

Aplicación de la Genética a la cría de las plantas. (I)

J. B. HUTCHINSON
Empire Cotton Growing Corporation, Cotton Re-
search Station, Trinidad, B. W. I.

I — LA INTERPRETACION GENETICA DE PROBLEMAS EN LA CRIA DE PLANTAS

Nota Preliminar

La importancia científica y la inmediata utilidad práctica que tienen los estudios y análisis de los resultados experimentales adelantados por el Profesor J. B. Hutchinson y otros técnicos en las ciencias genéticas, especialmente con respecto al cultivo del algodón, justifican el empeño de su divulgación. Son realmente serias las dificultades con que el suscrito ha tropezado para presentar una traducción fiel del original. Sin embargo, el contenido de esta memoria abarca un campo tan atractivo desde diversos puntos de vista que bien estará recompensada la tarea si los agrónomos y especialmente los estudiantes de agronomía de Colombia tienen ocasión de meditar con despacio en los valiosos conceptos y conclusiones que dicha memoria contiene. Es indudable que el propósito específico del autor tiene particularísima actualidad porque hay vinculados respetables y valiosos intereses en torno de la producción y mejoramiento del algodón en el país.

El suscrito entiende como un deber profesional facilitar el conocimiento de los hechos y sugerencias contenidos en esta memoria del Profesor Hutchinson, cuya autoridad en el campo de la genética pura y aplicada es mundialmente reconocida. El interés que esta publicación llegue a provocar será el incentivo para ulteriores ampliaciones de la misma y para la publicación de otras memorias relacionadas con el mismo tema.

Instituto de Fomento Algodonero
ROBERTO PEDRAZA
Jefe Departamento Técnico

(1) Hutchinson, J. B. The Application of Genetics to Plant Breeding. JOURNAL OF GENETICS 40: 271-282. 1940. Traducido por Roberto Pedraza, I. A. Para el Instituto de Fomento Algodonero. Bogotá. Marzo de 1949.

I — INTRODUCCION

La influencia de la ciencia de la genética en el arte de la cría de plantas ha sido mucho menos profunda de cuanto esperaban los primeros genetistas. Al dilucidar el mecanismo hereditario, fueron utilizados únicamente factores que originaban grandes diferencias, sin caer en la cuenta inmediata de que ellos son de pequeña importancia naturalmente o bajo la selección artificial. El progreso en el control genético de las pequeñas diferencias ha sido difícil y lento, considerando todavía muchos genetistas que los "genes" de menor categoría no valen la pena de ser investigados. Algunos principios genéticos han sido aplicados con éxito por los criadores, pero, a menudo, los intrincados principios no son totalmente comprendidos y la aplicación se ha hecho con frecuencia sin apoyo experimental, basando las deducciones en observaciones generales sobre el material de cría. En relación con los métodos de cría es notable la frecuencia con que una práctica de fundamental importancia se justifica por una declaración que principia así: "Mi impresión es. . .". Será tarea del genetista substituir la intuición del criador, por la evidencia objetiva.

El objeto de este escrito consiste en revisar la aplicación de la teoría genética al cultivo del algodón en particular y bosquejar los problemas en los cuales el genetista podrá ayudar al criador.

II — LA VARIABILIDAD Y ESCOGENCIA DE MATERIAL PARA LA SELECCION

Hasta época reciente se aceptaba, generalmente, que la acción de la **selección natural** conducía a la purificación y propagación del tipo más adaptado dentro de una población. Un tipo perfectamente adaptado sería teóricamente puro, y la existencia de variabilidad se suponía usualmente como indicativa de cruces recientes entre tipos puros.

El reciente trabajo efectuado en poblaciones de cultivos demostró que el efecto de la selección natural sobre la variabilidad, es muy diferente de cuanto se había supuesto. Hutchinson y otros, como resultado de los estudios hechos sobre poblaciones de cultivos en la India, concluyeron que la **selección natural** conduce al

establecimiento de una población bien adaptada, compuesta de una numerosa categoría de tipos. En cultivos puros estos tipos difieren tanto en producción, que es necesario suponer considerables efectos de competencia para explicar su supervivencia en el cultivo mezclado. En la mayoría de los casos es oscura la naturaleza de las fuerzas que sustentan la variabilidad, pero pueden hacerse algunas observaciones generales con los datos de que se dispone. En la India Central el algodón americano "Upland" ha llegado a estabilizarse como un componente perenne en los cultivos de algodón. En los cultivos puros, los tipos indígenas dan un rendimiento considerablemente mayor. En los cultivos mezclados, el tipo "Upland" gana en la competencia. La disparidad de rendimiento por planta, se reduce, y la germinación del "Upland" es mucho mejor que la de los tipos indígenas. El producto mezclado es de mejor calidad que el algodón indígena puro y es preferido por las hilanderías locales; las semillas mezcladas en la más alta proporción con "Upland", se devuelven a los cultivadores. El rendimiento intrínseco más bajo del tipo "Upland" es balanceado entonces por las ventajas en la competencia, capacidad de germinación y calidad.

