

Studies on quantitative inheritance in coffee

1. Flower number per inflorescence in *Coffea canephora* x *C. arabica** _____ S. VISHVESHWARA, C. S. SRINIVASAN**

COMPENDIO

Se estudió el número de flores por inflorescencia en retrocruzas con café arábico y generaciones ulteriores de estos en un cruce de Coffea canephora x C. arábica y generaciones F 1, F2 y F3 de un cruce 'Devamachy' x arabica.

C. canephora tuvo mayor variabilidad y una media más alta que arabica. Las retrocruzas con arábica y las generaciones ulteriores de ellas mostraron una distribución sesgada hacia arabica. La variación sugirió una herencia poligénica para este carácter del café.

Se registró una hereditabilidad moderada (42%) El avance genético, expresado como porcentaje de la media, se encontró que era de 12,65 por ciento, basándose en el 5 por ciento mejor de la población de plantas.

Introduction

COFFEA *canephora* Pierre (robusta coffee) differs from *C. arabica* L. (arabica coffee) in many respects of which bigger size of the plant, higher flower number per inflorescence and higher number of inflorescences per node, lower chromosome number, self-incompatibility, late fruit ripening, tolerance to high temperature, diseases and pests, low water requirements for blossoming, and higher yields are well known (7). Work on inheritance of characters, especially quantitative characters and the inter-relationship of the two species has not received much attention.

C. canephora x *C. arabica* hybrids evolved at the Central Coffee Research Institute have been backcrossed to arabica and brought to advanced generations so as to stabilize characters and exploit those that possess

high resistance to rust (*H. vastatrix* B & Br) and have good yields. These crosses have now been taken up for studies on inheritance of characters; the observations on flower number per inflorescence, which is a character of importance as a yield component, are reported in this paper.

Material and methods

Two lines, described below, were selected for the study:

Line 1. *C. canephora* selection 274 (2n=22) X *C. arabica* cultivar 450 'Kents' (2n=44).

Line 2. 'Devamachy' hybrid (2n=44) X *C. arabica* collection 881 (2n=44).

Line 1. 274 is a bold fruited robusta selection under large scale cultivation in India. 'Kents' is a cultivar known for good agronomic characters and cup quality. Kents has shown 'D' type resistance to rust (4), but has shown severe rust infection and consequent defoliation under Indian field conditions. The generations selected in this cross were as follows:

* Received for publication September 9th, 1976

** División of Botany, Central Coffee Research Institute, Coffee Research Station P.O., -577 117, Chikmagalur District, Karnataka State, India.

CCRI Accession N^o

Parents: 274 robusta and 450 Kents arabica
(2=22 and 2n=44 respectively)

F₁: 594 (2n=33)

First back cross with: 905 (2n=44)
arabica.

Second back cross with: 1156
arabica.

1st gen. from second back cross with arabica
(Single plant progeny from 1156): 2088.

2nd gen. from second back cross with arabica
(Single plant progeny from 2088): 2354 & 2399.

3rd gen. from second back cross with arabica
(Single plant progeny from 2354): 2828

The above progenies were raised in different years and planted at the Central Coffee Research Institute Farm; 2354 and 2399 are progenies raised from the same plant in different years. The chromosome numbers shown in brackets have been reported by Chinnappa (2).

Line 2. The 'Devamachy' hybrid is a spontaneous Robusta X Arabica hybrid collected from a private estate in Coorg (S. India); 881 is an arabica collection received from Rume Sudan (Africa) as wild arabica and planted at the Central Coffee Research Institute in 1942, and has shown high field tolerance to rust. The generations selected in this cross are given below:

CCRI No.

Parents: 'Devamachy' and 881 arabica.

F₁: 1559

F₂: 2269

(Single plant progeny from 1559)

F₃

(Single plant progeny from 2269 6/10): 2836

(Single plant progeny from 2269 5/11): 2967

The above progenies were raised in different years and planted at the Central Coffee Research Institute farm.

One hundred inflorescences were collected at random from each of the existing plants in each generation during the 1973 flowering season and flower number per inflorescence was recorded. Inflorescence from each of the plants was grouped on the basis of flower number and mean flower number per inflorescence was worked out for each plant. Mean standard error and the coefficient of variation were calculated for each generation. Plants in each progeny were grouped into classes based on the mean flower number per cluster recorded.

