

# EVALUACION DE GERMOPLASMA DE ACHIOTE Bixa orellana L. : ESTUDIOS BASICOS SOBRE ASOCIACIONES FENOTIPICAS Y BIOLOGIA FLORAL

Franco Alirio Vallejo C. \*

## COMPENDIO

En la Universidad Nacional de Colombia, Seccional de Palmira se formó una colección de achiote Bixa orellana L. con 70 introducciones nacionales y 80 extranjeras. En 21 introducciones se encontró amplia variación fenotípica para los caracteres rendimiento de colorante por árbol y rendimiento de semilla por árbol. La variabilidad del carácter porcentaje de colorante fue menor. Las introducciones B-Col 12, B-Col 16 y B-Col 56 presentaron valores altos para los caracteres rendimiento de semilla por árbol y porcentaje de colorante. La flor del achiote es hermafrodita, regular, cáliz compuesto de cinco sépalos, corola por cinco pétalos libres, numerosos estambres, gineceo constituido por un ovario súpero unilocular. La antesis floral ocurre entre las 5:30 a.m. y las 8:00 a.m. Se presenta el fenómeno de protandria. Los principales insectos polinizadores son: Bombus atratus, Euglossa fasciata y Trigona sp. Se determinó una metodología para efectuar hibridación artificial en achiote.

## ABSTRACT

150 Bixa genetic resources was collected by National University of Colombia for purposes of conservation, evaluation and utilization in genetic breeding program. 21 accessions was evaluated for color production, seed production per plant and color porcentaje. B-Col 12, B-Col 16 and B-Col 56 accessions showed highest values for seed production per plant and color porcentaje. The achiote flower is hermafrodite, regular, calix formed by 5 sepales, corole formed by 5 petales, numerous estames, superior and unilocular ovary. Antesis is 5:30 a.m. and 8:00 a.m. range. Protandria is present in achiote: Bombus atratus, Euglossa fasciata and Trigona sp. are the pollinizer insects. A methodology for controlled polinization was carried out.

## 1. INTRODUCCION

El achiote es un arbusto originario de América Tropical poco conocido a nivel biológico, agrónomico e industria. Prospera bien en las zonas tradicionales y marginales de la actividad agrícola comercial. De su semilla se obtiene un colorante de grandes perspectivas en los mercados internacionales (Vallejo, 1981 y 1983).

La mayoría de los países desarrollados utilizan este colorante en la industria de los derivados lácteos cárnicos, grasas, helados y cosméticos. Los países en vía de desarrollo lo utilizan en la industria de los condimentos, cerámica, pintura, barnices, lacas, para teñir sedas y telas de algodón, en la alimentación de aves, en muchas actividades del arte culinario y en la medicina. Se estima que un futuro próximo se usará en la industria de gaseosas, confitería, pastelería; en fin, en muchos productos de consumo humano y animal (Cárdenas, 1980; Escobar, 1981 y Gómez, 1980).

La demanda de colorantes naturales viene siendo estimulada a nivel mundial, especialmente después de 1960 cuando el Congreso de los Estados Unidos enmendó la ley de alimentos puros y prohibió el uso de colorantes sintéticos o de cualquier otro material que hubiese dado síntomas de producir cáncer en el hombre o en los animales. De igual manera, en Europa se han hecho más severas las leyes respecto a la coloración de los alimentos. Lo anterior contrasta con la demanda creciente de colorantes sintéticos en Colombia, debido a la falta de leyes rigurosas que protejan al consumidor (Urquiza, 1977).

El achiote es una planta dicotiledónea, perteneciente al orden Parietales, familia Bixaceae y género Bixa. Se reportan las siguientes especies B. orellana L. (sin. de B. odorata R. y P.), B. orellana L. forma leicocarpa (Kuntze) (sin. Orellana americana var. leicocarpa) (Kuntze), B. excelsa Gleason y Druhoff, B. sphaerocarpa Triana, B. platycarpa R. y P. y B. upatensis Grosscurdy. Ultimamente se ha encontrado B.

\* Ph.D., Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237 Palmira.

fossilia en el Estado de Minas Gerais, Brasil (Duarte, 1980).

Teniendo en cuenta que el achiote es una de las fuentes de colorante natural vegetal más importante; el papel que debe desempeñar en el reemplazo paulatino de los colorantes sintéticos y la escasez de conocimiento sobre esta especie, es necesario y prioritario aunar esfuerzos para emprender una investigación integral con el fin de ir creando la tecnología apropiada para la explotación comercial.

La Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, desde 1977, viene desarrollando un programa de investigación en achiote, dentro del cual se da gran importancia al estudio de los recursos genéticos y a aquellos que conduzcan a incrementar el rendimiento del colorante. Con base en lo anterior, el presente programa de investigación busca lo siguiente:

1. Reunir, evaluar, aprovechar y conservar la variabilidad natural de achiote existente en Colombia y en otros países del mundo.
2. Analizar el grado de asociación del carácter rendimiento de colorante (de difícil medición) respecto a otros caracteres cuantitativos (de fácil medición) con el fin de orientar el mejoramiento, en donde se use como índice de selección el o los caracteres que indiquen una mayor asociación y contribución al rendimiento de colorante, y
3. Estudiar la morfología y la fase reproductiva de la flor con el fin de tener las bases suficientes para poder realizar trabajos de hibridación.

## **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

En la formación de la colección de achiote, se utilizaron dos metodologías:

- a. Exploración directa en regiones colombianas donde existía achiote en estado natural o cultivado. En cada sitio se tomó información relacionada con la ubicación y con el

medio ecológico donde crecía dicha planta o cultivo. Luego se tomó una muestra de las cápsulas para su correspondiente siembra, evaluación y conservación.

