemática y ha modificado las bases mismas de funcionamiento de esta ciencia. En la actualidad, se conceptúa que la sistemática tiene como función presentar un esquema filogenético de los organismos y servir como sistema de recopilación de información sobre los mismos. Esta última función se logra al uniformizarse el sistema mundial de nomenclatura, sirviendo

el nombre científico como punto de entrada a toda la información científica sobre el organismo. Nótese que la validez de dicho sistema de acumulación y recuperación de información depende de la certeza con que se identifica el organismo. En su euforia de descubrimiento, con frecuencia, tanto genetistas como citogenetistas menospreciaron este detalle y la labor de los taxónomos; informaron sobre tal o cual organismo sin preparar ejemplares de herbario de las plantas estudiadas e incorporarlos a los herbarios establecidos.

UNA DE LAS FUNCIONES DE LOS HERBARIOS ES, POR LO CONSIGUIENTE, EL DE CONSERVAR POR TIEMPO INDEFINIDO EJEMPLARES QUE SIRVAN DE COTEJO EN LOS ESTUDIOS GENETICOS Y CITOGENETICOS. Esto permitirá a cualquier taxónomo especialista, verificar la identidad del material estudiado y, si es necesario, ubicar correctamente la información obtenida. También permitirá a los mismos genetistas ratificar o rectificar sus conclusiones respectivas.

Una de las aportaciones más importantes de la genética a la sistemática ha sido en intentar precisar el concepto de especie. La especie, considerada como unidad biológica, se define como una población, con o sin diferenciación morfológica con otras poblaciones, con diferentes formas de origen (deriva genética por aislamiento; mutaciones genéticas o cromosómicas; hibridaciones; recombinaciones), con barreras que evitan su cruzamiento con otras poblaciones, y con capacidad de cruzamiento entre miembros de la población específica y reproducción de poblaciones semejantes a las originales. La evaluación de este impacto sobre la sistemática ha sido: a) que en general, se llega a la conclusión de que el sistematista había logrado resultados satisfactorios al apreciar con cuidado las características morfológicas disponibles y utilizarlas con juicio en la tarea de diferenciar poblaciones e identificar miembros de dichas poblaciones; b) los resultados genéticos han permitido aclarar por medios cuantitativos la naturaleza de muchos de los caracteres morfológicos utilizados en establecer diferencias y relaciones filogenéticas; c) en la mayoría de los casos en los que aparentemente el taxónomo tenía confusión, el genetista encontró una situación genética compleja y confusa. Para poder profundizar con eficiencia en aquellos aspectos problemáticos de la sistemática, se ha sugerido un nuevo campo, el de la biosistemática cuya característica fundamental es la de estudiar en forma interdisciplinaria los organismos en vivo e incluyendo las múltiples variantes poblacionales. Para el caso es conveniente preparar ejemplares de colectas masivas.

LA SERIE PERMANENTE DE EJEMPLARES DE HERBARIO HA PERMITIDO:

a) utilizar nuevas técnicas en su estudio y análisis, por ejemplo, la palinología; b) reevaluar las características morfológicas de los materiales a la luz de las aportaciones genéticas respectivas; c) intentar nuevas conjugaciones de arreglos sistemáticos con mayor sentido filogenético; d) afinar las apreciaciones existentes sobre formas primitivas y tendencias evolutivas; y e) aplicar métodos estadísticos de análisis.

IV. HERBARIOS Y FITOMEJORAMIENTO GENETICO

Según los postulados de la teoría de la evolución orgánica, la continua modificación de los contenidos genéticos de los organismos y la composición de las poblaciones ha ocurrido desde el momento de origen de los organismos, impulsada por los cambios ecológicos y la selección natural actuando sobre la variabilidad genética. La modificación genética de las poblaciones en contacto con el hombre ha ocurrido en mayor o menor grado desde la aparición del hombre. El aumento gradual de la población humana, su expansión territorial y su mayor dominio sobre el medio, tanto físico como biótico, son factores que han ejercido modificaciones inconscientes sobre las poblaciones de otros organismos. ¡Bien se ha sugerido que la próxima corriente vigorosa de evolución orgánica será la inducida por los nichos ecológicos producidos por el hombre! ¡También lo serán los campos experimentales de los fitogenetistas!

El contacto constante e íntimo del hombre con las poblaciones útiles para su subsistencia, generó conocimiento detallado que resultó en el lento proceso de domesticación. Múltiples condiciones ecológicas y múltiples móviles de selección ejerciendo su influencia a través del tiempo, resultaron en gran variación en el plasma germinal de las especies cultivadas en corto tiempo. Los esfuerzos de introducción de materiales de diversas partes del mundo para su cultivo simpátrico con especies afines indudablemente dieron origen a nuevas formas; resultado semejante se obtuvo de la selección cuidadosa y constante de poblaciones vegetales por individuos dedicados al mejoramiento empírico de las plantas cultivadas durante el siglo pasado y parte inicial del presente siglo.