Parent-progeny regression was worked out, combining data from both crosses to detect the heritability of this character. The value of the regression coefficient was taken as an estimate of heritability ($b=h^2$). Genetic advance was calculated, based on the method given by Allard (1) assuming top 5% selection.

Results and discussion

Line 1. 274 *Canephora* x 450 'Kents' arabica: Frequency polygons for mean flower number per cluster in each generation of this cross are given in Figure 1.

'Kents' and 274 differed in mean flower number per inflorescence without any overlapping. Mean of 'Kents' was 2.7 and that of canephora 4.2. (Table 1).

F₁ was intermediate with a mean of 3.2. Frequency distribution of F₁ was skewed towards arabica.

Backcrosses to arabica showed greater variation than the parents and F. Mean flower number per inflorescence was 3.1 and 2.8 respectively in the first and second backcross generation. The frequency distribution in BC, ranged from mid point of canephora to slightly lower than the lower limit for arabica. The distribution in second backcross to arabica was skewed more towards arabica. The above inheritance pattern is in conformity with that expected in quantitative inheritance.

The first generation from the second backcross with arabica showed further shift in frequency distribution of means to lower classes.

Progenies 2354 and 2399 (2nd generation from the second backcross to arabica) showed some difference in frequency distribution which may be due to the lower population in 2399. However, the two progenies showed a similar distribution to the second backcross with arabica.

The third generation from BC₂ with arabica (2828) showed a mean of 2.9 flowers per inflorescence with a distribution skewed towards arabica as in earlier generations.

Table 1. Mean standard error and coefficient of variation for flower number per inflorescence in parents and progenies of the cross *C. canephora* x *C. arabica* cv 'Kents'.

Parent/progeny	No. of plants	Mean + S. E.	C. V. (%)
<i>C. canephora</i> cv. 274'	45	4.2 ± 0.050	8.5
<i>C. arabica</i> cv 'Kents'	17	2.7 ± 0.044	6.7
F (594)	4	3.2 ± 0.190	12.0
First B.C. with arabica (905)	28	3.1 ± 0.037	6.3
Second B.C. with arabica (1156)	49	2.8 ± 0.066	16.5
Progeny of 1156 (2088)	22	2.9 ± 0.120	19.0
Progeny of 2088 2354	42	3.0 ± 0.020	4.1
2399	22	2.8 ± 0.090	15.3
Progeny of 2354 (2828)	32	2.9 ± 0.074	14.5