En muchos casos las fuerzas selectivas varían de un sitio a otro, en la misma área ecológica. Por ejemplo, en la India Central los agricultores eligen y cultivan el "Jowar" (*Sorghum durra*) de grano blanco o de grano amarillo, de acuerdo con su preferencia personal. Las fuerzas selectivas parecen también variar de una a otra estación, así como de un lugar a otro, dentro de áreas relativamente pequeñas y, el efecto de tales cambios, en la conservación de la variabilidad, es obvio. Puede concluirse que un linaje genéticamente variable dará una respuesta más flexible a las variaciones ambientales, que uno muy uniforme. Si la variabilidad y no la uniformidad es la característica natural en las poblaciones de cultivos, el ideal del criador exige reconsideración. La selección, para obtener uniformidad, no debe ir más allá de la necesidad de asegurar un grado satisfactorio del producto comercial, excepto cuando es posible lograr una adaptación más estrecha a las condiciones locales de clima, mediante una especialización posterior.

En donde las fluctuaciones de estación (de uno a otro año)

son de mayor importancia como, por ejemplo, en Tanganyka y Queensland, el sostenimiento de cierta variabilidad genética es un aspecto definido en la política de cría de plantas. En el Sudan, al contrario, las variaciones de un sitio a otro son tales que el progreso se ha hecho con la cría de linajes especiales para las diferentes localidades (King 1938). El algodón "Upland" de la variedad U4, en su modalidad original variable, se mostró bien adaptada a un amplio margen de condiciones en Africa y el trabajo de su selección se efectúa en un gran número de centros. La adaptación local ha resultado tan pronunciada allí, que se hace muy poco intercambio de sublinajes entre las estaciones de cría, pues cuando tal material es intercambiado, fracasa en la competencia con las selecciones locales (Peat & Prentice, 1939).

En el esquema inicial del trabajo de cría de plantas se suponía que el ideal era una "línea pura" y que, una vez establecida, cuanto se necesitaba era preservarla de contaminación por mezcla o hibridación, permaneciendo indefinidamente pura.

La experiencia adquirida en las Indias Occidentales con algodón Sea Island muestra que este ideal es inalcanzable. La rata de mutación en algunos "genes" de categoría superior es lo bastante alta para causar seria contaminación en un tiempo relativamente corto. La deterioración general en la calidad sobreviene, a menos que haya una constante renovación del suministro de semilla de grupos seleccionados; y el linaje único, puro, no se conserva en los cultivos, ni aun en islas en donde no existen algodones. Los linajes del algodón superfino Sea Island son muy diferentes de como habrían aparecido en la naturaleza y en ausencia de cría selectiva, pues la selección natural cambia las características del linaje (strain).

Toda la experiencia en la cría de algodón sustenta el punto de vista de que la variabilidad es el estado natural de las poblaciones no seleccionadas y ella persiste, en cierta medida, aún en los linajes pedigree criados con más esmero. La degeneración ha sido más rápida y más seria en las variedades mejores, criadas con mayor celo. Por otra parte, las "land races" o razas aborígenes variables, no seleccionadas, sostienen sus características inmodificables indefinidamente. Esta es una franca inferencia de que la manera de conducirse un linaje depende de la presión de la selección

y no de la variabilidad; el esfuerzo actual consagrado a obtener la "pureza" podrá utilizarse ventajosamente en aumentar la eficiencia de la selección.

Vavilov (1935) y otros botánicos rusos han estudiado la distribución de variabilidad en campos cultivados y han postulado un número limitado de áreas relativamente pequeñas de donde se habrían expandido la mayor parte de las plantas cultivadas en el mundo. En estas áreas usualmente montañosas y por consiguiente divididas en muchos rincones comparativamente aislados, encontraron que la variabilidad es extremadamente alta, disminuyendo, usualmente por la pérdida de "genes" dominantes, a partir del centro de origen hacia la periferia de la distribución. En áreas donde una especie ha adquirido rápida multiplicación y extensiva distribución, pueden surgir centros secundarios de variabilidad. En el algodón la cuestión no persiste tan simple como en los casos señalados por Vavilov (Hutchinson 1938). Las dos especies americanas cultivadas tienen sus centros de variabilidad en los dos centros de variabilidad de cultivo postulados por Vavilov en Centro América y en la cordillera de los Andes, en la parte correspondiente a Colombia, Ecuador y Perú.

De las especies cultivadas en el Viejo Mundo, el *Gossypium herbaceum* parece tener su centro primario (aunque mnos importante) de variabilidad, en la región de las llanuras de Africa Occidental, con centros secundarios, más importantes que los primarios, en la India Occidental y en Irán, Afghanistan y Turkestán ruso. Para el "*G. arboreum*" hay por lo menos cuatro centros de variabilidad, en el Sudán, Sur de la India, Assam y Este de Bengala, Burna Oriental e Indochina. El descubrimiento de que la mayor parte de la variabilidad en una especie debe hallarse en una pequeña fracción de su habitat total, es de gran valor, tanto en la interpretación dada en el pasado a los problemas de cría de plantas, cómo para guiar la escogencia apropiada de material de cría. El valor de material proveniente de áreas de alta variabilidad ha sido sustentado principalmente por quienes trabajan en regiones situadas fuera de estas áreas, habiendo reunido grandes colecciones de tipos, en calidad de reservas, para futuros trabajos de cría. Recientemente ha habido tendencia de ciertos países como la India, en donde la variabilidad es mayor, a proseguir el

ejemplo de los rusos. Será obvio que las colecciones de tipos no pueden competir con la intocada variabilidad nativa del campo del cultivador, y donde hay abundantes poblaciones de cultivos indígenas variables, es más importante tratar de que ellas se sostengan, en lugar de establecer mayores colecciones de tipos. Recientemente Mason (1938) ha comentado la falta de éxito al sintetizar nuevos linajes de algodón provenientes de material híbrido. En la India, lugar al cual se refieren particularmente las observaciones de Mason, hay dos centros de variabilidad *G. arboreum* y una de *G. herbaceum*, y es por tanto natural que la explotación de la variabilidad existente haya tomado procedencia sobre la selección de material híbrido. Por otra parte, la zona algodонера de los EE. UU. está fuera del área de alta variabilidad para el *G. hirsutum* y la variabilidad requerida en el trabajo de cría se ha hallado más frecuentemente en los linajes híbridos. También en Egipto, donde el *G. barbadense* no es indígena, el material híbrido ha sido la base utilizada como la mejor fuente de variabilidad (Brown, 1939).

Aparte de la alta variabilidad de los cultivos locales de algodón, no seleccionados, el uso de la hibridación como una fuente de material variable ha sido desalentado en la India por el repetido fracaso. Las causas de fracasos han sido dilucidadas por los análisis de Harland con respecto a la naturaleza genética de las diferencias entre especies, y la revisión de la clasificación de los géneros a la luz de los resultados genéticos (Harland, 1932, Hutchinson & Ghose, 1937b.).

El trabajo de Harland se refiere principalmente a las dos especies cultivadas del Nuevo Mundo, *G. hirsutum* y *G. Barbadense*. El demostró que, aunque ellas se cruzan libremente y dan un F_1 muy vigoroso, los caracteres homólogos están congregados en tan diferentes y amplios sentidos que el balance genético es desintegrado en el F_2 y en las generaciones posteriores. Las selecciones productivas y vigorosas son casi invariablemente heterocigotes múltiples que segregan en un mosaico de tipos, la mayoría de los cuales son inferiores en vigor y productividad y, a menudo morfológicamente anormales.

Más adelante demostró Harland (1936) que era posible trasladar genes independientes o pequeños grupos de genes de una

especie a otra, sin trastonar el equilibrio de especie. Su conclusión consiste en que el mejoramiento por hibridación interespecífica debe ser considerado como el vehículo para la adición de pequeños grupos de genes de una especie para complemento de otra, y no como vehículo para la cría de tipos intermedios.

La revisión de la clasificación de los algodones del Viejo Mundo por Hutchinson y Ghose (1937b), hizo posible examinar los experimentos de hibridación con los algodones de la India a la luz de la teoría del equilibrio de las especies de Harland.

Se halló que aquellos cruces en los cuales se había obtenido éxito provenían de tipos considerados en el campo genético como miembros de un especie única. (*G. arboreum*). Aquellos en que no se habían aislado tipos satisfactorios, eran provenientes de cruces entre *G. arboreum* y *G. herbaceum*, los cuales genéticamente, son especies distintas. En el trabajo de cría con tales híbridos, las selecciones productivas y vigorosas, indicaron ser heterocigotes múltiples que dislocaron a la categoría de tipos improductivos y a menudo descompensados. Las conclusiones sacadas de los híbridos experimentales fueron confirmadas en el campo mediante los estudios de cultivos en los cuales las dos especies se cultivan normalmente mezcladas. Suponiendo que ocurra hibridación y que los F_1 , por razón de su vigor híbrido, sean las plantas sobresalientes en el cultivo, las generaciones híbridas posteriores son raras o están ausentes y no hay tendencia alguna a desaparecer la distinción entre las especies.

No se ha observado dislocación en los cruces intervarietales o interlinajes, aunque ha sido demostrado por Silow (1939) una diversificación intervarietal en la base genética de importantes caracteres de la fibra. El material híbrido que no traspasa los límites de las especies puede recomendarse con confianza a los criadores para la selección directa. Dentro de los algodones asiáticos dos de las líneas más prometedoras de mejoramiento en el *G. Arboreum* son selecciones de híbridos entre las formas del Norte de la India y China y entre las formas de la India del Norte y del Sur. Estas han demostrado que incluyen (Hutchinson & Ghose, 1937b; Hutchinson et al. 1938c) diferencias aproximadamente de categoría varietal. Dentro de los algodones del Nuevo Mundo, los híbridos de *G. hirsutum* X *G. hirsutum* var. *religiosum* son posiblemente de valor para la selección en las condiciones de Africa.

Persuadidos de que el éxito depende del rápido restablecimiento del equilibrio genético de una o de la otra especie, el criador de plantas puede regresar con cierta confianza a la hibridación interespecífica. Considerable éxito ha sido ya alcanzado por Knight & Clouston (1939) al trasladar la resistencia al "Blackarm" (*Bacterium malvacearum*) de un linaje de *G. hirsutum* a un tipo egipcio de *G. barbadense*. Repitieron ellos tres veces el retrocruce de los F_1 de interespecie con la fuente egipcia, seleccionando rigurosamente en la segregación de cada generación, tipos con la resistencia del F_1 y tan cercanos como era posible a las características morfológicas del padre egipcio.

III — EL PROGRESO EN LA EFICIENCIA DE LA SELECCION

En los primeros días consagrados a la cría de algodón destacó Balls la importancia de los componentes de rendimiento. Mediante su trabajo en Egipto y el de Harland en las Indias Occidentales, llegó a ser una práctica aceptada entre los criadores estudiar componentes de rendimiento tales como cápsulas por planta, algodón con semilla por cápsula, semillas por cápsulas, cantidad de fibra por semilla, etc. Pronto se hizo evidente que los efectos de la fluctuación del medio ambiente eran mucho mayores sobre algunos caracteres (p. e. cápsulas por planta), que sobre otros (p. e. algodón con semilla por cápsula), de donde se dedujo que la selección sobre el último grupo es mucho más efectiva que sobre el primero. El mejoramiento de los componentes de rendimiento comparativamente estables, conduce hasta cierto punto al mejoramiento de rendimiento. Más allá de este límite, las ventajas debidas a la selección son compensadas por la depreciación de aquellos caracteres que quedan fuera del alcance de la selección. En el linaje "Heaton" del algodón Sea Island, el índice de fibra (peso de la fibra de 100 semillas) fue elevado por la selección en 30% o más, y la mayor parte del mejoramiento se reflejó en el aumento de rendimiento. La selección en el mismo linaje, para un peso mayor de algodón con semilla por cápsula, condujo a un mejoramiento que no se reflejó en más alto rendimiento.

La selección similar en un algodón "Upland" quedó representada en una cápsula muy grande y una reducción despropor-

cionada en el número de cápsulas por planta. La experiencia corriente de que la intensificación de un carácter puede obtenerse solamente a expensas de otros, es a menudo el resultado de incompatibilidades fisiológicas.

Aun cuando no hay una barrera fisiológica para la combinación, es muy remota la posibilidad de lograr la máxima expresión de carácter "B" en una planta seleccionada para la intensidad de expresión de carácter "A".

A menos que la importancia relativa de estas dos posibilidades sea conocida, no pueden anticiparse los límites probables de mejoramiento por selección. Cuanto se requiere, entonces, es un análisis genético-fisiológico detallado de las interrelaciones de los caracteres componentes de la planta. El organismo es un conjunto integrado y es obvio que cualquier cambio significativo en uno de los caracteres debe estar acompañado sea de cambios correspondientes en los otros caracteres o de trastornos en el equilibrio de la planta. El cambio, bajo la selección, debe ser entonces un cambio coordinado y no simplemente la intensificación de un carácter único.

La variación es de dos clases, ambiental y genética; y la selección tendrá el efecto más eficiente cuando la relación entre la componente genética con respecto a la variance total, sea máxima. El primer progreso fundamental en la eficiencia de la selección consistió en sustituir la selección masal por la selección de progenies. Generalmente ésto se considera como una aplicación de la teoría de la línea pura, pero su éxito es debido al hecho de que la selección es más eficiente cuando se basa en promedios de progenies que en plantas individuales. Entre progenies, la componente ambiental de la variance es menos y la componente genotípica es más, que la observada entre plantas.

Los intentos ulteriores para mejorar la eficiencia de selección han sido concentrados sobre el problema de reducir la variance ambiental en el material de cría. En el método de "Purity Chequer"* usado en Egipto (Brown 1932), los efectos ambientales son disminuídos por la replicación. Las parcelas se disponen

* Comparación de pureza? - T.

sistemáticamente, haciendo todo esfuerzo para procurar condiciones óptimas de crecimiento y desarrollo. No se efectúan comparaciones de rendimiento, pero el algodón con semilla se examina en cuanto a los caracteres de la fibra y la semilla. Los datos son analizados mediante tablas de correlación (target diagrams) y las selecciones se hacen de progenies que combinan altos valores medios y altas variancias en los caracteres deseables. La deficiencia del sistema egipcio es la de no procurar avaluar las características de rendimiento en las primeras etapas. Otra disposición sistemática es la ideada por Trought (1934) en la cual una línea del linaje en ensayo se compara con dos líneas de control, una a cada lado. Como cada comparación incluye una línea del linaje, dos de control y dos guarda líneas, solamente un quinto del total del área utilizada es ocupada por el material en ensayo. Las comparaciones de rendimiento se hacen sobre la base de una planta individual, con minuciosas precauciones para asegurarse que las plantas comparadas lo son únicamente con plantas espaciadas exacta y similarmente en las líneas de control.

Diseños experimentales que incluían tanto randomización como replicación, fueron aplicados por Hutchinson & Panse al material de cría de línea de progenie, demostrando completo éxito en reducir la contribución ambiental a la variance. La gran demora de adoptar sistemas estadísticos modernos probablemente fue debida a la creencia de que no podía esperarse un error satisfactoriamente bajo con parcelas pequeñas. Parece no haberse comprendido que el solo hecho de haber tenido éxito la selección en la línea progenie, demuestra que las diferencias entre progenies son en general mayores que las atribuibles a las fluctuaciones fortuitas del medio ambiente.

Debió por tanto preverse que haciendo iguales las principales diferencias ambientales, por la replicación y disposición en bloque, resultaría un mejoramiento en la eficiencia, aunque fueran empleadas parcelas muy pequeñas, además la randomización es obviamente deseable para permitir el cálculo acertado del monto del error en las comparaciones de progenie.

CUADRO I

Errores standard en experimentos de bloques randomizados con algodón Monserrat como material de cría.

Columnas	1		2		3		4	
	Error Experimental expresado como Coef. de Variabilidad.		Error Experimental incluyendo variance de bloques. %		Eficiencia de bloque.		Err. St. de media de cualquier linaje. %	
	Progenies.	Pequeño aumento	Progenies	Pequeño aumento	Progenies	Pequeño aumento	Progenies	Pequeño aumento
Germinación	23,8	—	24,8	—	1,09	—	7,53	—
Stand Final	—	5,8	—	7,9	—	2,26	—	2,37
Número Nudos	5,3	—	7,0	—	1,80	—	1,67	—
Días a primera flor.	3,2	—	4,6	—	2,04	—	1,42	—
Lóculo x caps.	3,4	—	3,5	—	1,06	—	1,07	—
Caps. x planta	18,0	12,0	21,9	14,7	1,48	1,50	5,69	4,98
Algod. semilla por caps.	6,8	2,1	7,1	3,8	1,10	3,23	2,15	0,86
Peso semilla	3,8	2,4	4,6	3,4	1,46	1,95	1,20	0,98
Índice fibra	4,9	3,3	6,4	4,3	1,69	1,75	1,55	1,35
% Fibra	4,3	2,7	4,8	3,5	1,26	1,73	1,36	1,10
Long. fibra	1,9	1,1	2,6	1,6	1,80	2,34	0,60	0,45
Rendto. Alg. con semilla	—	9,8	—	15,7	—	2,56	—	4,00
Rendto. Fibra	—	10,0	—	14,6	—	2,15	—	4,08