Por otro lado, corrientes paralelas en los campos ahora conocidos como exploraciones y estudios etnobotánicos, acumularon información valiosa para los esfuerzos posteriores de fitomejoramiento. Así, los estudios de Kempton, Collins, Harshberger, De Candolle, Myers, Fairchild, Sturtevant, etc., presentaron amplia información básica sobre las especies y variedades utilizadas por las culturas de numerosas regiones del mundo, sobre las características de las variedades

disponibles, sobre los usos específicos de los materiales producidos, y, quizá de mayor importancia, impulsaron los esfuerzos encaminados hacia el establecimiento de jardines de observación de series de plantas útiles al hombre. Destaca la figura de N. I. Vavilov en los campos de exploración, observación, evaluación e intentos de fitomejoramiento, por lo que vertimos algunas de sus observaciones y conclusiones (1951):

p. 7. "Según nuestra interpretación la ciencia de fitomejoramiento consiste de las siguientes secciones:

1. El estudio del potencial de las variedades, especies, o razas originales (la base fitogeográfica del mejoramiento).

2. El estudio de la heredabilidad de la variación (leyes que gobiernan la variación, el estudio de las mutaciones).

3. El estudio del efecto del medio sobre la manifestación de las características (variedad y medio, influencia de factores específicos del medio, estudio de las fases ontogénicas y su aplicación en el mejoramiento).

4. La teoría de la hibridación entre formas cerca y remotamente relacionadas.

6. Estudio de las metas principales de mejoramiento: inmunidad a enfermedades, ciertas características fisiológicas (resistencia invernal, resistencia a sequía, fotoperiodismo), propiedades útiles para propósitos industriales y composición química.

7. Mejoramiento especial — mejoramiento de cultivos especiales".

La sección 5 se refiere a los métodos de mejoramiento.

p. 15. "Es natural que el primer paso en mejoramiento debe ser la máxima utilización del material local, la segregación de sus formas más productivas y valiosas". Y más adelante,

"En el principio del trabajo de fitomejoramiento aplicado, es de primordial importancia familiarizarse con el potencial del material local".

Con relación a sus estudios fitogeográficos de centros de diversidad de cultivos, señala que para definir los centros geográficos principales de origen o de formación de las plantas cultivadas:

"Se hizo una clasificación estricta de las plantas estudiadas, en especies Linneanas y en grupos genéticos basados en sistemática, morfología, genética, citología e inmunología".

Añade: "Para establecer con mayor exactitud los centros de origen y de formación inicial de formas varietales, también es necesario determinar los centros geográficos de origen de variedades de plantas silvestres estrechamente relacionadas con las plantas cultivadas".

Concluye:

“Apenas hemos iniciado el estudio sistemático de los recursos vegetales del mundo y hemos descubierto las enormes reservas no exploradas, desconocidas a los mejoradores científicos del pasado. La tremenda fuente de especies y de variedades potenciales, requieren una investigación completa utilizando todos los nuevos métodos. El problema del futuro inmediato es la clasificación de la enorme diversidad de las especies cultivadas más importantes, no solamente sobre la base de sus características botánicas y agronómicas, sino también con la aplicación de métodos fisiológicos, bioquímicos y tecnológicos.”

Mientras, el gran impulso dado por los Estados Unidos de Norteamérica al estudio de la genética en los laboratorios universitarios e instituciones estatales y federales, culminó en la producción comercial del “híbrido” de cruza doble de maíz. Esta hazaña, junto con la producción de variedades mejoradas por cruzamientos y rígida selección contra susceptibilidad a los chahuixtles en trigo, impulsó un nuevo campo de la investigación tecnológica, el fitomejoramiento. Muchos autores han escrito sobre el tema. Veamos lo que dicen los de uno de las obras que más influencia ha tenido en el ámbito nacional, Hayes e Immer (1934, 1 y 2):

“El objetivo principal de esta ciencia es el de obtener o producir variedades o híbridos, que sean eficaces transformadores de las sustancias nutritivas de que disponen; que produzcan los mayores rendimientos por unidad de superficie en productos de alta calidad y al menor costo posible y, por último, que se adapten a las necesidades del agricultor y del consumidor”.

“En cierto modo el mejoramiento de las plantas constituye un arte, que consiste en la aptitud para percibir diferencias en el grado en que los caracteres útiles se presentan en las plantas con que se trabaja, lo que permite seleccionar y multiplicar después, los tipos de mayor valor agronómico”.