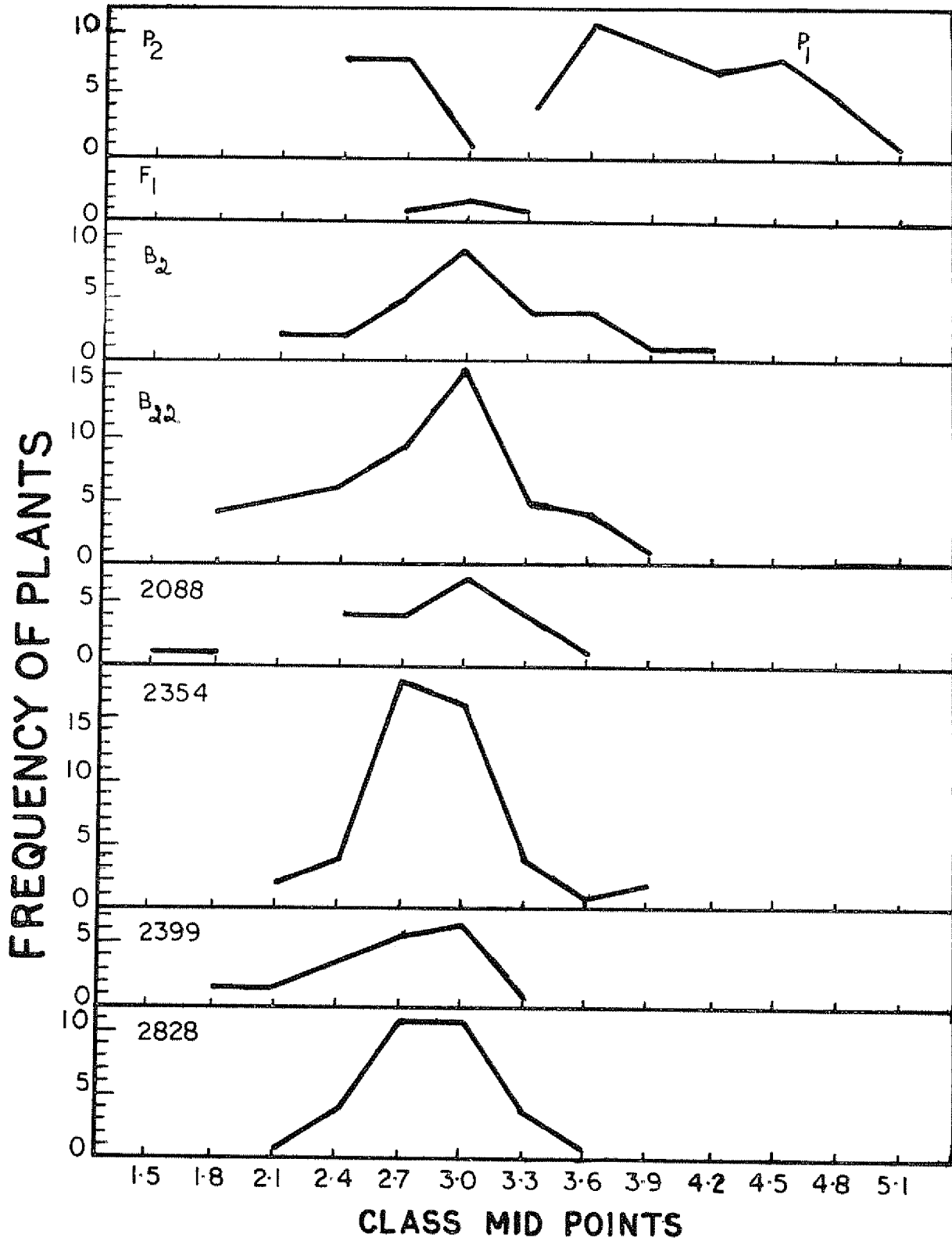


Fig 1.—Frequency polygons of mean flower number per inflorescence in parents and progenies of the cross *Coffea canephora* X *C. arabica* cv *Kents*

From the above results, it may be inferred that advanced generations from the second backcross are skewed more towards arabica and no transgressive segregation is seen in the backcrosses or advanced generations.

The parent plant in canephora, and the plants used in back crosses and succeeding generations are either at the mid point of the progeny frequency distribution or in lower classes. This, as well as the backcrossing to arabica, may account for the non-realisation of progeny means approaching that of canephora (4.2). It appears that back-crossing to arabica has initially influenced the mean and encouraged the accumulation of genes for lower flower number than in canephora.

Line 2. 'Devamachy' x S 881 arabica. Frequency distribution of means is represented in Figure 2 and other statistics are given in Table 2.

'Devamachy' is a spontaneous robusta x arabica hybrid with $2n=44$. The phenotype suggests that it might have undergone one or more natural back-crossings with arabica. The frequency distribution (Figure 2), which is similar to that of the backcross generations in the other line, support this hypothesis.

The 881 arabica differed from 'Kents' arabica in its higher variability and higher mean. A similar trend has been reported in 'S 12 Kaffa', another exotic introduction from Africa (5).

F_1 variability was lower than that of 'Devamachy' and the mean approached that of 'S 881' arabica. A wider range of distribution of means (1.5 to 4.2) and a higher coefficient of variation in the F_1 indicated the better status of F_1 in this line over the back-cross generations in the other line. F_2 progeny raised from a plant with a mean flower number per inflorescence of 3.3, showed an overall mean of 3.4.

F_3 s (2836 & 2967) derived from plants with class values of 2.7 and 3.3 respectively, showed expected trends.

Table 2 Mean, standard error and coefficient of variation for flower number per inflorescence in parents and progenies of the cross 'Devamachy' hybrid x *C. arabica* collection 881.