- b. Por donación o intercambio con instituciones o investigadores de Brasil, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, India, Perú y Puerto Rico. En la actualidad se dispone de 70 introducciones nacionales y 80 extranjeras, convirtiéndola en la mayor colección de Colombia y América, seguida por las de Costa Rica (72) y Guatemala (41 materiales).

En el presente estudio se evaluaron 21 introducciones (Cuadro 1) las primeras que se sembraron y las primeras que entregaron tres cosechas.

En la evaluación se dio prioridad a aquellos caracteres cuantitativos que directa o indirectamente afectan el rendimiento de colorante, tales como rendimiento de semilla, porcentaje de colorante en la semilla, peso de cien semillas y número de semillas por árbol.

Además se llevaron registros de caracteres relacionados con la arquitectura del árbol, período vegetativo, resistencia a factores bióticos y abióticos desfavorables y otros caracteres agronómicos importantes.

Con la información obtenida se procedió a estimar la variabilidad fenotípica y el grado de asociación entre algunos caracteres que influyen en el rendimiento de colorante por árbol.

Finalmente, se estudió la inflorescencia, flor, la polinización natural y se diseñó una técnica de hibridación controlada.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE LOS CARACTERES**

El rendimiento de colorante por árbol fluctuó entre 29.58 y 269.25 g con un coeficiente de variación de 58.81% (Cuadro 2), lo cual indica

**Cuadro 1****Introducciones de Bixa orellana L evaluadas**

No.	CODIGO DE LA INTRODUCCION	ARBOLES EVALUADOS POR INTRODUCCION	PROCEDENCIA
1	B-Col 1	5	B/ventura - Col.
2	B-Col 7	5	B/ventura - Col.
3	B-Col 9	5	B/ventura - Col.
4	B-Col 5	5	B/ventura - Col.
5	B-Col 12A	5	B/ventura - Col.
6	B-Col 12B	5	B/ventura - Col.
7	B-Col 13	5	Palmira - Col.
8	B-Col 14	5	Palmira - Col.
9	B-Col 15	5	Palmira - Col.
10	B-Col 16	5	Palmira - Col.
11	B-Col 17	5	Palmira - Col.
12	B-Col 18	5	Piendamó - Col.
13	B-Col 19	5	Piendamó - Col.
14	B-Col 51	5	B/ventura - Col.
15	B-Col 55	5	B/ventura - Col.
16	B-Col 56	5	B/ventura - Col.
17	B-CRI 1	5	Costa Rica
18	B-CRI 2	5	Costa Rica
19	B-CRI 3	5	Costa Rica
20	B-CRI 4	5	Costa Rica
21	B-CRI 1	5	Puerto Rico

Cuadro 2  
Caracteres evaluados en las 21 introducciones de achiote, Bixa orellana L.

INTRODUCCION	RENDIMIENTO DE COLORANTE POR ARBOL (g)	RENDIMIENTO DE SEMILLA POR ARBOL (g)	PORCENTAJE DE COLORANTE EN LA SEMILLA	PESO DE CIEN SEMILLAS (g)	NUMERO DE SEMILLAS
B-Col 1	68.35	865.17	7.90	2.08	40.101.30
B-Col 7	99.92	1350.22	7.40	2.45	64.504.80
B-Col 9	55.52	771.12	7.20	1.73	40.601.30
B-Col 12	223.64	2381.28	9.40	2.34	107.406.70
B-Col 12A	130.00	2166.72	6.00	2.30	100.813.90
B-Col 12B	109.61	2067.54	5.30	2.23	108.172.40
B-Col 13	67.58	1090.01	6.20	1.58	71.316.90
B-Col 14	138.50	1798.77	7.70	1.94	102.831.80
B-Col 15	61.42	568.43	10.80	1.98	33.624.20
B-Col 16	217.00	2465.90	8.80	2.01	139.854.50
B-Col 17	89.28	1240.00	7.20	1.98	68.979.70
B-Col 18	64.01	646.53	9.90	1.68	40.873.80
B-Col 19	96.37	1219.92	7.90	1.73	82.173.00
B-Col 51	172.00	3658.29	4.70	1.99	199.451.20
B-Col 55	36.76	371.33	9.90	1.18	37.968.10
B-Col. 56	169.64	1748.87	9.70	1.87	111.081.10
B-CRI 1	86.08	1102.91	7.80	1.68	69.330.90
B-CRI 2	65.21	1019.06	6.40	1.43	63.005.20
B-CRI 3	97.69	880.16	11.10	1.88	50.746.50
B-CRI 4	29.58	318.10	9.30	1.66	22.132.10
B-CRI 1	269.25	3846.48	7.00	2.52	163.080.00
RANGO	29.58 - 269.25	318.1 - 3.84648	4.7 - 11.1	1.18 - 2.52	22.132 - 199.451
PROMEDIO	111.79	1503.65	7.98	1.916	81.813.01
CV (%)	58.81	64.69	22.17	17.57	55.87

amplia variabilidad que se puede aprovechar por selección en el momento de producir materiales de achiote de alto rendimiento de colorante. De sus componentes primarios, el carácter rendimiento de semilla presentó mayor variación (64.99%) que el porcentaje de colorante (22.17%) lo cual indica que la selección sería más fácil de practicarla en el primer componente, con miras a alterar el rendimiento de colorante.