Con relación a la metodología a seguir, estos autores indican, entre otras cosas:

“Los aspectos más importantes y que constituyen la base para los trabajos de mejoramiento, se refieren al conocimiento de los siguientes puntos:

- 1º Principios genéticos y citogenéticos.
- 2º Características del cultivo a mejorarse, incluyendo también a sus congéneres silvestres; ...”.

Por lo consiguiente, están claras las relaciones entre los estudios botánicos y los herbarios, por un lado, y el fitomejoramiento (tecnología y en parte arte) por el otro lado. Los estudios botánicos son importantes: *primero*, para la correcta caracterización de las poblaciones bajo estudio; *segundo*, para la iden-

tificación precisa de dichas poblaciones, tanto a los niveles supra como los infra específicos; *tercero*, la definición de las relaciones filogenéticas entre las poblaciones; *cuarto*, el esclarecimiento de la historia geográfica de las poblaciones incluyendo los posibles centros de origen inmediatos y/o mediatos; y *quinto* para el entrenamiento de los futuros fitomejoradores en el arte de aprender a observar las características fenológicas, las relaciones genotipo-medio, y las relaciones entre microorganismos y hospedera que le servirán en parte para identificar los genotipos deseados y aplicar la selección que conducirá a la identificación y multiplicación de los tipos de mayor valor agronómico.

Veamos lo que se registra en algunas investigaciones relacionados con estos puntos. Babcock (1947) en su informe relativo a las investigaciones sobre el género *Crepis*, indica:

“El aumento en la lista de muestras de especies de *Crepis* y géneros aliados en la colecta de material vivo puso en evidencia cada vez un estado de confusión nomenclatural... llevando a la conclusión de que se necesitaba una revisión completa del género”.

Para el efecto, Babcock procedió a estudiar el material depositado en los herbarios de la Universidad de California, el Herbario Gray de la Universidad de Harvard, los herbarios del Noreste de los Estados Unidos de Norteamérica y los herbarios europeos. Pero ¿a quién le interesa *Crepis*? Entonces veamos lo que dicen de Wet y Harlan (1971) en su obra sobre el origen y domesticación de *Sorghum bicolor*:

“Los mapas de distribución están basados en extensas observaciones de campo, correlacionadas con estudios de las colectas archivadas en los herbarios ubicados en Kew, Museo Británico, París, Bruselas, Florencia, Nairobi, Salisbury y Pretoria. La mayoría de las 1,293 colectas estudiadas morfológicamente fueron cultivadas de semilla en Oklahoma, Illinois, Indiana o Puerto Rico y especímenes de herbario de estas plantas fueron archivadas en el Laboratorio de Evolución de Cultivos”.

En nuestros propios trabajos de exploración etnobotánica de plantas cultivadas de América, nos han sido de gran utilidad las colectas de mazorcas conservadas en el Museo de Botánica Económica de la Universidad de Harvard; en el Banco de Plasma Germinal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Chapingo, México; en el Banco de Plasma Germinal del Instituto Colombiano Agropecuario en Medellín, Colombia; y en el Centro de Estudios de Maíz en La Molina, Lima, Perú. Igual importancia han tenido las colectas de semillas de frijoles depositadas en el Departamento de Agricultura de los

Estados Unidos de Norteamérica en Beltsville, Maryland, en Palmira, Colombia, y en Chapingo, México.

Si las relaciones entre botánica sistemática, herbarios y fitomejoramiento son tan evidentes, cabe preguntar entonces ¿por qué el distanciamiento notado? Deseo plantear tres aspectos: primero, el que se refiere a los botánicos; segundo, el que se refiere a algunos fitomejoradores actuales, y tercero, el que se refiere a la naturaleza de los herbarios. Sobre el primer punto, cabe aceptar que en general los taxónomos han rehusado incluir a las plantas cultivadas en sus estudios. Las plantas cultivadas no se ajustan con nitidez a los sistemas elaborados en base a los estudios de las poblaciones silvestres o quizá ya debíamos de hablar de poblaciones menos modificadas por el hombre. Las poblaciones de especies cultivadas: a) muestran una gama de variación mucho más extensa que las especies silvestres; b) dicha variación rara vez presenta puntos nítidos de diferenciación, es decir, presentan un continuo poblacional lo que dificulta su separación en cubículos taxonómicos; c) exigen, para su debido entendimiento, de estudios biosistemáticos complejos y dilatados; y d) la correcta representación por medio de ejemplares de herbario y muestras de estructuras críticas, requiere un alto número de series (en maíz, por ejemplo, quizá de veinte mil números de colecta en varios ejemplares para una sola colecta, y un número igual de mazorcas).