La eficiencia en la selección del algodón, utilizando diseños de bloques randomizados, se puede ilustrar mediante un cultivo experimental de línea de progenie y uno de material ligeramente aumentado, con algodón M. S. I. de Monsterrat en 1938. En el ensayo de línea de progenie, había veinte progenies de plantas individuales y el experimento comprendía 10 bloques divididos en parcelas de 5 plantas. En el ensayo de material ligeramente aumentado había 20 progenies de plantas individuales ligeramente aumentadas (esto es, con la segunda generación de plantas individuales); el experimento comprendía 6 bloques en que el tamaño de las parcelas era para 72 sitios, con 1 ó 2 plantas por sitio. La eficiencia de los experimentos, para cada uno de los caracteres estudiados está resumida en el Cuadro I.

En la primera columna se da el coeficiente de variabilidad, que es el valor de la raíz cuadrada de la variance de error expresado en porcentaje de la gran media. La columna 2 contiene el monto del error experimental, cuando se omite el diseño en bloque randomizado y entonces el cómputo de la variance de error incluye los efectos de las diferencias de fertilidad entre los bloques. Esta variance de error fue calculada con la suma de cuadrados para bloques más la de error, dividida por el número de términos de comparación (degrees of freedom) apropiados. La raíz cuadrada de la variance resultante está expresada en porcentaje de la gran media. La mejor indicación de la eficiencia de la disposición en bloque, es la relación de las recíprocas de las variancias utilizadas al calcular los datos en las columnas 1 y 2. Estas relaciones están dadas en la columna 3. Finalmente, la eficiencia de las comparaciones entre las medias de linaje está dada en la última columna por los errores standard de las medias, con 10 parcelas en el ensayo de línea de progenie y con 6 parcelas en el ensayo de material con pequeño aumento. Estos errores están expresados también en porcentajes de la gran media.

La estudiada eliminación de las diferencias de bloque, condujo a aumento considerable en la exactitud de muchos caracteres. Tal diseño no solamente mejora la exactitud de comparación. Suministra también una guía acertada sobre cuáles caracteres pueden ser más provechosos sujetándolos a la selección. En conjunto, con el algodón en semilla y los caracteres de la fibra, fueron

determinadas exactamente, las diferencias del orden 5% aun con parcelas de 5 plantas replicadas 10 veces. Los rendimientos y el número de cápsulas por planta fueron mucho más variables; las parcelas grandes, replicadas 6 veces, solamente suministraron testimonio satisfactorio de la existencia de diferencias del orden 12 a 15%. La exactitud, sin embargo, es en gran parte del mismo orden de la obtenida en ensayos varietales adecuadamente replicados, y, por tanto, es confirmatoria de que con las parcelas pequeñas no ha aumentado considerablemente la variabilidad.

Hay serias desventajas inherentes, en el mejoramiento con líneas de progenie, especialmente en áreas donde ocurren amplias variaciones de clima y suelo. Con la pequeña cantidad de material disponible y el examen detallado al cual se sujeta, es imposible adelantar ensayos en condiciones de categoría representativa. Para mejorar la exactitud de las comparaciones habitualmente el criador escoge para los ensayos campos fértiles, uniformes, exponiéndose por consiguiente a la crítica de que los linajes han sido criados y ensayados por acomodamiento a un conjunto de condiciones que no existen en la práctica. El hábito de la planta, propensión a doblarse bajo una cosecha abundante, resistencia a ciertas pestes y enfermedades, y otras circunstancias, solamente puede estimarse en parcelas grandes. Caracteres tales, como aptitud para dar un rendimiento parejo, aún bajo malas condiciones, y satisfactoria respuesta a la diversa categoría de suelos y estaciones que posiblemente pueden sobrevenir, son particularmente importantes en países de condiciones inciertas de clima y profusas categorías de suelo, como por ejemplo, Sur Africa y Quesland. (Australia). Para atender estos problemas, los criadores simplifican el trabajo de cría en línea y aumentan el material para los ensayos extensivos tan pronto como les es posible. El éxito más grande en algodón, con la cría de líneas de progenie, ha sido alcanzado en países de climas comparativamente uniformes, tales como las Indias Occidentales y Egipto. En conexión con esto ha sugerido Mason (1938) que la selección "Secundaria", que puede definirse como la selección inmediata de una progenie de plantas individuales, ha sido ya considerablemente acentuada a expensas de la selección "primaria" que incluye la selección de plantas individual de poblaciones no seleccionadas, material híbrido y pequeños aumentos mejorados multiplicados de las primeras se-