En la colección se ha registrado también alta variabilidad para caracteres agrónomicos importantes tales como altura del árbol, precocidad de cosecha, resistencia a *Oidium* sp. y sequía, coloración y formato de cápsulas, presencia de tricomas en la cápsula, coloración de flor, etc. La variabilidad posiblemente aumente en la medida que se vayan evaluando las restantes introducciones existentes y las que vayan llegando a la colección.

Para el programa de mejoramiento genético de achiote es importante contar con amplia variación dentro de esta colección como recurso esencial para seleccionar o cambiar caracteres de acuerdo con las necesidades u objetivos propuestos. Para que esta función sea efectiva, es indispensable que periódicamente se caya generando información sobre las características específicas de las introducciones de la colección. Por otra parte, es una necesidad para los científicos agrícolas, Institutos de Investigación y sectores de los Gobiernos que están encargados del desarrollo agrícola, la creación y funcionamiento de estas colecciones, no solamente para aumentar la producción o productividad de un cultivo determinado sino también para garantizar a las generaciones futuras la conservación de la variabilidad natural de muchas especies que están siendo amenazadas por muchas actividades irracionales del hombre.

#### **ASOCIACIÓN ENTRE ALGUNOS CARACTERES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE COLORANTE POR ÁRBOL**

**Asociación entre el rendimiento de colorante por árbol y el rendimiento de semilla por árbol**

Entre estos dos caracteres se encontró correlación positiva y altamente significativa ( $\hat{r} = 0.8989^{**}$ ), indicando que al incrementar o disminuir el rendimiento de semilla por árbol incrementa o disminuye el rendimiento de colorante por árbol (Cuadro 3). El coeficiente de determinación indica que los cambios o variaciones en el rendimiento de colorante, se explican en 80.80% por los cambios o variaciones en el rendimiento de semilla por árbol. El coeficiente de regresión simple positivo y altamente significativo indica que al incrementar en un gramo el rendimiento de semilla se incrementa en 0.0599 g el rendimiento de colorante.

El coeficiente de correlación parcial ( $r_{YX_1 \cdot X_2} = 0.9665$ ) muestra el efecto real del rendimiento de semilla por árbol ( $X_1$ ) sobre el rendimiento de colorante por árbol ( $Y$ ) cuando el porcentaje de colorante ( $X_2$ ) permanece constante (Cuadro 4); indicando además que las variaciones en el rendimiento de colorante por árbol se explican en 93.22% por las variaciones en el rendimiento de semilla por árbol. Los coeficientes de correlación parcial son más importantes ya que los coeficientes de correlación simple se obtienen ignorando la presencia de otras variables.

#### **Asociación entre el rendimiento de colorante por árbol y el porcentaje de colorante**

Entre estos dos caracteres no se encontró asociación significativa ( $\hat{r} = -0.1500$ ); pero si se tiene en cuenta que  $Y = (X_1) (X_2)$  debe destacarse la no asociación. Por otro lado, el signo negativo del coeficiente de correlación no tiene clara interpretación biológica.

Teniendo en cuenta el coeficiente de determinación simple entre estos dos caracteres ( $R^2 = 0.0237$ ), las variaciones en el rendimiento de colorante por árbol, solamente son explicadas en 2.3% por las variaciones en el colorante.

Ahora, a fin de estudiar el efecto real del porcentaje de colorante ( $X_2$ ) sobre el rendimiento de colorante por árbol ( $Y$ ), se debe investigar la relación entre estos dos caracteres permaneciendo constante el otro carácter: rendimiento de semilla por árbol ( $X_1$ ). El coeficiente de corre-

Cuadro 3

Coefficiente de correlación simple (r), coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) y coeficientes de regresión simple (b), entre el rendimiento de colorante por árbol y los caracteres cuantitativos que inciden en él

CARACTERES	$\hat{r}$	$\hat{R}^2$	$\hat{b}$
Rendimiento de colorante por árbol (Y) vs. rendimiento de semilla por árbol (X <sub>1</sub> )	-0.8989**	0.8080**	+0.05998
Porcentaje de colorante (X <sub>2</sub> )	0.1500	0.0237	131.32**
Peso de cien semillas (X <sub>3</sub> )	+0.6683**	0.4467	+0.00121
Número de semillas por árbol (X <sub>4</sub> )	+0.8527**	0.7271	
Rendimiento de semilla por árbol (X <sub>1</sub> ) vs. porcentaje de colorante (X <sub>2</sub> )	-0.5057	0.5057	-281.48*
Rendimiento de semilla por árbol (X <sub>1</sub> ) vs. peso de cien semillas (X <sub>3</sub> )	+0.6525	0.4258**	+1927.35**
Rendimiento de semilla por árbol (X <sub>1</sub> ) vs. número de semillas por árbol (X <sub>4</sub> )	+0.9663**	0.9338	0.20**
Peso de cien semillas (X <sub>3</sub> ) vs. número de semillas por árbol (X <sub>4</sub> )	+0.4970	0.2470*	+3.59x10 <sup>-6*</sup>

Cuadro 4

Coefficiente de correlación parcial y múltiple entre el rendimiento de colorante por árbol (Y) y sus dos componentes primarios: rendimiento de semilla por árbol (X<sub>1</sub>) y porcentaje de colorante (X<sub>2</sub>)

CARACTERES	$r_{Y X_1 X_2}$	$r_{Y X_2 X_1}$	$R_{Y X_1 X_2}$
Rendimiento de colorante por árbol (Y) vs. Rendimiento de semilla por árbol (X <sub>1</sub> )	0.9655	0.8056	0.9665
Porcentaje de colorante (X <sub>2</sub> )			

lación parcial ( $r_{YX_2.X_1} = 0.8056$ ) indica correlación positiva entre el rendimiento de colorante por árbol y el porcentaje de colorante cuando el rendimiento de semilla por árbol permanece constante. Este valor muy diferente al coeficiente de correlación simple ( $-0.1500$ ) que se obtuvo cuando no se controló el rendimiento de semilla por árbol. Este coeficiente de correlación parcial indica además que las variaciones en el rendimiento de colorante por árbol se explican 64.91% por las variaciones en el porcentaje de colorante cuando el rendimiento de semilla por árbol permanece constante.