Parent/Progeny	No. of plants	Mean \pm S.E.	C.V. (%)
Devamachy hybrid	49	2.8 \pm 0.066	16.5
<i>C. arabica</i> Coll. 881	12	3.1 \pm 0.103	11.8
F_1 (1559)	37	3.1 \pm 0.075	14.8
F_2 (2269)	34	3.4 \pm 0.086	14.7
F_3 (2836)	31	2.8 \pm 0.086	17.1
F_3 (2967)	34	3.4 \pm 0.050	8.6

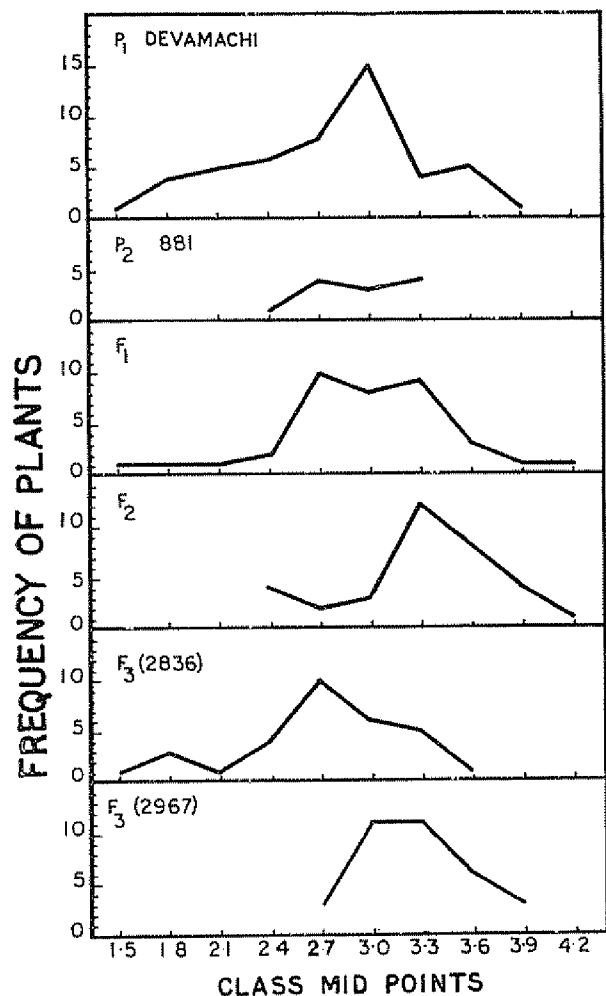


Fig. 2—Frequency polygons of mean flower number per inflorescence in parents and progenies of the cross 'Devamachy' x *C. arabica* Coll. 881.

The regression of progeny mean on parental value gave a coefficient of 0.4187 ± 0.287 and hence the heritability estimated is about 42 percent. This shows that flower number per inflorescence in the crosses is moderately heritable. Number of flowering nodes per primary branch in arabica has also been reported to show low to moderate heritability (6). This perhaps indicates that characters connected with reproductive fitness generally show low heritability traits (3).

Estimated genetic advance for this character indicated that the mean of F_3 in the 'Devamachy' x 'S 881' cross can be advanced by 12.65 per cent by selecting the top 5 per cent of the plants existing in this progeny. The expected mean of F_3 was 3.8 flowers per inflorescence.

Progenies from all the plants in 905, 1156 (Table 1) and 1559 (Table 2), in which a few plants display higher class values, have been established and these could be of value in isolating better lines

C. canephora shows a wider range in the distribution of mean flower number per inflorescence (3.3 to 5.1), with an overall mean of 4.2. The upper limit in the hybrids studied does not exceed 4.2. The higher flower number per inflorescence and the higher number of inflorescences per node seen in *C. canephora*, appears to be closely related to the bigger size of the peduncle and girth of the branch. The progenies studied here, show arabica to be an intermediate type in growth characteristics, and therefore may not provide full scope for expression of higher flower number as seen in *canephora*. Backcrossing to *canephora*, therefore, also requires attention.

Summary

Flower number per inflorescence was studied in backcrosses with arabica and advanced generations from them in a cross *C. canephora* x *C. arabica* and F_1 , F_2 and F_3 generations of a cross 'Devamachy' x arabica.

C. canephora showed higher variability and higher mean than arabica. Backcrosses to arabica and advanced generations from them showed skewed distributions

towards arabica. The variation suggested polygenic inheritance for this character in coffee.

