

INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA EN LA RECEPTIVIDAD DEL ESTIGMA DE GUANABANA (*Annona muricata* L.) EN EL GUAMO (TOLIMA)

Palabras clave:

Humedad, temperatura, estigma, *Annona muricata*

Luz Fabiola Cárdenas Torres¹

INTRODUCCION

Una de las razones de los bajos rendimientos para el guanábano, está relacionada con el establecimiento de este cultivo en diferentes zonas climáticas, esto ha ocasionado problemas en los huertos, especialmente en los que se encuentran en algunas zonas cálidas y secas, como el Guamo, donde la polinización natural es limitada o casi nula. La polinización y fecundación eficaz de la flor se ve afectada por los ambientes secos, debido al rápido desecamiento del líquido estigmático, situación que imposibilita la germinación de los granos de polen sobre el estigma, el crecimiento del tubo polínico y posterior fecundación.

Las bajas tasas de polinización natural en la zona del Guamo y de forma paralela la menor producción, genera la expectativa de realizar investigación, específicamente en polinización. Se conoce hasta el momento, para las anonáceas en polinización natural, el problema del carácter protogíneo de la flor, en el que el estigma es receptivo antes que el polen esté disponible y maduro. En la práctica se ha observado el desfase entre la receptividad del estigma y la disponibilidad de los granos de polen, que se acentúa cuando las temperaturas son elevadas y el ambiente seco.

Dentro de las estrategias para aumentar los volúmenes de producción de este frutal, en muchas zonas del país, se encuentra la polinización de tipo artificial, técnica requerida en algunos cultivos tecnificados. Este trabajo busca cono-

cer la influencia de la temperatura y la humedad relativa en la receptividad del estigma, realizando polinización artificial.

REVISION DE LITERATURA

El guanábano (*Annona muricata* L.), y en general las anonáceas, son plantas primitivas originarias casi en su totalidad de la zona tropical (León, 1987). El cultivo de esta especie se desarrolló inicialmente en forma rústica, actualmente gran proporción de las explotaciones son tecnificadas y presentan gran variabilidad genética. Para su óptimo desarrollo se requieren zonas localizadas por debajo de los 1150 m.s.n.m., con rangos de temperatura entre 25 y 28°C, y humedad relativa entre el 60 y el 80 %.

La temperatura y la humedad relativa influyen en el desarrollo de las plantas. La temperatura afecta la planta cuando sobrepasa los límites de aceptación de la misma, la cual no ejerce sus funciones normalmente y puede llegar a morir. La temperatura ambiental es la que prevalece en el momento de la observación. La humedad relativa representa el porcentaje de agua, que en un momento dado y a una determinada temperatura contiene el aire (Torres, 1995). La humedad juega un papel importante en el proceso de polinización, ya que promueve la germinación del grano de polen y el crecimiento de tubo polínico (Faegri, 1979).

La flor del guanábano puede ser autopolinizada, aunque este hecho se da en baja proporción, con

¹ Ingeniera Agrónoma. M. Sc. Fisiología de Cultivos. Docente Universidad Distrital. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Proyecto Curricular Ingeniería Forestal.

valores para el Valle del Cauca de 2,0 y 3,0 % y para Armero de 4,8 y 1,7% (**Guzmán, 1991**).

El guanábano (*Annona muricata L.*) presenta flores hermafroditas, regulares o actinomorfas. El cáliz tiene tres sépalos libres y la corola consta de seis pétalos libres en dos verticilos, los cuales se unen en la parte basal a un receptáculo carnoso, procedente de la prolongación del ensanchamiento del pedúnculo. En la parte media del receptáculo se localiza el androceo, conformado por numerosos estambres; los granos de polen están agrupados en tétradas, son pegajosos de forma ovoide y de color amarillo transparente. En la parte superior se encuentra el gineceo, compuesto por muchas hojas carpelares formado por un cono redondeado; los estigmas son esponjosos y de color blanquecino, y producen una sustancia mucilaginoso cuando son receptivos. Las flores se localizan sobre la corteza, ramas principales y secundarias (**Figura 1**) (**Escobar y Sánchez, 1987**).