El coeficiente de correlación múltiple entre el rendimiento de colorante con el rendimiento de semilla y el porcentaje de colorante ( $r_{Y.X_1.X_2} = 0.9665$ ) indica que la relación conjunta del rendimiento de semilla ( $X_1$ ) y el porcentaje de colorante ( $X_2$ ) explica en 93.42% las variaciones en el rendimiento de colorante ( $Y$ ).

Se encontró la siguiente ecuación de regresión múltiple:

$$Y = 54.21 + 0.0671X_1 + 815.30X_2$$

El rendimiento de colorante por árbol ( $Y$ ) aumenta en 0.0671 g en promedio por cada gramo de incremento en el rendimiento de semilla ( $X_1$ ) y en 815.39 g por cada unidad de porcentaje de colorante. Por lo tanto, las variaciones en el porcentaje de colorante son las que más contribuyen o las que más alteran el rendimiento de colorante por árbol, por unidad, pero no debe restársele importancia al rendimiento de semilla por árbol, ya que este carácter presenta alta variabilidad y explica en 93.42% todas las variaciones en el rendimiento de colorante.

Desde el punto de vista del Fitomejoramiento y teniendo en cuenta los resultados anteriores, se debe procurar seleccionar o cultivar introducciones de achiote que presenten combinaciones de altos rendimientos de semilla con altos porcentajes de colorante; pero, se debe tener en cuenta que es más fácil seleccionar por rendimiento de semilla que por porcentaje de colorante, debido a su variabilidad y a la facilidad de cuantifica-

ción; de ahí que sería aconsejable seleccionar primero por alto rendimiento de semilla y luego intensificar la selección por porcentaje de colorante.

Si se realiza una translocación de ejes del punto (0,0) a los valores promedios de las variables porcentaje de colorante y rendimiento de semilla por árbol (Fig. 1), se pueden identificar tres introducciones (B-Col 12, B-Col 16 y B-Col 56) ubicadas en el primer cuadrante cartesiano, las cuales constituyen un importante grupo, al combinar valores altos de ambos caracteres. De manera similar, en el cuadrante II se identifica un grupo con dos introducciones (B-Col 51 y B-PRI 1) que muestran los mayores valores de rendimiento de semilla por árbol y el cuadrante IV un grupo de cinco introducciones (B-CRI 3, B-Col 15, B-Col 55, B-Col 18 y B-CRI 4) con los más altos valores del porcentaje de colorante. Estos grupos son importantes de considerar dentro del plan de identificación de progenitores para empezar cruzamientos.

#### **Asociación entre el rendimiento de semilla por árbol ( $X_1$ ) y el porcentaje de colorante ( $X_2$ )**

La asociación entre estos dos caracteres fue negativo y significativo ( $\hat{r} = -0.5057^*$ ) indicando que al incrementar o disminuir el porcentaje de colorante se disminuye o se incrementa respectivamente el rendimiento de semilla (Fig. 2). Parece difícil seleccionar introducciones que tengan, al mismo tiempo, alto rendimiento de semilla y alto porcentaje de colorante; sin embargo, el fitomejorador debe buscar por todos los medios optimizar esta combinación.

### **MORFOLOGÍA Y FASE REPRODUCTIVA DE LA FLOR DEL ACHIOTE**

#### **Inflorescencia**

Las flores del achiote se presentan en grupos formando inflorescencias, botánicamente conocidas con el nombre de panículas monocasias (Fig. 3). En cada panícula existe una notoria desuniformidad en la maduración de sus flores; encontrándose botones florales, flores abiertas, flores