lecciones. Señala él que muchos de los éxitos ostensibles en la cría de algodón en la India y Africa, fueron debidos a "hallazgos afortunados" y no al sostenido progreso de la ortodoxa cría en parcelas. Una razón muy importante para esto es que en los nuevos países cultivadores de algodón, o, en donde se introduce en la situación un nuevo y poderoso factor, tal como la invasión de una peste o enfermedad, el criador puede elegir como muestra una población de cosecha variable con razonable expectativa de hacer en corto tiempo considerable adelanto. Además, hasta tanto se desarrolló la técnica de línea de progenie randomizada, el ensayo de material de cría era tan deficiente que las pequeñas diferencias, sobre las cuales estaba fundado el constante mejoramiento por la selección, sólo fueron descubiertas con dificultad.

En tales circunstancias, la selección secundaria fue tan afortunada como podría preverse; así por ejemplo, en la producción de fibra de algodón y algodón con semilla de caracteres sostenidamente mejorados bajo las condiciones de clima comparativamente uniformes de Egipto y las Indias Occidentales.

IV — DISCUSION

No puede haber respuesta favorable a la selección, a menos que el material sea genéticamente variable. La relación de variabilidad con la rata de cambio por la selección y el efecto de la selección, que va reduciendo la variabilidad, son entonces factores fundamentales en la teoría de cría. El estudio de poblaciones de cultivos no seleccionados suministró información del equilibrio establecido en la naturaleza entre la selección y la variabilidad, y aparece la variabilidad persistiendo a un alto nivel. De donde resulta, que la selección natural no termina necesariamente en uniformidad, y que la estabilidad de tales masas o mezclas tiene que deberse a selección y no a uniformidad genética.

Los informes de proyectos de cría con algodón Sea Island demuestran que en la práctica es imposible alcanzar la uniformidad genética, aunque deliberadamente ella se busque. La variancia puede reducirse notablemente, pero ella persiste en cierta medida, aún en los linajes más estrechamente ligados. Si la estabilidad de las poblaciones no seleccionadas es debida a selección

y no a uniformidad genética, el criador puede estimar la pureza como una consideración secundaria y es posible así un nuevo acercamiento a su problema. Los problemas incluidos en la escogencia de material para la selección han sido mejor estudiados que muchos otros que afronta el criador. Para muchos cultivos son conocidas las áreas de alta variabilidad. Reconociendo ahora que la hibridación solamente es un medio para aumentar la variabilidad y es preliminar a la selección y no un sustituto de ella, los programas de cría son mejor planeados. Al presente, nadie malgasta su tiempo creando variabilidad, cuando ésta existe en los campos de su vecino. Si la hibridación es necesaria, también las investigaciones genéticas señalaron áreas peligrosas en donde anomalías citológicas y disyunciones interespecíficas requieren tratamiento especial y, en algunos casos, como en el algodón, debe darse inteligente orientación en cuanto al tipo de variabilidad y el orden de su magnitud que es posible hallar en híbridos de cualquier tipo.

La principal importancia de aplicar diseños estadísticos modernos al material de línea de progenie, se funda en la demostración de que el material de cría puede sujetarse a rigurosos ensayos en cualquier etapa y omitiendo la planta individual. El ensayo inicial es obviamente de gran importancia para algunos caracteres. Cuando, por ejemplo, se requieren determinados caracteres mínimos en la fibra de un linaje de algodón, todos los linajes que se aparten del standard deben desecharse inmediatamente, permitiendo una selección más rigurosa para rendimiento y flexibilidad de respuesta, cuando el material restante haya sido ligeramente aumentado.

No hay ahora excusa para trabajo de cría incierto. Es posible determinar para cada carácter con la mayor anticipación la etapa en que puede hacerse la selección eficiente y la comparación crítica, pudiendo preparar un programa de ensayo y escrutinio progresivo. El argumento de que la flexibilidad es de primordial importancia no es excusa para el ensayo deficiente.

En estos problemas ya se ha adelantado considerablemente. Quedan renglones de pesquisa más específicamente genéticos en el sentido limitado en los que el trabajo escasamente ha comenzado. El análisis de rendimiento en sus componentes, fue uno de

los primeros adelantos en la cría del algodón. Su lógica contraparte, estudios de síntesis del rendimiento, bajo diferentes circunstancias y en diferentes linajes apenas ha sido tocada. El desenvolvimiento de las funciones discriminadas (Fisher, 1936; Fairfiel Smith, 1936), suministra una herramienta con la cual puede emprenderse el estudio. Actualmente hay algún conocimiento sobre cuáles caracteres pueden ser mucho más fácilmente influidos por la selección, pero nada se sabe de la extensión en que el cambio en un carácter se refleje en cambios de compensación en otros, y quizá pueden precisarse menos fácilmente.

Los estudios de la rata y magnitud del cambio que puede inducirse por la selección, tienen un alcance obvio sobre la política de cría, pero fuera de: "Análisis del experimento de selección de Winter, de "Student"; la memoria de la cría de algodón Sea Island en Monsterrat por Harland (1934); y el análisis del efecto de la selección en algodón Malvi por Hutchinson & Kubersing (1936), hay muy poca información disponible. Una pesquisa preliminar en otro aspecto del problema, la acción de masa de genes, es el cálculo reciente del efecto limitante de asociación en la combinación de genes de híbridos lejanos efectuados por Anderson (1939). Este tiene una consecuencia interesante sobre la rata de restablecimiento del equilibrio de las especies en el método de retrocruces de Harland para utilizar híbridos interespecíficos.

Bastante se ha dicho para indicar la gran categoría de problemas fundamentales enfrentados al fito-criador. Muchos de ellos están fuera del campo de la Genética tal como el asunto es estudiado actualmente y esta es una de los atractivos para intentar el desarrollo de una rama de genética aplicada que, bajo el estímulo de las necesidades prácticas, ofrece líneas de investigación de amplio interés teórico.

LITERATURA CITADA

- Anderson, E. — (1939). *Amer Nat.* **73**, 185.
- Balls, W. L. — (1919). *The Cotton Plant in Egypt*. London: Macmillan.
- Brown, C. H. — (1932) *E. C. G. Rev.* **9**, 119.
- (1939) *E. C. G. Rev.* **16**, 111.
- Fisher, R. A. — (1936). *Ann. Eugen. London.*, **7**, 179.
- Fisher, R. A., Immer, F. R. & Tedin, O. (1932). *Genetics.* **17**, 107.
- Harland, S. C. (1920). *W. Ind. Bull.* **17**, 145, 210.
- (1932). *Bibliogr. Genet.* **9**, 107.
- (1934). *Rep. 2nd Conf. on Cotton Gr. Problems*, p. 31.
E. C. G. C. London.
- (1936). *Biol. Rev.* **11**, 83.
- Hutchinson, J. B. (1938 a). *Proc. Ist. Conf. Sci. Res. Workers on Cotton in India*. p. 347. I. C. C. C. Bombay.
- Hutchinson, J. B. & Kubersingh (1936). *Ind. J. Agric. Sci.* **6**, 672.
- (1937 b), *Ind. J. Agric. Sci.* **7**, 233.
- Hutchinson, J. B. & Ghose, R. L. M. (1937 a). *Ind. Jour. Agric. Sci.* **7**, 4.
- Hutchinson, J. B., & Panse, V. G. (1937 c). *Ind. J. Agric. Sci.* **7**, 531.
- Hutchinson, J. B., Panse, V. G., Apte, N. S. & Pugh, B. M. (1938 b).
Ind. J. Agric. Sci. **8**, 131.
- Hutchinson, J. B., Panse, V. G. & Govande, G. K. (1938 c). *Ind. J. Agric. Sci.* **8**, 757.
- King, H. E. (1938). *Rept. 3rd. Conf. on Cotton Gr. Problems*, p. 139.
E. C. G. C. London.
- Knight, R. L. & Clouston, T. W. (1939). *J. Genet.* **38**, 133.
- Mason, T. G. (1938), *E. C. G. Rev.* **15**, 113.
- Patel, L. P. (1920). *Mem. Dept. Agric. Ind. (Bot. Ser.)*, **11**, N° 4.
- Peat, J. E. & Prentice, A. N. (1939). *Progress Reports from Exp. Stations (S. Rhodesia)*, E. C. G. C. London.
- Silow, R. A. (1939). *J. Genet.* **38**, 229.
- Smith, H. Fairfield (1936). *Ann. Eugen., Lond.* **7**, 240.
- Stock, T. D. (1927). *Mem. Dept. Agric. Ind. (Bot. Ser.)* **14**, 177.
- “Student” (1933). *Eugen. Rev.* **24**, 293.
- Trought, T. (1934). *Rep. 2nd Conf. on Cotton Gr. Problems*, p. 51. E. C. G. C. London.
- Vavilov, N. I. (1935). “Botanical — Geographic Principles of Selection”.
Leningrad Acad. Agr. Sci. of Inst. Pl. Br. in U. S. S. R.