Por lo que se refiere a muchos fitomejoradores, especialmente en los países latinoamericanos, cabe señalar:

a) un desdén general hacia los botánicos reflejado en la fuerte separación artificiosa entre genética vegetal y botánica, desdén que por otro lado indica el olvido del dictum que señala como base fundamental al fitomejoramiento el conocimiento de las características del cultivo a mejorarse, incluyendo también a sus congéneres silvestres;

b) una falta general de una educación básica en botánica, a pesar de que las plantas forman el material indispensable de sus actividades;

c) un alejamiento general de las mismas poblaciones bajo estudio, confiándose en que la estadística les indicará "las poblaciones significativamente superiores" para su selección.

Si bien, hasta ahora la aplicación del método de "escopetazo" (exponer miles de posibilidades para pescar alguna variante ligeramente mejor) ha producido suficientes resultados para satisfacer las necesidades preconcebidas por la investigación, nuevas demandas y nuevos enfoques (por ejemplo, el de mejorar para condiciones ecológicas y sociales limitantes) exigirán un retorno a

cumplir la necesidad de conocer las poblaciones de plantas con amplitud y profundidad.

Los herbarios en general reflejan el menosprecio que los taxónomos han tenido de las plantas cultivadas. Un individuo como el Dr. Edgar Anderson en el puesto de director de un jardín botánico que incluía un herbario, se constituía en amenaza. ¡Quería que dicho herbario incluyese ejemplares de las especies cultivadas! Doble amenaza al insistir que la cartulina de montaje era magnífica para dibujar las estructuras críticas del ejemplar y otras informaciones tales como dibujos del complemento cromosómico. Otro caso semejante era el Dr. Liberty Hyde Bailey, quien contaba que cuando lo invitó el Presidente de la Universidad de Cornell para presenciar la inauguración del edificio que llevaría el nombre de Herbario L. H. Bailey, el destacado botánico y estudioso de las plantas útiles al hombre rehusó, salvo que se le nombrase Hortorium L. H. Bailey.

“Bueno, así lo haremos” dijo el Presidente, “¿Pero dime, de dónde sacaste ese nombre?”

“Lo acabo de acuñar, y quiere decir un receptorio de ejemplares de especies cultivadas”.

Considero que a eso deberían de estar dirigidos nuestros esfuerzos, al establecimiento de colectas que representen nuestra flora y las poblaciones vegetales básicas para la subsistencia actual y futura de todos y cada uno de nuestros habitantes.

V. CONCLUSIONES

Deseo concluir con citas de dos destacados botánicos, los Doctores F. Raymond Fosberg y A. C. Smith. Fosberg (1973) indica:

“La tarea básica de la ciencia de la biología sistemática es, desde luego, construir un sistema o una clasificación de los organismos que los arregle de acuerdo con sus relaciones lo más cercanas posibles a un orden natural o evolucionario y que ubique a todas las especies que existen o han existido en la tierra. Tal clasificación facilitará un esquema sobre el cual se pueda reunir toda la información existente o que vaya siendo disponible de cualquier o todos estos organismos. Esto es, desde luego, una responsabilidad continua y es la razón de ser científica de la biología sistemática. Esto es la meta de la mayor parte de las actividades de los trabajadores en este campo y, en una cultura intelectual racional, proporcionaría amplia justificación para la aportación de los recursos financieros necesarios para hacer este trabajo a un ritmo modesto pero constante”.

Smith (según Lawrence, 1951: 231), a su vez indica:

“El propósito primario de nuestros grandes herbarios, es por lo consiguiente, presentar un cuadro, por medio de ejemplares representativos, de la composición del mundo vegetal moderno. Estos herbarios deben ser la base principal para los futuros estudios monográficos y fitogeográficos. Pero también sirven a muchos otros además de los taxónomos; al botánico económico, al etnobotánico, al morfológico, al genetista, y a los estudiosos de numerosas disciplinas diferentes que buscan mucha de su información básica en las colecciones y publicaciones de los botánicos sistemáticos”.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Babcock, Ernest B. 1947. The genus *Crepis*. Part one. Univ. Calif. Press, Berkeley.
- Conklin, Harold C. 1957. Hanunóo agriculture; a report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines. FAO Forestry Development Paper no. 12, XII, 209 pp., 41 plates. FAO, Rome.
- Darwin, Charles. 1959. The origin of species. J. Murray, London.
- De Wet, J. M. J. and Harlan, J. R. 1971. The origin and domestication of *Sorghum bicolor*. Econ. Bot. 25: 128-135.
- Fosberg, F. R. 1973. Reflections after the Symposium on Systematic Biological Collections, July 6-8, 1972. Plant Sci. Bull. 19(1): 4-6.
- Hayes, H. E. e Immer, F. R. 1943. Métodos fitotécnicos. Acme Agency. Buenos Aires.
- Lawrence, George H. M. 1951. Taxonomy of vascular plants. The Macmillan Co. New York.
- Lundell, C. L. 1934. Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatan Peninsula. Carnegie Inst. Publ. 436: 255-355.
- Vavilov, N. I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Botanica. Waltham, Mass.