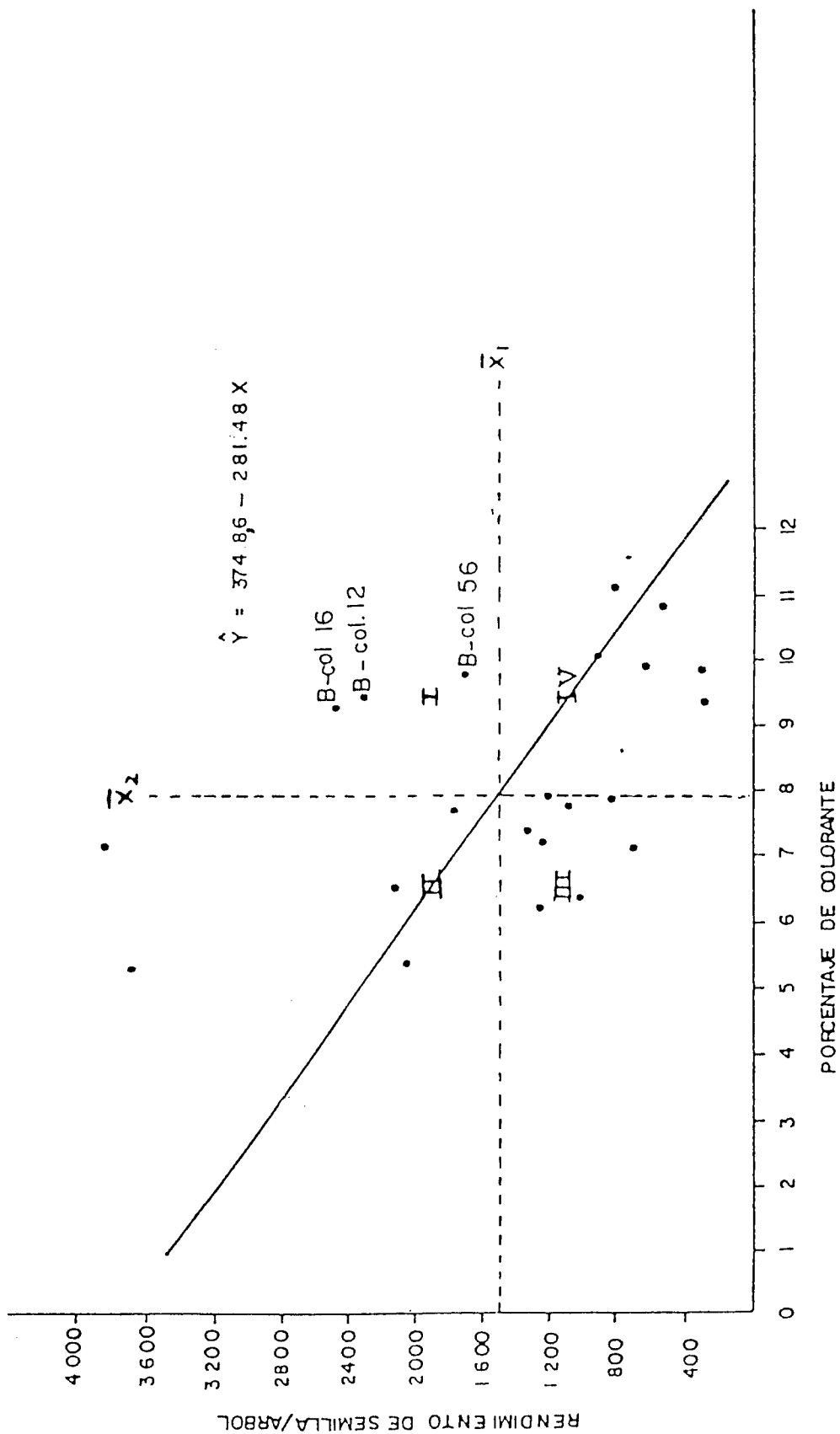


Fig. 1. Relación entre el rendimiento de semilla/árbol y el porcentaje de colorante.



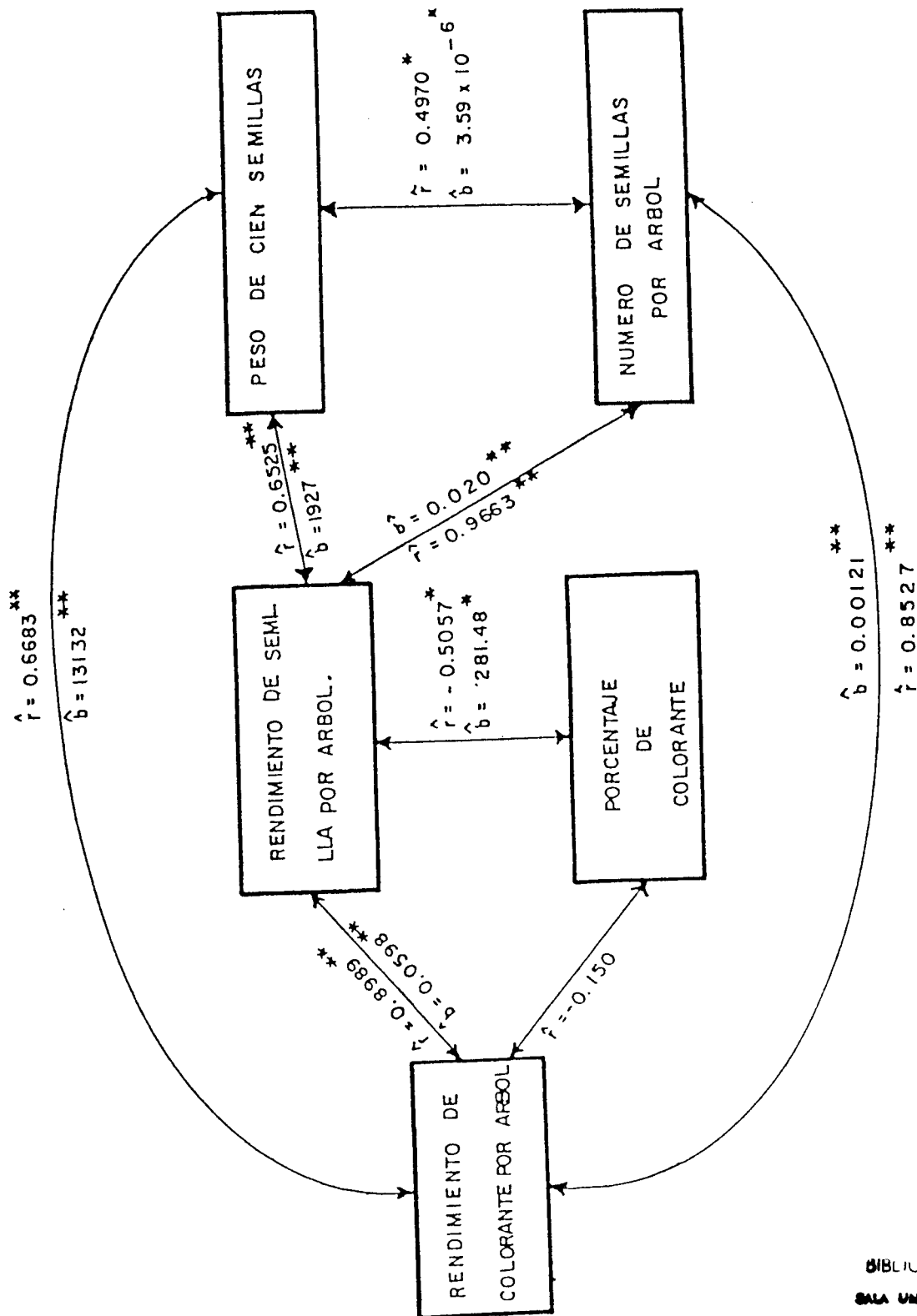


Fig. 2. Coeficientes de correlación ( $\hat{r}$ ) y regresión ( $\hat{b}$ ) para el rendimiento de colorante por árbol y algunos caracteres cuantitativos.

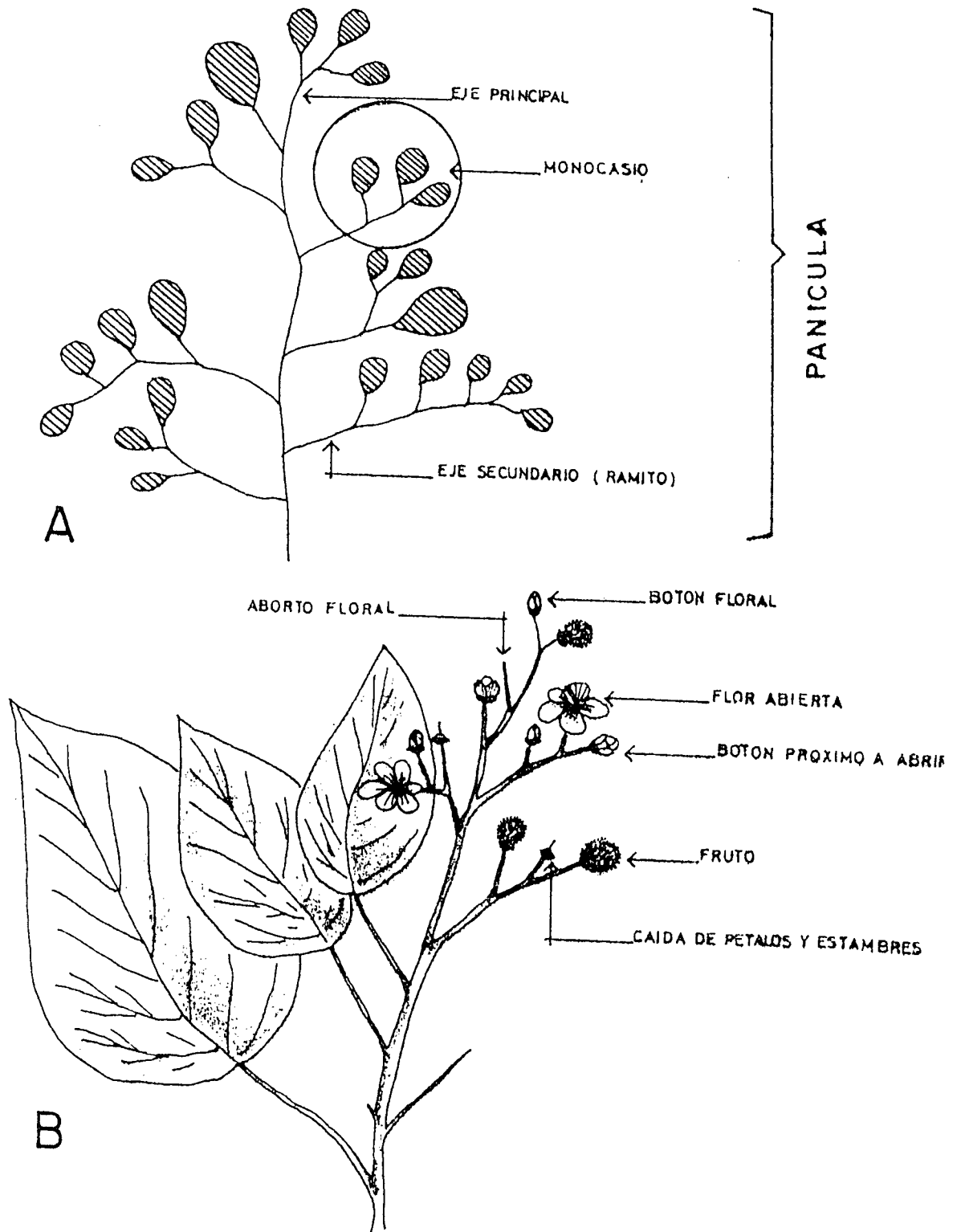


Fig. 3. A - Esquema de la inflorescencia del achiote  
 B - Gráfico de la inflorescencia, notándose la diversidad de maduración de los botones.

con estambres y pétalos caídos y frutos. En las introducciones estudiadas se encontró entre 15 y 50 panículas por árbol, aunque existen plantas que se salen de estos límites. El número de flores por panícula no es constante, fluctuando entre 15 y 25. La relación entre frutos y flores por panícula es siempre menor que uno (0.65), debido posiblemente a la competencia existente entre las flores de una misma panícula; las más débiles caen.

## Flor

La flor es rosácea, completa, regular, hipogina y con ovario súpero, se determinó la siguiente fórmula floral:

$$\varnothing, *, K5, C5, A \infty, \overline{G1}$$

Indicando que es una flor hermafrodita, regular, cáliz de cinco sépalos libres, corola de cinco pétalos libres, numerosos estambres, gineceo constituido por un ovario súpero unilocular (Fig. 4).

## Antesis

Un día antes de la apertura floral, los sépalos del botón comienzan a ceder mostrando la parte superior de los pétalos. En algunos materiales, los sépalos se desprenden de su base mostrando los pétalos respectivos. Posteriormente el botón floral se hincha, adquiriendo una forma redonda. Al día siguiente, entre las 5:30 a.m. y las 8:00 a.m. se presenta la respectiva apertura floral. Las observaciones indican que la apertura floral sucede paulatinamente. Los estambres al quedar libres se expanden; las anteras cambian de color rosado a violeta. El estilo se endereza paulatina y lentamente. La flor se torna fragante, vistosa, atrayente y fresca hasta las primeras horas de la tarde. En las horas de la mañana del siguiente día, los pétalos y anteras se marchitan y caen.

## Dehiscencia de las anteras y receptividad del estigma

Una vez ocurre la apertura floral, las anteras en contacto con el ambiente externo se deshidratan, cambian su coloración e inmediatamente ocurre

la ruptura de las tecas (dehiscencia logitudinal apical) facilitando la salida del polen. En este momento, el estilo todavía está curvado hacia abajo y los lóbulos que forman el estigma están cerrados. Lo anterior da origen a una desuniformidad en la maduración de los órganos sexuales (protandria), falicitando a su vez la polinización cruzada natural. Tres horas después de la apertura floral, el estigma se torna erecto, abre los lóbulos y las papilas secretan sustancias mucilaginosas, tornándose receptivo el estigma. Esta receptividad puede prolongarse durante el resto de horas del mismo día de la apertura floral.

## Agentes de polinización

La flor del achiote abierta parece ser muy atractiva para los insectos. El momento de mayor atracción parece ser el comprendido entre la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma. Los principales polinizadores del achiote, en orden de importancia son: Bombus atratus, Euglossa fasciata, Trigona sp. y un insecto de la familia Adrenidae.

## Tiempo entre polinización y cosecha

En promedio, a los 86 días después de la polinización, las cápsulas han adquirido su mayor tamaño y los bordes de los carpelos presentan regiones necrosadas. A los 104 días después de la polinización, comienza la dehiscencia de las cápsulas y las semillas al quedar en contacto con el ambiente puede perder mucho colorante por acción de las lluvias o de los hongos. El período bueno de cosecha puede ser a los 86-90 días después de la polinización.

## Técnica de hibridación artificial

- Selección de un botón floral, próximo a abrir, que va a servir de madre. Generalmente, en estos botones, los sépalos han caído o están próximos a caer.
- En las horas de la tarde (4 p.m.) con la ayuda de una pinza de disección se abren completamente los pétalos, se sujetan con los dedos índice y pulgar y se dejan al

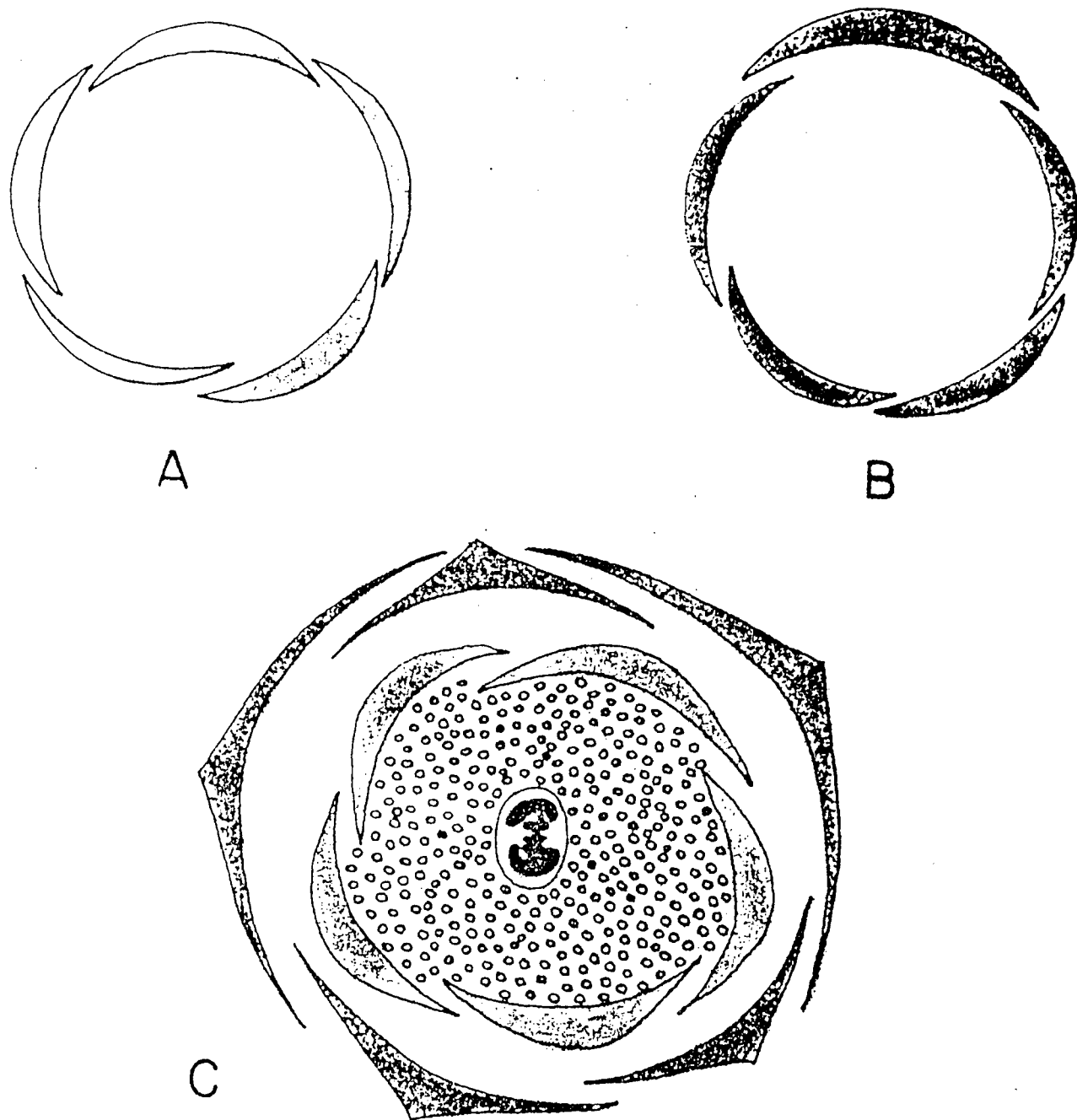


Fig. 4. A - Disposición de los pétalos en el botón floral. Prefloración imbricada.  
B - Disposición de los sépalos en el botón floral. Prefloración quincucial.  
C - Diagrama floral

descubierto los estambres y el pistilo.

- c. Se emasculan los estambres y se vuelven a cerrar los pétalos, tratando de dar su forma original. Para evitar riesgos de contaminación, se protege el botón emasculado con bolsas de papel glacine.
- d. Al día siguiente, en las primeras horas de la mañana, se toma una flor recién abierta de la planta seleccionada como padre. Se coloca un trozo de cartulina negra debajo de esta flor y se remueve el polen mediante golpes suaves con la pinza.
- e. Se frota varias veces el estigma de la flor madre sobre la cartulina que contiene el polen.
- f. Se cierran suavemente los pétalos de la flor polinizada y se cubre con una bolsa de papel glacine.
- g. Se identifica la flor polinizada

## CONCLUSIONES

1. En las introducciones evaluadas se detectó amplia variabilidad fenotípica para los caracteres rendimiento de colorante por árbol (58.81%) y rendimiento de semilla por árbol (64.99%). La variabilidad para el carácter porcentaje de colorante fue menor (22.17%).
2. Los coeficientes de correlación parcial indican que las variaciones en el rendimiento de colorante por árbol se explican en 93.22% por las variaciones en el rendimiento de semilla por árbol y en 80.56% por las variaciones en el porcentaje de colorante. El coeficiente de correlación múltiple indica que la relación conjunta del rendimiento de semilla y el porcentaje de colorante explican en 93.43% las variaciones en el rendimiento del colorante.
3. Las introducciones B-Col 12, B-Col 16 y B-Col 56 presentaron valores altos para rendi-

miento de semilla por árbol y porcentaje de colorante.

4. Las flores del achiote se presentan en panículas monocasias, existiendo mucha variación en el número y maduración de las mismas. Se determinó la siguiente fórmula floral:  $\varnothing$ , \*m K5, C5, A $\infty$ , G1 que indica que es una flor hermafrodita, regular, cáliz compuesto de cinco sépalos, corola compuesta de cinco sépalos libres, numerosos estambres, gineceo constituido por un ovario súpero unilocular.
5. La antesis floral ocurre entre las 5:30 a.m. y las 8:00 a.m. Las anteras en contacto con el ambiente cambian de coloración e inmediatamente ocurre la ruptura de las tecas facilitando la salida del polen. En este momento, el estilo todavía está curvado hacia abajo y los lóbulos que forman el estigma están cerrados. Lo anterior da origen a una desuniformidad de maduración de los órganos sexuales (Protandria), facilitando la alogamia en la especie.
6. Los principales insectos polinizadores fueron Bombus atratus, Euglossa fasciata y Trigona sp.
7. Se determinó una metodología para efectuar hibridación artificial en achiote, con el fin de producir híbridos o variedades dentro del programa de mejoramiento genético de la especie.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. CARDENAS, L.; ROJAS, H. y VALLEJO, F.A. Estudio sobre asociaciones fenotípicas del rendimiento de semilla y sus componentes en achiote, Bixa orellana. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Palmira, 1980. 76 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
2. DUARTE, L. Vegetais do quaternario do Brasil II florula de Umbuzeiro. P.B. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. Vol. 52, no. 1, 98-99. 1980.

3. ESCOBAR, H.; GOMEZ, C. y VALLEJO, F.A.  
Evaluación preliminar de la variabilidad fenotípica del rendimiento de semilla y otros caracteres cuantitativos en varias introducciones del género Bixa sp. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Palmira, 1981. 126 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
4. GOMEZ, C. y VALLEJO, F.A. Estudio de la biología floral del achiote, Bixa orellana L. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Palmira, 1980. 79 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
5. URQUIZA, G. y ESTRADA, L. Algunos aspectos económicos del achiote, Bixa orellana L. como colorante vegetal en Colombia. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Palmira, 1977. 91 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
6. VALLEJO, F.A. El achiote : una planta tropical de grandes perspectivas agrícolas. Boletín Técnico (Colombia). Vol. 1, no. 2, p. 11-23. 1983.
7. \_\_\_\_\_. Influencia de algunos caracteres cuantitativos en el rendimiento del colorante de la semilla de achiote, Bixa orellana L. Palmira : Universidad Nacional de Colombia. 45 p. 1981.