Moderate heritability (42%) was recorded. Genetic advance expressed as percentage of the mean was found to be 12.65 per cent assuming top 5 per cent selection

Literature cited

1. ALLARD, R. W. Principles of plant breeding. New York, John Wiley & Sons, 1960. 485 p
2. CHINNAPPA, C. C. Interspecific hybrids of *Coffea canephora* and *C. arabica*. Current Science 37: 676-77. 1968
3. FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. Edinburgh, Oliver & Boyd, 1960. 365 p
4. RODRIGUES, Jr. C. J., BETTENCOURT, A. J. and RIJO, I. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. Annual Review of Phytopathology 13: 49-70. 1975.
5. SRINIVASAN, C. S. Studies on yield components in *Coffea arabica*. Observations on flower clusters and fruit set in 13-4-1 S 12 Kaffa Turrialba 22: 27-29. 1972
6. ——— and VISHVESHWARA, S. Correlation between some characters associated with yield in *Coffea arabica*, L. Journal of Plantations Crops 1 (Supplement): 11-14. 1973
7. VISHVESHWARA, S. Some aspects of robusta coffee in India. Indian Coffee 34: 209-211. 1970

Reseña de Libros

UNDEREXPLOITED TROPICAL plants with promising economic value. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1975. 188 p.

Por lo menos 36 plantas tropicales tienen "potencial significativo" como nuevas fuentes de alimentos o materias primas según este informe publicado por el National Research Council de los Estados Unidos. Un comité especial consideró hasta 400 plantas tropicales, no explotadas todavía, que botánicos de todas partes del mundo consideraron con méritos para ser investigadas. Una revisión y evaluación completa de la literatura suministró por primera vez evidencia detallada en apoyo de las afirmaciones de los conservacionistas de que las 10 mil especies vegetales en peligro podrían contener muchas de valor económico.

Dos de las 36 plantas escogidas han recibido el honor de ser objeto de sendas publicaciones por el NRC en 1975: la jojoba (*Simmondsia chinensis*), de la que nos hemos ocupado en *Turrialba* (Vol 25, N° 3), y que produce una cera parecida a la del cachalote, y la leguminosa de alta proteína, *Psophocarpus tetragonolobus*, de la cual se comen hasta las raíces tuberosas inmaduras. Un árbol del desierto de Atacama, Chile, el tamarugo,

Prosopis tamarugo, por ejemplo, que puede suministrar forraje abundante aún cuando crezca en suelo cubierto con una capa de sal de un metro, tiene aplicaciones obvias en suelos salinos naturales o ensalitrados por el riego, y se está probando intensamente por Israel en el Negev y por España en las islas Canarias (Cf. *Turrialba* Vol 23, p 253). Y un arbusto de Texas, el guayule, *Parthenium argentatum*, produce más caucho que el *Hevea*.

El potencial principal de estas plantas es como alimentos más bien que como materias primas. Aún la cera de la jojoba corre el riesgo de la competencia de productos sintéticos que se están probando ante la desaparición del cachalote, principal fuente hasta ahora. No se aprecia generalmente que la humanidad depende casi totalmente de no más de 20 cultivos alimenticios. El panel del NRC, presidido por E. S. Ayensu de la Smithsonian Institution y R. E. Schultes de la Universidad de Harvard, llama la atención sobre una gramínea australiana, *Echinochloa turnerana*, que rinde grano nutritivo en suelos con muy poca agua; a una planta marina de México, *Zostera marina*, cuyo grano produce harina; a una fruta del sudeste de Asia, el mangostan, *Garcinia mangostana*, de fama legendaria pero poco difundida lejos de su hábitat natural; y a una planta ornamental

o de bordes, de América Central, la chaya, *Cnidoscolus*, con hojas nutritivas que se consumen como la espinaca. Algunas de estas plantas, muy apreciadas en sus lugares de origen, como la quinua, *Chenopodium quinoa*, y el pejibaye, *Guiljelma gasipaes*, es probable que sean adaptadas a condiciones ecológicas restringidas y haya obstáculos naturales a su difusión más amplia.

