

BIOLOGIA FLORAL Y POLINIZACION ARTIFICIAL DEL GUANABA- NO *Annona muricata* L. EN CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

William Escobar T*
Ruben D. Zarate R.**
Alfonso Bastidas **

COMPENDIO

Aunque la flor es hermafrodita presenta protoginia y existe un período de 36 a 48 horas durante el cual pueden encontrarse maduros ambos órganos sexuales, la disposición apretada del cuerpo de estambres, aún estando dehiscentes, no permite disponibilidad de polen. Los insectos asociados con las flores no tienen influencia en el proceso de polinización. Se presume que los frutos se forman a partir de autopolinización (autogamia) que ocurre al retener los estambres desprendidos algunos pétalos interiores. En razón a que esta forma es esporádica y a que el tiempo desde la polinización de los estigmas hasta su desprendimiento en muchos casos puede no ser suficiente para que ocurra la fecundación, se presenta bajo prendimiento o cuajamiento de las flores. La polinización manual de las flores aumenta la producción. El tamaño y la velocidad del crecimiento de los frutos están en relación directa con el número de pistilos fecundados.

ABSTRACT

A field study was conducted on floral biology and artificial pollination in soursop (*Annona muricata* L.). Although flowers are apparently adapted to cross pollination despite being anatomically hermaphrodite, the bunched arrangement of stamens does not result in available fertil pollen. There is a period from 36 to 48 hours in which both sexual organs are simultaneously, however guanabana flowers function as physiologically protogynous. None insect genera has any influence on pollination. It is assumed that generally fruits are formed by autogamy after stigmas get in contact with stamens retained by lower petals. Because this way of pollination is rather sporadic and sometimes stigmas shed after pollination but before fertilization, only a low number of fruit setting is observed as many flowers fall out due to the low number that get fertilized. Manual pollination resulted in an effective way to increase production. The size and growth rate of these fruits are correlated with the number of pistils get fertilized.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

1. INTRODUCCION

La guanabana es una fruta tropical de gran potencial económico y de grandes propiedades alimenticias. Sin embargo, a pesar de ser un recurso vegetal promisorio, se han establecido muy pocos cultivos comerciales. Lo anterior indica que se hace necesario incrementar los volúmenes de producción para suplir las necesidades del mercado, bien aumentando las áreas sembradas o los rendimientos por árbol. Esto último se puede lograr mediante la polinización artificial o dirigida. Por ello se hace importante estudiar la formación y desarrollo del fruto del guanábano, partiendo del conocimiento de su biología floral y en general del proceso reproductivo, y su posible empleo en el diseño de una metodología de polinización artificial.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo de campo se desarrolló en la finca “El Guabito”, Ginebra, en guanábanos de ocho (8) años y en dos (2) árboles de más de 35 años plantados en terrenos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Inicialmente se realizó una encuesta entre cultivadores en relación con la floración y fructificación y se recopiló la información disponible. Se hicieron observaciones sobre la disposición de las flores en árboles de diferente edad y se estudió el desarrollo y la morfología floral; se determinó el momento de receptividad estigmática y la dehiscencia de las anteras; las flores se describieron macro y micromorfológicamente. Se evaluó la viabilidad del polen de varios estados florales mediante tinciones (aceto-carmin) sembrándolo en varios medios artificiales.

Se hicieron varios estudios para determinar el tipo de polinización que ocurre en esta especie. Se englacinaron 160 botones grandes y cerrados para evaluar la existencia de alogamia o autogamia con base en el cuajamiento del fruto. Se consideró la posibilidad de la intervención de algunos agentes polinizadores tales como la gravedad, el viento y los insectos asociados con las flores.

Como la mayor parte de las flores abortan por polinización deficiente y tardía, se estudió la posibilidad de realizar una polinización manual, evaluando el estado o estados florales óptimos que se deberían emplear como machos donadores o hembras receptoras de polen. También se evaluó la duración de la viabilidad del polen conservándolo al medio ambiente durante 12, 24, 36, 60 y 72 horas.

Aunque la polinización se realizó empleando un pincel de cabello suave, se tuvieron en cuenta algunas variables tales como aplicar el polen directa-

mente por fricción con la yema del dedo y la de polinizar en horas de la mañana (8 - 10 a.m.) o de la tarde (2 - 4 p.m.).

También se aplicó tratamiento por vía húmeda, haciendo aspersiones de agua corriente sobre los estigmas y algunas de estas flores se polinizaron posteriormente. Se realizó un tratamiento denominado polinización artificial incompleta, es decir que se hizo sobre pocos estigmas, para observar la influencia de este factor sobre el tamaño, la forma del fruto, el tiempo de cosecha de los frutos y el número de semillas por fruto.

En ensayo anterior se realizó sobre 120 árboles en la finca "El Guabito," el polen se obtuvo de un árbol de Palmira, en el cual también se realizaron algunos de los tratamientos (Cuadro 1). Se evaluó el prendimiento de 1 a 5 flores, teniendo como pauta el comportamiento de flores testigo. Se registraron los posibles cambios hasta la formación de los frutos y finalmente a partir de los frutos formados se midió el tamaño cada 15 días hasta su caída o cosecha y se contaron sus semillas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Floración y fructificación.

Los árboles de guanábano tienden a florecer y fructificar la mayor parte del año, sin embargo existen épocas definidas para estas funciones. La mayor floración en la zona húmeda del Valle se presenta desde noviembre hasta mayo y más abundante entre diciembre y febrero; para la zona seca ocurre de junio a agosto. En la fructificación se presentan dos temporadas, una entre marzo y junio y otra de septiembre a diciembre, siendo la primera más abundante para la zona húmeda y la segunda para la zona seca. Además entre junio y septiembre, el guanábano renueva su follaje desuniformemente en un período no mayor de 20 días.

La floración se incrementa a medida que se desarrolla el árbol y sus flores se distribuyen en forma abundante, a lo largo del tallo y sobre las axilas de las ramas. En árboles jóvenes (5 - 6 años) las flores se presentan solitarias y en árboles de mayor edad forman una especie de cojín floral constituido por flores o frutos en varios estados de desarrollo. Los árboles difieren en cuanto a floración y fructificación y dentro del árbol existe marcada desuniformidad de flores y frutos.

3.2. Morfología floral.

La flor es completa (hermafrodita), regular o actinomorfa, hipoginia, de periantio heteroclámideo. El caliz está constituido por tres sépalos libres,

Tratamientos realizados en el proceso de polinización artificial del guanábano *Annona muricata*

Descripción de los tratamientos				No. flores evaluadas							
Estado floral donador de polen	Días de Almacenamiento	Momento de recolección	Momento de aplicación	Intervalo de tiempo en horas		Convención		Zona de Ginebra		Zona de Palmira	
Estado III de Apertura floral	1	p.m. 1/ a.m.	a.m. 1/ a.m.	12	E III	11 2/ 12	20	20	-	-	
		p.m.	p.m.	24	E III	12	15	15	5		
	2	p.m.	a.m.	24	E III	13	20	20	-		
	3	p.m.	a.m.	36	E III	24	10	10	5		
				60	E III	35	10	10	-		
Estado IV de Apertura floral	1	p.m. a.m. p.m.	a.m. p.m. a.m. (TH)	12 24 24	E IV	11 12 13	13 18 30	13 18 30	-	6	
		p.m.	p.m. a.m. (TH) a.m. (1/2)6/	12 24 12	E IV	16 17 18	20 20 -	20 20 -	5 6 15		
	2	p.m.	a.m.	36	E IV	24	10	10	5		
	3	p.m.	a.m.	60	E IV	35	10	10	-		
Momento de la caída de las estructuras florales	0	Con la yema de los dedos		E V 01 3/		16	10				
		Con pincel		E V 02		20	10				
TESTIGO		Con tratamiento de humedad		TH 4/ T 5/		20	10				
		Sin tratamiento de humedad		T 5/		100	50				

1/ a.m. = En horas de la mañana; p.m. = en horas de la tarde

2/ E III = Polinización artificial con polen del estado de apertura III.

E IV = Polinización artificial con polen del estado de apertura IV.

Primer numeral = Días de almacenamiento

Segundo numeral = Orden del tratamiento

3/ EV = Polinización artificial con polen de estambres recogidos en el momento de su desprendimiento de la flor (estambres viejos).

4/ TH= Tratamiento por vía húmeda

5/ T = Testigo

6/ 2 = Polinizando pocos estigmas

pequeños, coriáceos y persistentes. La corola está conformada por seis pétalos dispuestos en dos hileras: tres exteriores, más grandes, de forma acorazonada, coriáceos; tres interiores, de forma cóncava, redondeados, anchos en el ápice y reducidos basalmente, son más pequeños que los exteriores y poco rugosos. Estos verticilos ocupan la parte basal de un receptáculo carnoso, proveniente de la prolongación y ensanchamiento del pedúnculo que termina en forma cónica. El pedúnculo es alargado y se encuentra unido al tronco del árbol por medio de una zona corchosa y ensanchada que contiene una nueva yema floral. Ocupando la parte media del receptáculo y más interno se encuentra el androceo, consistente de numerosos estambres (1002 - 1053), cada uno es una ancha lámina petaloidea que contiene cuatro sacos polínicos alargados, separados en dos parejas que resguardan los granos de polen; en la parte superior de cada estambre se encuentra una zona más ensanchada de tejido esponjoso, razón por la cual todos se muestran apretados formando varias vueltas independientes.

Los granos de polen son ovoides, de color amarillo transparente y pegajosos. La exina es rugosa y no recubre totalmente al grano de polen, además, se observan agrupados de a cuatro formando un cuerpo compacto; la intina es uniporada. El gineceo está conformado por muchos carpelares (290 - 380) que ocupan el polo superior del receptáculo, formando un cono redondeado. Consiste de muchos estigmas unidos cada uno a un ovario, este último es súpero y ortotrópico; sólamente los estilos son visibles exteriormente. En la transición entre el androceo y el gineceo se encuentran algunas estructuras estériles que semejan la parte sexual femenina, pues presentan ovario y estilo, pero el que debió ser el estigma, sufre una transformación aparentando el tejido esponjoso y ensanchado de la parte superior de un estambre.

De acuerdo con la fórmula floral la planta sexualmente es hermafrodita (Fig. 1 y 2). Las estructuras que corresponden a la parte sexual femenina están potencialmente capacitadas para formar fruto, además son numerosas e igualmente libres con ovario súpero. La planta es perenne.

3.3. Desarrollo floral.

Inicialmente la yema floral, por su forma redondeada, se distingue de la vegetativa, que es alargada, posteriormente el crecimiento del botón floral es muy lento, acelerándose cuando alcanza un diámetro de 15 mm. El botón a medida que se desarrolla se va tornando de color verde opaco y exteriormente no se diferencian sino los sépalos y los pétalos exteriores, estos últimos se encuentran unidos por sus márgenes y por su forma acorazonada le dan al botón, la apariencia de una cápsula redondeada. El tiempo que tarda desde el inicio de la yema floral hasta el momento previo a la antesis,

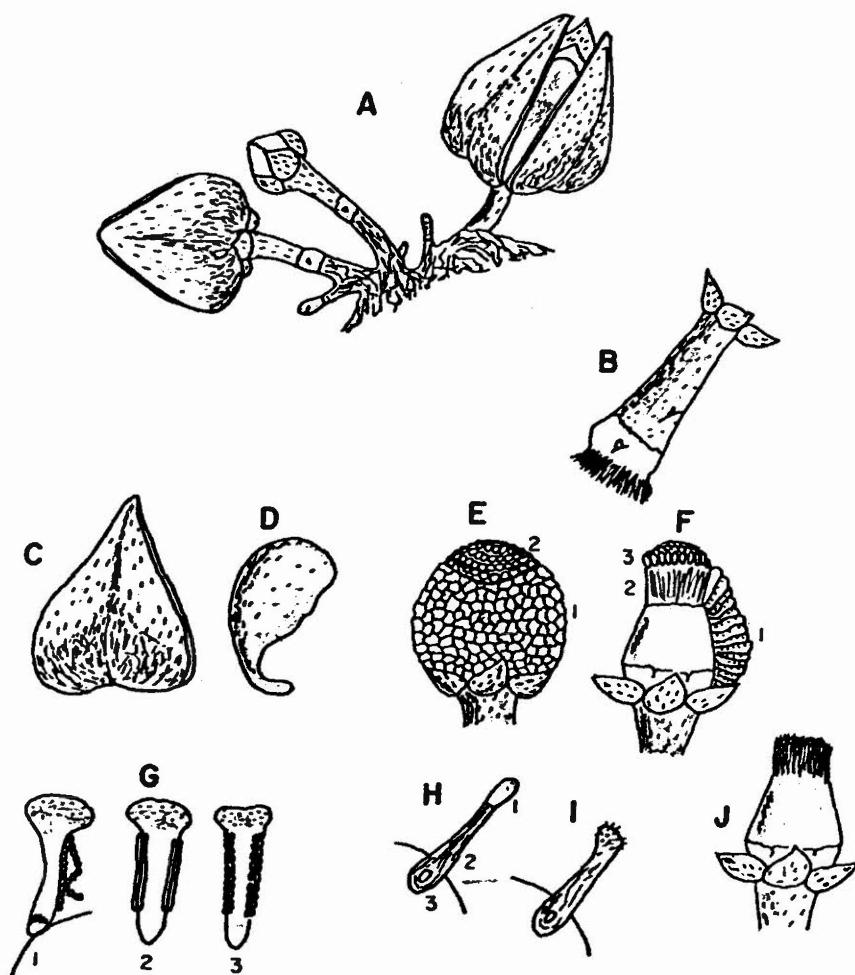
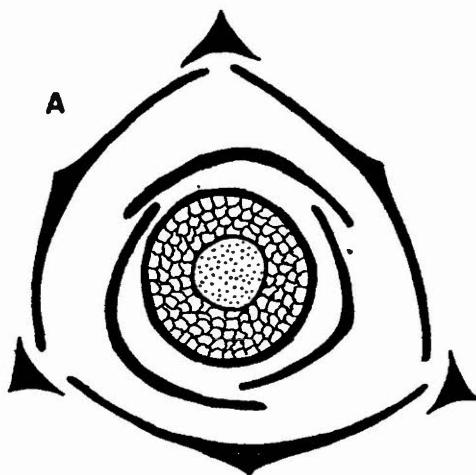


Fig. 1. Flor del "Guanabano" *Annona muricata* L. y sus estructuras. A. Cojín floral. B. Pedúnculo y Cáliz. C. Pétalo exterior. D. Pétalo interior. E. Aspecto externo de los órganos sexuales (1. Androceo, 2. Gineceo). Organos sexuales. Distribución de sus partes (1. Estambres, 2. Estilos, 3. Estigmas). G. Estambres (1. Vista lateral, 2. Vista frontal, no dehiscente, 3. Vista frontal dehiscente). H. Pistilo (1. Estigma, 2. Estilo, 3. Ovario). I. Estructura estéril. J. Flor con las partes no persistentes ya caídas.



B

4, 4, *, K3(2)C6, A∞, (G1)∞

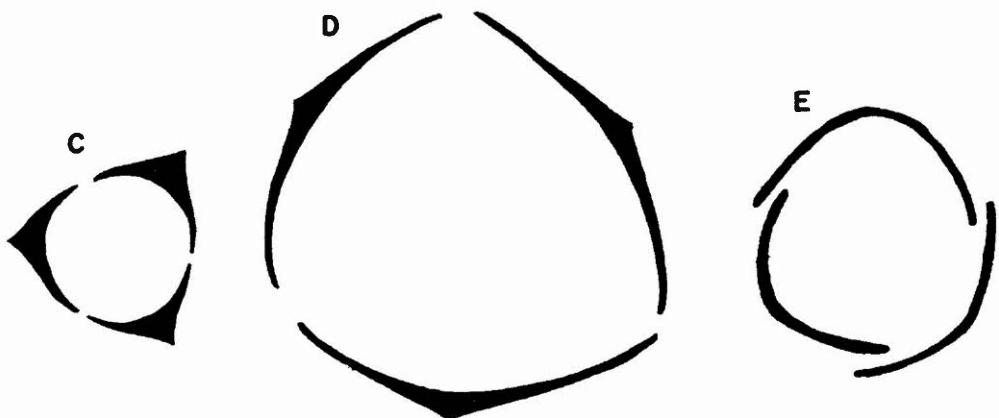


Fig. 2. Diagrama floral y prefloral del "Guanabano" *Annona muricata* L. A. Diagrama floral. B. Fórmula floral. C. Disposición de los sépalos en el botón floral (prefloración valvar). D. Disposición de los pétalos exteriores en el botón floral (prefloración valvar) E. Disposición de los pétalos interiores en el botón floral (prefloración imbricada).

en el cual el botón alcanza un diámetro de 25-33 mm, fluctúa entre 60 y 82 días. Posteriormente la flor continúa aumentando de tamaño hasta alcanzar diámetros de 33-35 mm (Fig. 3).

3.3.1. Antesis o apertura floral.

En el Estado I de apertura floral los pétalos exteriores se comienzan a separar por sus márgenes basales. La receptividad estigmática se distingue por la presencia de un líquido viscoso sobre los estigmas.

En el Estado II se separa el extremo distal o ápice de la flor, lo que generalmente ocurre en horas de la mañana; aumenta la secreción del líquido viscoso y llega a su fin el crecimiento del botón floral.

En el Estado III los pétalos exteriores se proyectan hacia afuera hasta la mitad de su capacidad y se tornan amarillo-verdosos, ocurre mayor secreción del líquido estigmático y la masa apretada de estambres no dehiscientes aún aparentan una coloración amarillo oscura. Se dice que la flor está semiabierta.

En el Estado IV finaliza la apertura floral. Los pétalos exteriores se proyectan hacia afuera hasta su máxima capacidad y se tornan de color azufrado, baja la viscosidad estigmática y ocurre la dehiscencia de las anteras, la masa apretada de estambres es de coloración crema. Se dice que la flor está abierta.

Es importante anotar que aunque los pétalos interiores no abren, son un poco más libres o separados en los Estados III y IV. La duración de la apertura floral varía entre 95 y 132 horas.

3.3.2. Caída de estructuras florales.

Entre 12-24 horas después del final de la antesis se desprenden los pétalos exteriores e interiores, de los estambres y de los estigmas del receptáculo. El orden del desprendimiento es muy variable: los estambres lo pueden hacer con o después de los pétalos, los estigmas, que continúan algo receptivos, lo hacen generalmente durante la caída de esos estambres no obstante pueden desprenderse antes o esporádicamente después. Al final persisten el cáliz, el receptáculo que sostiene y resguarda los ovarios, los estilos y el pedúnculo.

3.3.3. Receptividad floral.

La receptividad floral, que se inicia con el comienzo de la apertura flo-

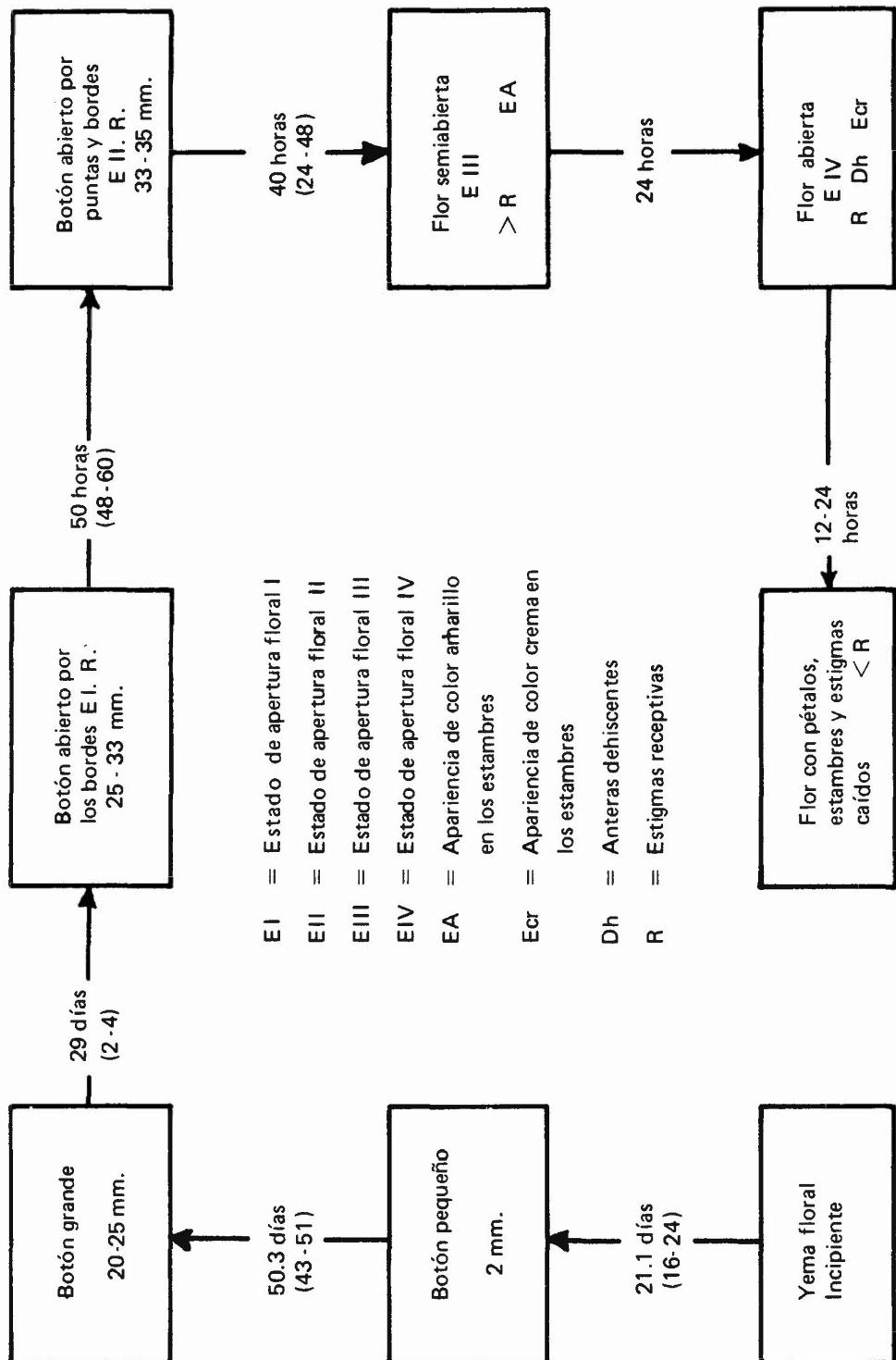


Fig. 3. Esquema de los estados florales del guanábano *Annona muricata* L.

ral y persiste hasta la caída de los estigmas, dura entre 107 y 156 horas, existiendo entre las 72 y 108 horas un pico superior de secreción estigmática que corresponde al estado de flor semiabierta.

3.3.4. Dehiscencia de las anteras.

En el estambre ocurre de la unión de cada pareja de sacos polínicos hacia los lados opuestos y de la parte superior hacia la base de la estructura polinífera. Se presenta entre las 96 y 132 horas de antesis, correspondiente al estado de flor abierta, teniendo en cuenta que el polen no puede aún ser liberado pues la forma apretada que presenta la masa de estambre lo impide, y sólo puede ser disponible 12-24 horas después, durante el desprendimiento de las estructuras caducas.

3.3.5. Prendimiento o cuajamiento floral.

Las flores cayeron después de sufrir necrosis entre los 6 y 24 días posterior al desprendimiento de las estructuras que no persisten en la flor. Además, de 100 flores en los Estados III y IV marcadas en Ginebra y 50 en Palmira, el prendimiento a los 30 días fue del 3 y 2 o/o respectivamente.

3.4. Viabilidad del polen.

Solamente se presentó tinción positiva en los granos de polen proveniente de flores en estados III y IV, al igual que en aquellos asociados con el momento del desprendimiento de las estructuras florales. No se logró la germinación de los granos de polen en ninguno de los medios artificiales empleados. Como la tinción posiblemente indica la madurez de los granos de polen, su viabilidad se evaluó mediante polinizaciones dirigidas.

3.5. Agentes polinizadores.

La entrada de los insectos en los estados I y II de apertura floral es morfológicamente imposible. En los estados III y IV logran abrirse paso, por entre la separación de los pétalos interiores, tanto hormigas del género *Tapinoma* sp (Hymenoptera-Formicidae) como escarabajos de la especie *Ciclocephala signata* (Coleoptera-Escarabaeidae).

No todas las flores son visitadas por estos insectos y lo hacen durante el día o la noche. Su labor polinizadora se descartó mediante la observación del cuerpo de los mismos, de los estigmas de las flores y de los materiales excretados por éstos. Además, el prendimiento fue nulo al marcar dichas flores.

Coleópteros del género **Diabrotica** spp. (Chrysomelidae), **Carpophilus** spp. (Nitidulidae) y un Staphylinidae no determinado se observaron concentrados entre los estambres retenidos por algunos pétalos interiores, durante el momento del desprendimiento de las estructuras florales. Puede llegar a pensarse en la labor polinizadora mecánica de estos insectos, para el caso en que la flor continúe con sus estigmas adheridos a los estilos.

Con la fórmula floral indicada, con insectos o sin ellos, los factores ambientales favorables deben actuar sobre el tiempo y el orden de caída de las estructuras florales. Hay que anotar que esta forma es esporádica y que el guanábano normalmente se autopoliniza y por lo tanto la planta es autógama. Además, puede ocurrir la polinización pero antes que los granos de polen germinen y fecunden el ovario, los estigmas caen produciéndose bloqueo en el proceso sexual del guanábano.

3.6. Polinización artificial.

Se seleccionaron donadores de polen los estados III y IV de apertura floral. También se emplearon granos de polen pertenecientes al momento del desprendimiento de las estructuras florales.

Las flores se dejan a la sombra, se separan los estambres y se recolectan en recipientes que se cierran con tapón de algodón humedecido. El polen se aplicó con un pincel de cabello suave.

Para ambas localidades, al aplicar polen proveniente de estambres recogidos durante su desprendimiento de la flor, se logran porcentajes de pren-dimiento superiores al que se presenta en forma natural. Polinizar con el pincel resulta más eficiente que con la yema de los dedos. Con polen de los estados III y IV de apertura floral, almacenado durante 12 horas y polinizando en horas de la mañana, se lograron pren-dimientos de 100 o/o, lo que resulta significativo comparado con los cuajamientos bajos de las flores testigos.

Se puede utilizar mezcla de polen de los estados III (flor semi-abierta) y IV (flor abierta). El polen proveniente de flores en estado IV, se puede emplear en forma inmediata en polinización dirigida; sus estambres son deshincientes y fáciles de separar.

El pren-dimiento irregular para la localidad de Ginebra pudo deberse a la presencia de antracnosis (**Colletotrichum gloesporioides**). Por otra parte, la aplicación de humedad sobre los estigmas no mejoró el pren-dimiento y es posible que sólo lo aumente cuando el polen se aplica en horas de la tarde. Finalmente, al polinizar pocos estigmas en flores receptivas no se

afecta desfavorablemente el prendimiento floral.

3.7. Desarrollo del fruto.

Después de fecundados los ovarios, el cambio morfológico se manifiesta cuando ocurre diferenciación de los ovarios fecundados a fruto, cuartándose o separándose los estilos y semejando un “erizo”. A este estado se le denominó como momento de “erizamiento” o “frutillo” que luego crece hasta madurar.

En cuanto al tiempo de polinización a erizamiento del fruto, no se observaron diferencias entre tratamientos y la variación en tiempo dentro de cada tratamiento, no fue constante. En promedio el tiempo fue de 169 días (90 - 225) en Palmira y de 114 días (70 - 190) en Ginebra. El mayor porcentaje de erizamiento ocurrió entre los 165 - 225 días en Palmira y entre los 45 - 105 días en Ginebra. La variación en el tiempo a erizamiento al hacer autopolinización y polinización cruzada, al igual que en la distribución del momento de erizamiento, pudo estar influida por el tipo de polinización empleado, pero posiblemente son factores más importantes la diferencia varietal, su edad y factores de tipo ambiental.

Teniendo en cuenta que en Palmira de 37 frutos erizados sólo se cosecharon 25 y que en Ginebra de 48 erizados no se cosechó ninguno, se midió el crecimiento de los frutos con base en volumen. El tamaño y la forma del fruto están en función de la cantidad de pistilos fecundados.

Pasados 100 días post-erizamiento, el volumen adquirido por los frutos fue mayor (2600- 7600 cm³) y es mejor la forma cuando provienen de una fecundación completa o sobre muchos pistilos, los frutos testigos (polinización natural) alcanzaron de 2800 - 7600 cm³, que cuando la fecundación fue parcial o sobre pistilos (800 - 2200 cm³ y frutos irregulares). Por otra parte, el volumen adquirido por los frutos es muy variable aún dentro del mismo árbol y proveniendo de flores polinizadas el mismo día; posiblemente por regulación del propio árbol, localización del fruto en el árbol, diámetro del tronco que lo contiene, etc.

Los frutos provenientes de fecundación completa al ser evaluados a los 100 días post-erizamiento se encontraron en pleno crecimiento, lo que indica que fueron cosechados prematuramente. En los frutos provenientes de fecundación parcial, entre los 75 y 100 días post-erizamiento disminuye la velocidad de crecimiento y este se estabiliza, lo que indica que se cosecharon a buen tiempo (Fig. 4).

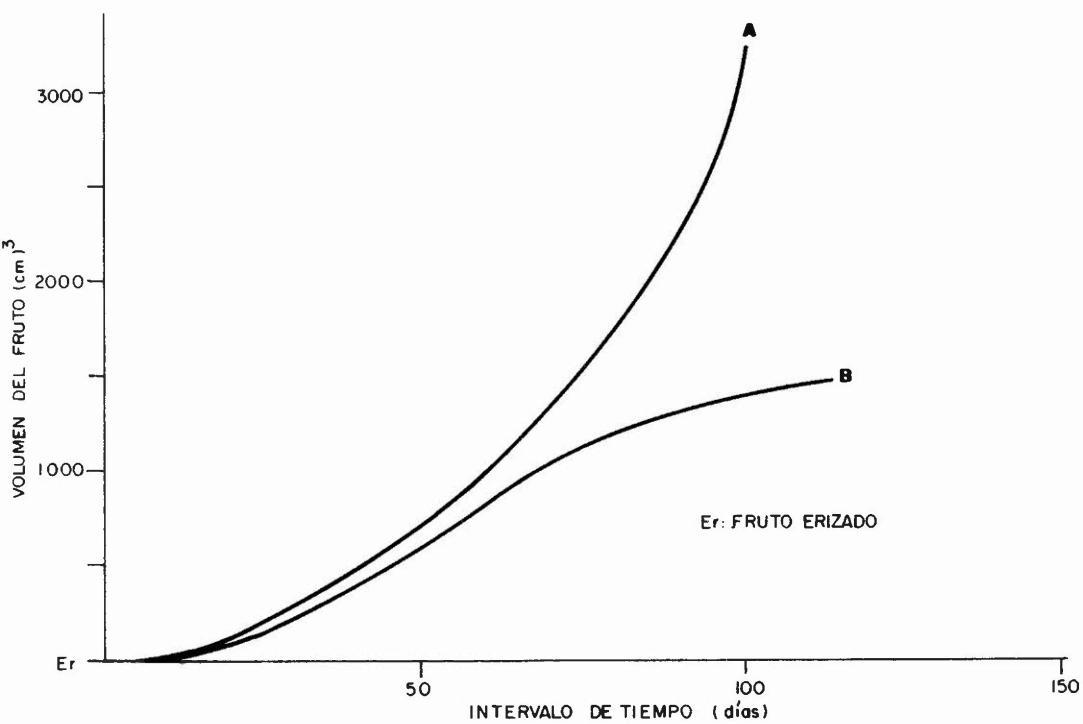


FIG. 4. — Representación del desarrollo del fruto del guanabano *Annona muricata* L.
A: Cuando son fecundados muchos pistilos,
B: Cuando son fecundados pocos pistilos.

El número de semillas en los frutos provenientes de fecundación completa fue de 106 (80 - 182), en los de fecundación incompleta fue de 44 (14-64) y en testigo de 164 (72-230).

El tiempo de polinización a cosecha depende del número de pistilos fecundados, siendo de más de 270 días para los frutos fecundados en forma completa y de hasta 270 días para aquellos provenientes de fecundación parcial. En el tiempo también influyen la edad del árbol, la localización del fruto en el árbol, su carácter varietal y factores de tipo ambiental.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. El guanábano normalmente se autopoliniza (autogamia), la frecuencia es esporádica y ocurre durante el desprendimiento de las estructuras florales caducas, en tal forma que algunos pétalos, especialmente los internos retenidos, sostienen algunos estambres dehiscentes que se juntan con los estigmas retenidos y receptivos.
- 4.2. El bajo porcentaje de polinización y lo tardío del proceso induce en gran caída de flores o su secamiento, situación ésta que se superó con la técnica de polinización manual.
- 4.3. El tamaño y la forma del fruto, al igual que el tiempo de polinización a la cosecha, están influidos por el número de pistilos que llegan a ser fecundados.

5. BIBLIOGRAFIA

1. ARAQUE, RICARDO. La guanábana. Caracas, Consejo de Bienestar Rural, 1967. 16 p. (Serie de Cultivos n° 13).
2. CAÑIZALES Z., J. La polinización artificial de las flores en algunas especies de plantas Anonaceas. Centro Nacional de Experimentación y Extensión Agrícola (Cuba). n. 95. 17 p. 1969. (Circular).
3. CONTE, L. ANGELA M., FALCAO, MARTHA y LLERAS, EDUARDO. Aspectos fenológicos, ecológicos e de productividade da graviola *Annona muricata* L. na regiao de Manaus. *Acta Amazonica* (Brasil). v. 12. n. 1. pp. 27 - 32. 1982.
4. FIGUEROA R., M. Cultivo de la guanábana. In: *Curso Internacional sobre Fruticultura Tropical*, 1er, Maracay, Venezuela, 1978. Memorias. 32 p.
5. GUZMAN A., F. Eficiencia de la polinización artificial en las flores del guanábano *Annona muricata* L. Ibagué, Universidad del Tolima, 1981. 36 p.