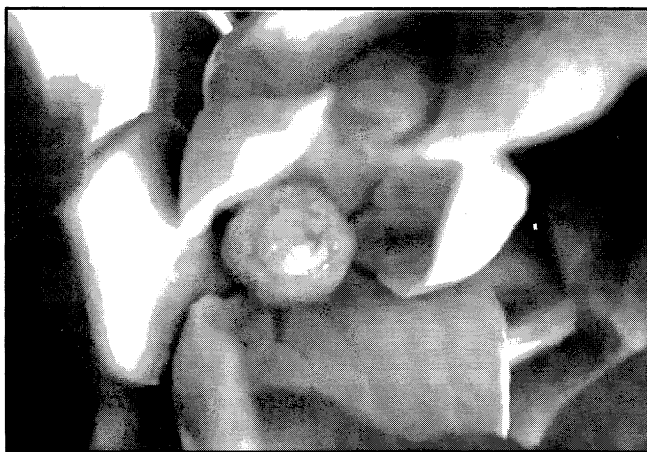


Figura 1. Flor de guanábano. Se pueden distinguir en la parte superior el gineceo y en la inferior el androceo.

La disposición cerrada de la flor conlleva a que en su interior se registren temperaturas más altas que las del ambiente, como es el caso de *Annona sericea* Dun. en la que la temperatura se eleva gradualmente hasta 6 °C con relación a la temperatura externa (**Webber, 1981**).

La receptividad de la flor depende del estado en que se encuentre, este se define por el tamaño

de la misma, el grado de apertura de los pétalos y la caída de sépalos, pétalos y estambres; la descripción de los estados de apertura floral en el guanábano se observa en la **Tabla 1**.

En estudios efectuados sobre guanábano, se ha llegado a que la flor es receptiva desde el estado de apertura floral II y se presenta mayor receptividad estigmática en el estado de apertura floral IV en las horas de la mañana. El factor ambiental de mayor influencia sobre la cantidad de flores fecundadas, en estado de apertura floral IV, es la humedad relativa, y en el estado III es la temperatura (**Guzmán, 1991; Guzmán y Ariza, 1995**).

Luego de la fertilización se inicia la formación del fruto. Para el guanábano se reporta un total de 30 semanas, bajo condiciones del Valle del Cauca, desde polinización de la flor hasta fruto maduro (**Tabla 2**) (**Ariza y Továr, 1993**).

MATERIALES

El trabajo de investigación se realizó en la hacienda la Esperanza a una altura de 450 m.s.n.m. Las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de marzo y abril y el mes de agosto; con 2844,0 mm en el año. Los datos analizados son de la estación meteorológica El Recreo localizada en Ortega (Tolima) (ubicada a una latitud de 4 ° 3 'N y longitud 75 ° 19 ' W, a 1520 m.s.n.m.) (**Federación Nacional de Cafeteros, 1996**).

El estudio se llevó a cabo en árboles de 7 años de edad, sembrados a 6 metros en triángulo, en un estado fitosanitario relativamente bueno. Los árboles estaban sometidos al manejo agronómico del huerto, en general caracterizado por: riego por goteo, fertirriego, manejo de fertilización (con base en análisis foliares, de suelos y respuesta del cultivo), control de plagas (químico, biológico, mecánico, físico), control de enfermedades (químico, mecánico), control de malezas (químico, mecánico), y polinización de tipo artificial.

El lote en donde se realizaron las polinizaciones tiene un área de 5,31 hectáreas; es ligeramente ondulado, con suelos franco arenosos. La distribución de los ensayos fue homogénea por todo el lote, y se realizó a medida que se encontraban árboles con las flores requeridas. Se utilizaron flores en estado III, IV, V y VI libres de plagas y enfermedades (**Tabla 1**).

La polinización se realizó con pinceles de fibra sintética. Se emplearon bolsas de nylon brisa para cubrir las flores polinizadas (en estado de apertura floral III y IV). Los datos climáticos se tomaron con la ayuda de un higrómetro y un termómetro de mercurio colocados en una caseta aproximadamente a 1,6 metros de altura, dicha caseta se ubicó en medio del lote rodeada por árboles.

TABLA 1. Estados de apertura floral del guanábano (*Annona muricata*)

Periodo de expansión de la flor	Cambios más notorios en la expansión floral	Horas más frecuentes Iniciación	Horas más frecuentes Finalización	Duración más común del periodo en horas	Tiempo acumulado en horas
II	Desde el final del estado anterior hasta la separación total de la unión de los pétalos externos, excepto el ápice. Las anteras permanecen de color blanco y los estigmas aumentan la secreción	7am 3er día	6am 4to día	24	96
III	Empieza donde termina el estado anterior y va hasta la separación de los pétalos exteriores en el ápice (se proyectan hasta la mitad de su capacidad) se nota el cambio de color de las anteras de blanco a crema y en los estigmas una mayor secreción que en el estado anterior.	7am 4to día	5 a 7am 5to día	24	120
IV	Ocurre la máxima separación de los pétalos exteriores, lo que sucede acompañado de un aumento de líquido viscoso en el estigma, las anteras se tornan ligeramente oscuras.	5 a 7am 5to día	4am 6to día	24	144
V	Se inicia generalmente con el desprendimiento del primer pétalo exterior; hasta quedar los estigmas descubiertos. Las anteras se tornan oscuras, los estigmas demuestran alta secreción inicial para luego iniciarse un secamiento rápido	4 a 6am 6to día	7am 6to día	3	147
VI	Comprende el periodo de derrame del polen que procede después de la caída de los pétalos exteriores e interiores que aún persisten. El derrame ocasionalmente se produce sin ocurrir la caída de los pétalos	7am 6to día	9am 6to día	2	149

Fuente: Guzmán (1991)

TABLA 2. Estados de desarrollo del fruto del guanábano

CODIGO	DESCRIPCION	DURACION (SEMANAS)
C-0	Comienzo de la caída de los estambres. Frutillo muy pequeño entre 0.5 y 1.2 cm de diámetro. Longitud entre 0.5 y 3 cm.	9
C-1	Fase de crecimiento rápido del fruto: crecimiento predominante del diámetro del fruto.	10-11
C-1.1	Diámetro del fruto entre 1.21 y 3.5 cm (estado de erizo). Longitud del fruto entre 3.51 y 7.5 cm.	11
C-1.2	Diámetro del fruto: entre 3.51 y 10 cm. Longitud del fruto: entre 7.51 y 17.5 cm.	12-14
C-1.3	Diámetro del fruto: entre 10.1 y 20 cm. Longitud del fruto entre 17.6 y 25 cm.	15-19
C-2	Fase final del crecimiento del fruto: crecimiento predominante en longitud.	20-28
C-2.1	Diámetro del fruto: entre 20.1 y 25 cm. Longitud del fruto: entre 25.1 y 30 cm.	20-24
C-2.2	Diámetro del fruto: entre 25.1 y 30 cm. Longitud del fruto: entre 30.1 y 45 cm.	25-28
C-3	Fase estacionaria de crecimiento: maduración del fruto.	29-30
Total semanas		30
Total meses		7.5

Fuente Ariza y Tovar (1993)

METODOLOGIA

Se realizó polinización artificial en diferentes horas del día (con el fin de obtener la variación en la formación de frutos según la humedad relativa y la temperatura), repetida en un rango de 30 días. Para éste fin se polinizaron flores en estado de apertura floral III y IV, como se muestra **Figura 2**.

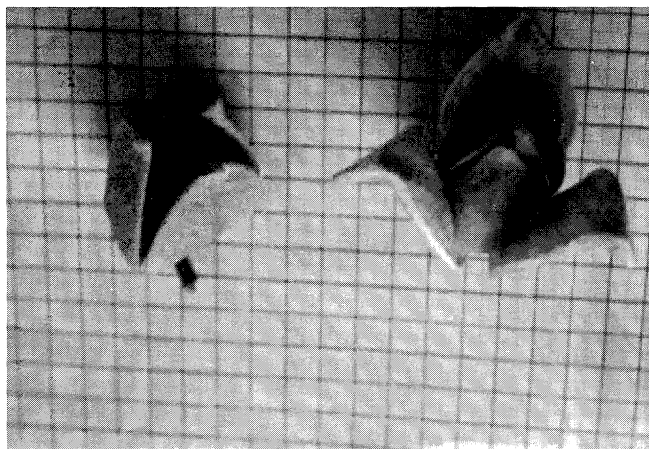


Figura 2. Flores de guanábano en estado de apertura floral III a la izquierda y IV a la derecha.

Se polinizaron 30 flores por hora cada día, asumiendo los dos estados de apertura floral (III y IV). Se realizaron 30 repeticiones en el tiempo, para un total de 6300 flores polinizadas en el ensayo, 3125 flores de cada estado de apertura floral. Se optó por un número elevado de repeticiones asumiendo que es más efectivo para evaluar factores ambientales. Se tomaron datos de temperatura y humedad relativa en cada hora de polinización, con el objeto de definir cual de estos factores es el que afecta la receptividad del estigma.

La polinización se realizó a medida que se encontraban las flores; cada flor era polinizada, embolsada y marcada con un código para diferenciarlas; el polen era reabastecido por lo menos cada hora para evitar el desecamiento del mismo. Se utilizó la mezcla de polen de cinco flores diferentes en estado de apertura floral V y VI (para cada hora).

Se escogieron flores ubicadas en ramas primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Se rechazaron flores sobre el tronco o cojines proli-feros, ya que estas presentan mayor peligro de desprenderse. De otro lado, se buscó polinizar ramas con una fuente adecuada para el crec-imiento del fruto, más de 1247 centímetros cua-drados de área foliar aproximadamente (Soria-no, 1995).

Se tabularon los datos, expresados en porcenta-je, como número de flores polinizadas que for-

man fruto (estado de desarrollo del fruto C 1.1). En la evaluación entran algunos frutos produc-to de polinizaciones deficientes (deformes o muñecos). Las flores cuyos ovarios no son fe-cundados pierden sus estructuras (pétalos, sépa-los, estambres) y se secan.

Se realizó un análisis de regresión para cada fac-tor, humedad relativa y temperatura, y su inte-racción, con el fin de obtener su tendencia y el efecto sobre la receptividad del estigma, en cada estado de apertura floral.

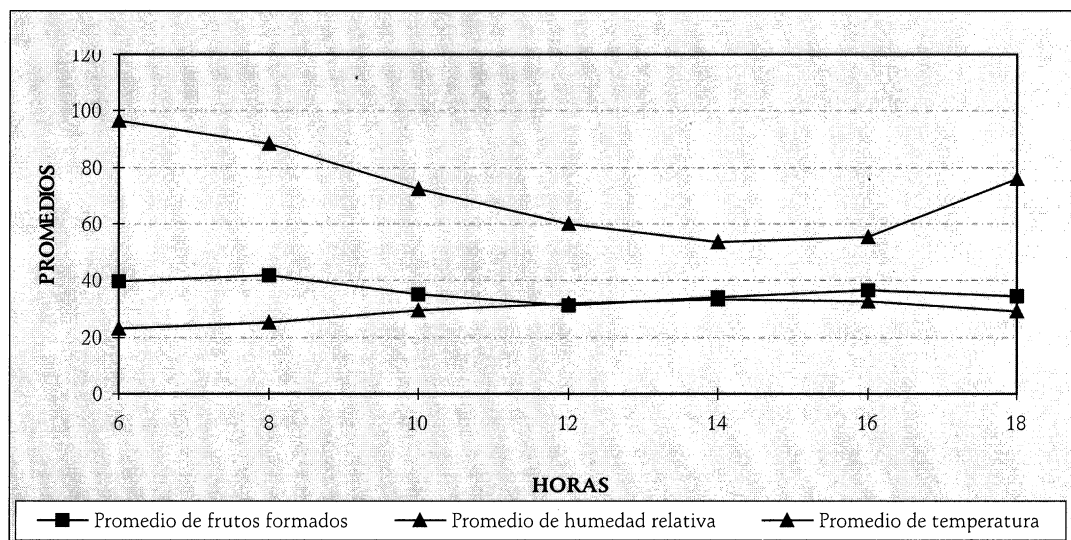


Figura 3. Promedio de frutos formados durante el día para flores polinizadas en estado de apertura floral III.

RESULTADOS

Para flores en estado de apertura floral III, la mayor eficacia en la formación de frutos se obtuvo entre los 24 y 25°C, y la menor a los 38°C (Figura 3); sin embargo a los 22°C se presentó baja eficacia; esto puede explicarse por el estado de inmadurez de la flor. La humedad relativa tiene una relación directamente proporcional a la formación de frutos, aunque en el intervalo de 80 y 89 % se presenta un descenso posiblemente por la interacción con la temperatura.

Se realizó una regresión de la interacción de hu-medad relativa y temperatura, para el estado de apertura floral III, modelo que obtuvo diferen-cias significativas, la ecuación obtenida fue la siguiente:

$$Y = 11,39 + 0,0122 HR T$$

Donde HR es la humedad relativa y T la tempe-ratura

Esta ecuación nos muestra que con el aumento de la humedad relativa y la disminución de la

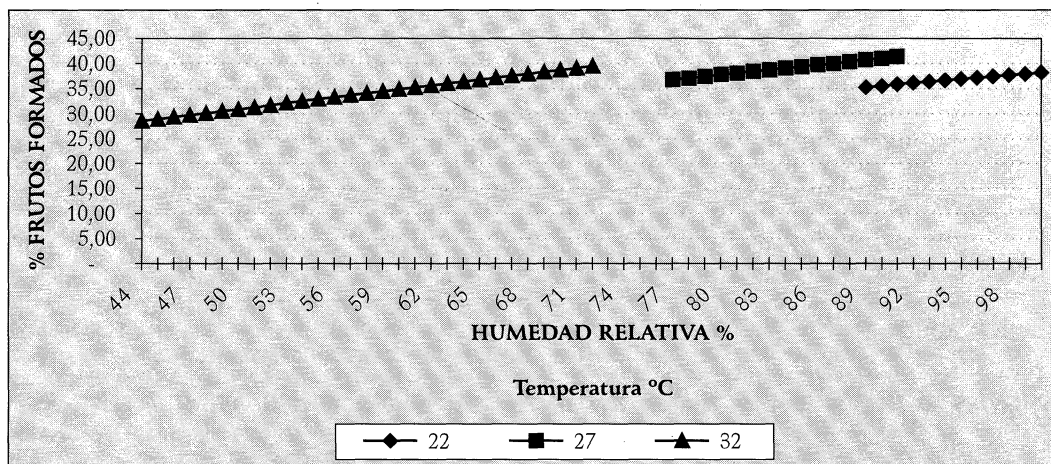


Figura 4. Ecuación para la interacción de la humedad relativa y la temperatura para el estado de apertura floral III

temperatura, hay mayor porcentaje de frutos formados; se observa que a 27°C se presenta mejor respuesta en la formación de frutos, con valores de humedad relativa entre 77 y 91% (Figura 4).

La **Tabla 3**, muestra los porcentajes de frutos formados de flores polinizadas en los estados III y IV, en relación con los promedios de temperatura y humedad relativa presentados a diferentes horas del día.

TABLA 3. Porcentaje de frutos formados en estado C 1.1 de flores en estado de apertura floral III y IV.

Promedio de humedad relativa %	Promedio de temperatura °C	Hora del día	Porcentaje de frutos formados de flores en estado III	Porcentaje de frutos formados de flores en estado IV
96,63	22,93	6 am	39,89	64,95
88,47	25,33	8 am	41,76	69,47
72,50	29,43	10 am	35,21	58,74
59,83	32,07	12 m	31,42	50,43
53,76	33,53	2 pm	34,14	50,23
55,30	32,83	4 pm	36,43	41,52
76,03	29,17	6 pm	34,35	23,37

El estado III presenta una menor eficacia en la formación de frutos. Según la hora de polinización, se presenta un pico alto a las 8 AM, intermedio a las 4 PM y bajo a las 12 M; esto ligado a la temperatura y humedad relativa promedio.

El estado de apertura floral IV, presenta mayor eficacia en la producción de frutos, en flores polinizadas a una temperatura de 25°C y menor a partir de 37°C. Para el caso de la humedad relativa, a medida que aumenta hay mayor eficacia en la producción de frutos formados; se presenta mayor producción entre el 90 y el 99%.

En el estado IV, se realizaron regresiones a los factores analizados, se presentaron diferencias altamente significativas en los modelos de la humedad relativa y de la temperatura, y significativas en el modelo de la interacción (Figuras 5, 6 y 7). Sus ecuaciones son:

$$Y=24,48+0,3727 HR$$

$$Y=101,61+1,7173 T$$

$$Y=20,85+0,0152 HR T$$

Donde HR es la humedad relativa y T es la temperatura.

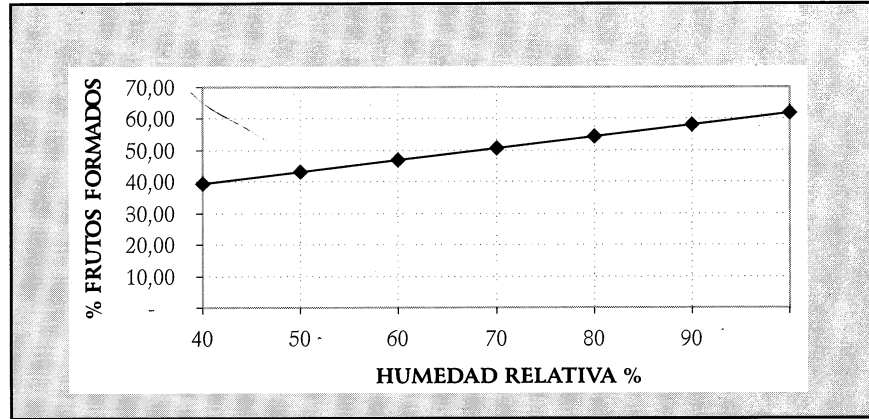


Figura 5. Ecuación para la humedad relativa en el estado de apertura floral IV

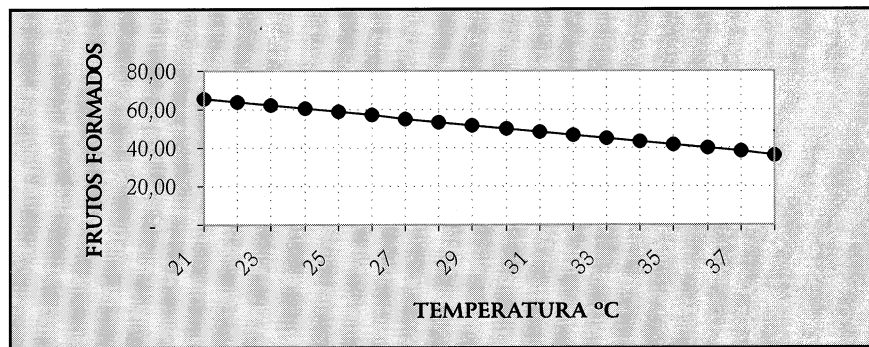


Figura 6. Ecuación para la temperatura en el estado de apertura floral IV

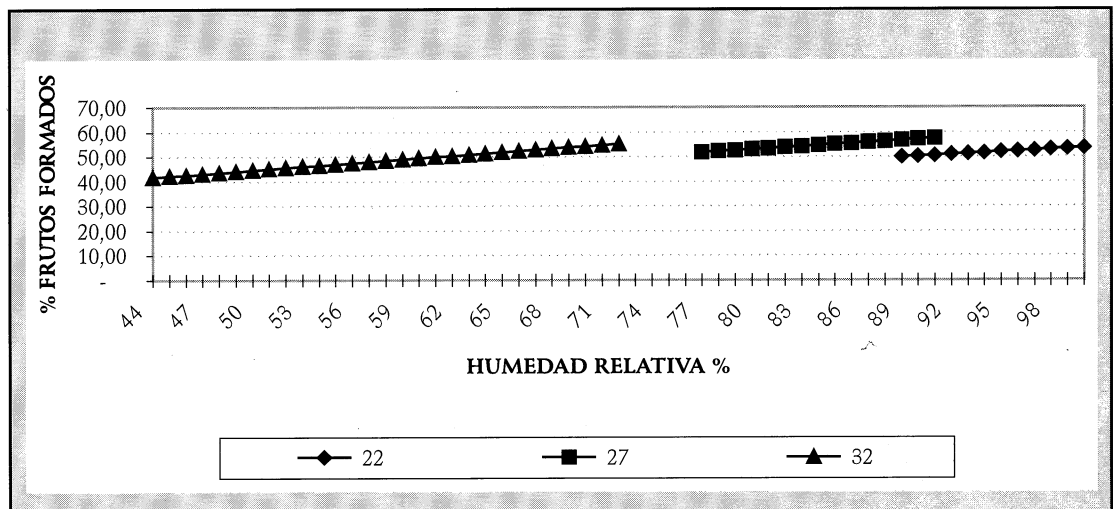


Figura 7. Ecuación para la interacción de la humedad relativa y la temperatura en estado de apertura floral IV

El modelo de humedad relativa muestra un aumento de la cantidad de frutos formados con el aumento de la misma; por lo contrario para la temperatura, a medida que aumenta disminuye la cantidad de frutos formados. En la interacción de humedad relativa y temperatura, se observa que con bajos valores de humedad relativa y altos de temperatura se presentan bajos porcentajes de frutos formados. Aunque a los 22°C hay altos valores de humedad relativa y esta influye positivamente en la fecundación de la flor, la gráfica muestra que la temperatura que presenta mejor respuesta es 27°C con humedades inferiores a las de 22°C.

Teniendo en cuenta la variación de la temperatura y la humedad relativa a través del día, el estado IV coincide con el III en tener su pico más alto de eficacia a las 8 AM. El más bajo se presenta a las 6 PM, siguiendo un patrón de dis-

minución progresiva durante el día (Figura 8, Tabla 3). En el estado de apertura floral IV, a temperatura promedio de 25,33°C y humedad relativa de 88,48%, a las 8 AM, se presenta mayor porcentaje de observaciones con un 100 % de frutos formados. A las 6 PM, se presenta mayor cantidad de observaciones con 0 % de frutos formados, bajo condiciones de temperatura promedio de 29,16°C y humedad relativa de 76,03%.

Hay que considerar que en las horas de la mañana, hay menor variación en la temperatura y la humedad relativa, de forma paralela la formación de frutos es estable.

A partir de las 10 AM, con el aumento de la temperatura e intervalos más amplios de humedad relativa por grado centígrado, se presenta heterogeneidad en la cantidad de frutos formados (desde 0 hasta 100 %). Los valores de 0 % de frutos formados se presentan a partir de las 10 AM.

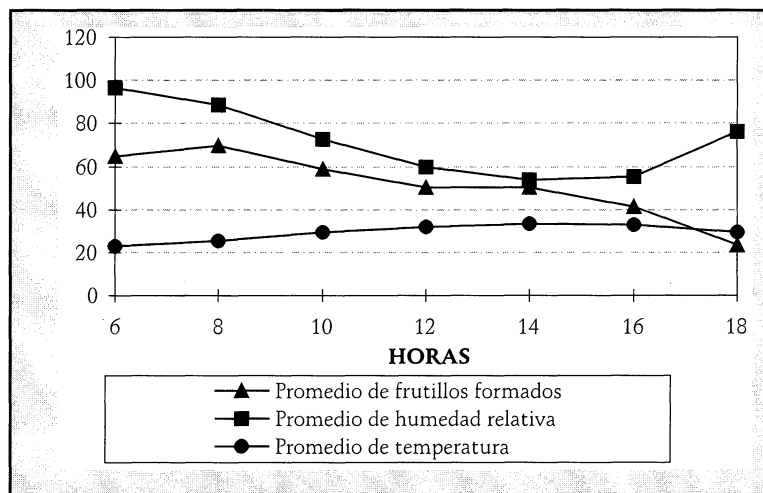


Figura 8. Promedio de frutos formados durante el día para flores polinizadas en estado de apertura floral IV

DISCUSION DE RESULTADOS

La menor eficacia en la formación de frutos provenientes de flores en estado III, puede deberse al estado de madurez de la flor, teniendo en cuenta que presenta líquido estigmático en menor cantidad que el estado IV.

Los porcentajes de formación de frutos muestran que la flor en estado III es más receptiva en las horas de la mañana, ya que en este momento se evidencia la presencia del líquido estigmático, influenciado por la humedad relativa, la temperatura y la disponibilidad de agua (Tabla 4). En las horas de la tarde los estigmas están

secos; sin embargo, los valores de formación de frutos se pueden explicar asumiendo que el polen depositado sobre ellos permanece viable hasta el día siguiente, en el estado de apertura floral IV.

Los resultados para ambos estados muestran una relación directa, de la eficacia de formación de frutos y la humedad relativa e inversa con la temperatura. Esta condición es muy importante para explicar las mínimas producciones en zonas bajas y secas, así como los resultados heterogéneos y de baja eficacia de la polinización artificial en huertos comerciales en zonas con dichas características. Las flores en estado IV, presentan mayor eficacia en polinización artificial, siendo las horas de la mañana las de mayor opción, aunque los valores determinantes de la eficacia son la temperatura y la humedad relativa.

A las 6 PM, para el estado IV, aunque los valores de humedad relativa aumentan y los de temperatura disminuyen, se presentan bajas tasas de producción de frutos. Esto sucede posiblemente por la pérdida de la receptividad de la flor, y porque en este momento el líquido estigmático sufre desecamiento (en días secos con temperaturas elevadas).

Hay que anotar que en un día lluvioso la cantidad y permanencia de líquido estigmático es superior a la de un día con riego. Esto asumiendo que los volúmenes de agua que se presentan en un día lluvioso son mayores a los del riego; además, las temperaturas son bajas y la humedad relativa más alta.

En periodos áridos en las zonas bajas, el estrés de las plantas es alto, lo cual es causa de la emisión del líquido estigmático en un periodo de tiempo muy corto, y de la maduración rápida del polen y posterior pérdida de viabilidad (observaciones efectuadas en diferentes localidades). Cuando hay suficiente riego se corrige en parte la situación anterior (más de 80 litros/árbol-día) (**Guzmán y Ariza, 1995**).

Los resultados de ensayos anteriores realizados por **Guzmán y Ariza** en el Guamo (**1995**),

muestran que el factor que posiblemente afecta la polinización de flores en estado de apertura floral III es la temperatura, y en el IV es la humedad relativa. Estas discrepancias con relación al presente ensayo, se dan fundamentalmente considerando las diferencias del microclima de cada zona. Aunque los ensayos se encuentran en condiciones similares en cuanto a la altura sobre el nivel del mar, los intervalos para el primer ensayo, de la humedad relativa se encuentran entre 72,5 y 87,5% y de temperatura entre 26,5 y 32,0°C ; mientras que para el presente ensayo los intervalos de los factores climáticos son más amplios, con promedios de humedad relativa entre 53,76 y 96,63% y de temperatura entre 22,93 y 33,53°C.

Al comparar los dos ensayos, y asumiendo que baja temperatura y alta humedad relativa influyen en forma positiva en la polinización eficaz de las flores, se puede pensar que el factor que limita la polinización para este ensayo son las condiciones extremas de los factores ambientales analizados. Estas condiciones hacen que el carácter protogíneo de la flor sea más marcado en comparación a sectores con mayor humedad relativa como es el caso del Valle del Cauca.

La polinización artificial, está limitada por condiciones de temperatura alta y humedad relativa baja, que afectan los porcentajes de eficacia de fecundación, haciendo que los rendimientos sean de alrededor del 50 % (de dos flores polinizadas una se fecunda, para el presente ensayo). Esto lleva a aumentar los costos de producción.

Estos resultados sirven para el análisis de la marginalidad del cultivo de guanábana del Guamo (Tolima) y de zonas homólogas fitoclimáticamente, con temperaturas y humedades relativas extremas durante el día.

CONCLUSIONES

- La eficacia de la polinización artificial, en condiciones del ensayo, baja al aumentar la temperatura y disminuir la humedad relativa. - La mayor eficacia en la formación de frutos se pre-

senta bajo condiciones de 88,47% de humedad relativa y 25,33°C de temperatura en promedio, a las 8 AM. - La mayor receptividad del estigma se presenta en flores en estado de apertura floral IV, caracterizado por pétalos abiertos, y posteriormente el III, determinado por pétalos abiertos en su ápice. - Los factores preponderantes de la zona, de altas temperaturas y bajas humedades en el ambiente durante el día, la convierten un sector marginal para el cultivo de la guanábana.

RECOMENDACIONES

- Realizar polinización artificial, para zonas homólogas climáticamente, en la mañana en días secos y hasta las 5 pm en días nublados; con polen tomado de flores en estado de apertura floral VI, para obtener mayor porcentaje de flores fecundadas. - Efectuar investigación para establecer la temperatura máxima y su relación con la humedad relativa que permitan la polinización natural.

BIBLIOGRAFIA

ARIZA, R. Y G, TOVAR, G. 1993. Fenología del guanábano (*Annona muricata L.*). Mimeo grafado. 4Pg.

ESCOBAR, W. Y L, SÁNCHEZ. 1991. Fruticultura colombiana. Guanábano. ICA. Manual de asistencia técnica número 57.

FAEGRI, K. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon press. London.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. 1996. Anuario meteorológico cafetero. Colombia.

GUZMAN, E. y R, ARIZA. 1995. Establecimiento de un sistema de polinización artificial en el cultivo de la guanábana (*Annona muricata L.*) para la zona del Guamo (Tolima). Santafé de Bogotá. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.

GUZMÁN, F. 1991. Polinización artificial del guanábano. Primer curso nacional sobre guanábano. Universidad del Tolima. Ibagué.

LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. IICA. San José de Costa Rica.

SORIANO, J. 1995. Determinación de la «unidad fuente demanda» en el llenado del fruto de guanábano (*Annona muricata L.*). Santafé de Bogotá. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.

TORRES, E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. Méjico.

WEBBER, A. 1981. Algunos aspectos de biología floral de *Annona sericea Dun* (*Annonaceae*). ACTA AMAZONICA. Vol 11(1):61-65.