La afirmación del panel de que la dependencia del hombre de un número pequeño de plantas representa un gran riesgo parece ser alarmista. Los pueblos más atrasados, que generalmente se piensa que están al borde del hambre, son en muchos casos los que dependen de estas plantas poco conocidas, que ellos mismos han domesticado, y que probablemente no figuren en las estadísticas en las que se basan las evaluaciones del estado alimenticio de las poblaciones humanas. Esto es cierto también para la proteína animal, pues los estimados oficiales no toman en cuenta alimentos como monos, larvas de insectos, saltamontes y hormigas, que por más repulsivos que nos parezcan, son apreciados por los que los consumen. Es probable que en el futuro se haga necesario buscar nuevas fuentes de alimentos, pero estas nuevas fuentes si no se hacen más productivas, serán usadas cuando las fuentes actuales no se den abasto y sólo en las zonas ecológicas en que los 20 cultivos no prosperan. Mientras llega ese día, lo lógico y conveniente es iniciar el mejoramiento de estas 36 plantas en los lugares en los que se utilizan actualmente. Con esto, no sólo se prestaría ayuda a regiones subdesarrolladas sino que se haría más factible el aprovechamiento futuro de estos nuevos cultivos por otras regiones del mundo.

ADALBERTO GORBITZ
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

JOHNSON, JEANNE C. Industrial enzymes; recent advances. Park Ridge, N J, Noyes Data, 1977. 348 p. US\$ 39.

Las enzimas fueron usadas sin saberlo por el hombre prehistórico, como levaduras para el pan, fermentos para cerveza y vino, cuajo para el queso, madre para el vinagre, etc. No fue sino hasta 1830 que una enzima fue aislada por Anselme Payen con la precipitación alcohólica del extracto de malta, y 61 años más tarde, en 1894, una enzima fue producida industrialmente cuando Taka-Diastasa se produjo en el Japón como ayuda digestiva.

Desde entonces, el uso de las enzimas en productos industriales y del hogar (papaína para ablandar la carne, y detergentes a base de jugo pancreático) se producen industrialmente. Desde 1930, la alfa-amilasa se ha producido por bacterias y domina, con sus derivados, el mercado actual de enzimas industriales. Más recientemente, la isomerasa glucosa, que convierte la glucosa en la mucho más dulce fructosa, goza de gran demanda por parte de los industriales de azúcar. Y para el futuro, se están investigando procesos enzimáticos para la purificación del aire y de las aguas excluidas; la conversión de celulosa, particularmente celulosa de desecho, en glucosa; y el uso de enzimas de la fijación del nitrógeno en cultivos no leguminosos. Es más, a juzgar por lo publicado en la segunda mitad de 1977, es probable que la "ingeniería genética" tenga su primera aplicación industrial en la elaboración de insulina por bacterias: se ha dado cuenta de haber transferido un gen humano para la producción de insulina a la conocida bacteria *Escherichia coli*.

El puente entre la investigación y la aplicación industrial lo constituye la literatura de patentes, y este es el campo en que opera Noyes Data. Su colección de libros basados en las patentes de los Estados Unidos es útil para cubrir la brecha entre la investigación básica y la transferencia de tecnología química. Esta información es descuidada por los técnicos que dependen principalmente de la literatura periódica contenida en las revistas científicas.

El libro se ha limitado a la revisión de un poco más de 200 patentes emitidas en los últimos siete años. Describe 194 procesos incluidos en 208 patentes sobre la producción y uso de enzimas en procesos industriales. No incluye las enzimas para usos médicos (la producción de insulina por *E. coli* no está aquí) o para análisis clínicos.

Los primeros cuatro capítulos se ocupan de procesos generales y de la inmovilización o insolubilización de enzimas (en realidad, un atrapamiento que permite recuperar las enzimas para volverlas a usar). Veintidós procesos se refieren a azúcares, 29 a almidón y 10 a polisacáridos más altos. Siguen enzimas proteolíticas para detergentes (15 procesos), y otros usos (29 procesos para fabricación de quesos, productos de soya, elaboración de cueros, y otros). Como es de esperar en un libro basado en patentes, la autora evade tratar la espinosa cuestión de si la biotecnología es patentable.

En resumen, un libro útil de consulta que puede ayudar al investigador a establecer una base sólida en sus conocimientos antes de iniciar una investigación en el campo de las enzimas.

ADALBERTO GORBITZ
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA