

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO
DEL PIOJO HARINOSO *Phenacoccus herreni*
COX & WILLIAMS (HOMOPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)
EN EL CULTIVO DE LA YUCA, *Manihot esculenta* C.

Carlos Julio Herrera; Anthony C. Bellotti;
Roy Van Driesche; Myriam C. Duque*

RESUMEN

El piojo harinoso es una de las plagas más importantes de la yuca en Suramérica. Experimentalmente, ha ocasionado pérdidas de 88% en los rendimientos y de 74% en el material de siembra. Se estudió el tiempo de desarrollo del piojo, en condiciones de laboratorio, cuatro temperaturas constantes (20; 22; 25 y 30°C) y una humedad relativa de 70%. Los resultados mostraron que el tiempo de desarrollo para la hembra de *Phenacoccus herreni* fue de 90,2; 68,3; 37,6 y 39,4 días en promedio; para el macho de 51,9; 33,1; 22 y 19,6 días promedio a 20; 22; 25 y 30°C días en promedio respectivamente. El porcentaje de eclosión del huevo de este insecto fue 68,8; 73,9; 85,4 y 94,9% a las mismas temperaturas. La mortalidad de la hembra en cada temperatura fue relativamente baja, a 20°C, 11,2%; 22°C, 12%; 25°C, 18,3% y a 30°C, 12,5%. La curva de desarrollo de *P. herreni*, determinó que el umbral mínimo fue de 17,5°C y un tiempo fisiológico o constante térmica de 331°D (grados-día) para las hembras y 193°D para los machos.

INTRODUCCION

La yuca se cultiva para subsistencia de

los agricultores en las regiones tropicales del mundo. Históricamente, ha sido considerada como un cultivo "rústico", por lo general libre de artrópodos plagas. Aunque los rendimientos experimentales han superado 70 t/ha y las producciones comerciales en Colombia han alcanzado 40 t/ha, el promedio mundial es apenas 10-15 t/ha. Estas cifras indican que hay varios factores limitantes de la producción, siendo las plagas uno de los más importantes CIAT (1).

Los piojos harinosos forman parte de un amplio complejo de insectos y ácaros que atacan la yuca, constituyen uno de los mayores problemas de producción en las Américas y Africa. La especie más importante en Colombia y Brasil es *Phenacoccus herreni* y *P. manihoti* en Africa. Ocasionalmente, se han encontrado altas poblaciones de *P. gossypii* muy localizadas en yuca, a pesar de que éste no es su hospedero principal (1). Estos piojos son una plaga nueva en yuca y sólo en los últimos años se han registrado serios problemas.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Estudiar el efecto de cuatro temperaturas constantes, 20; 22; 25 y 30°C en el desarrollo de *P. herreni*.
- Determinar el efecto de la temperatura en la mortalidad de *P. herreni*.
- Construir una curva de desarrollo y determinar el umbral mínimo de desarrollo (°C) y el tiempo fisiológico o constante térmica del insecto plaga (°D).

REVISION DE LITERATURA

Dentro del complejo de insectos que atacan la yuca se han registrado varias especies de piojos harinosos polífagos, pertenecientes al género *Phenacoccus*; es así como en algunos países se ha informado sobre los siguientes: *P. gossypii* (Colombia); *P. granadensis* (Brasil y Guayana); *Phenacoccus* sp cerca a *surinensis* (Tobago); *P. manihoti* (Brasil y Paraguay). También se ha encontrado la especie *Ferrisia virgata* en poblaciones muy bajas en Tobago Yaseen (5), México* y Colombia Varela y Bellotti (3).

Los piojos harinosos fueron considerados de poca importancia económica para el cultivo hasta mediados de la década del 70, cuando *P. manihoti* se convirtió en una de las plagas más importantes en Africa Varela y Bellotti (3). A finales de 1978 en la época seca, los mismos autores hallaron en Colombia una especie de piojo harinoso en yuca causando daño similar al producido por *P. manihoti* en Africa, y que posteriormente fue indentificado como *P. herreni*. Los síntomas de daño de este insecto son muy similares a los de *P. manihoti*, el ataque inicial y el daño más severo es en el cogollo de la planta de yuca. Sin embargo, la biología y forma de reproducción de ambas especies es distinta; *P. herreni* es bisexual, mientras que *P. manihoti* se reproduce por partenogénesis Varela y Bellotti (3).

* Asistente de Investigación; Entomólogo. Programa de Yuca del CIAT. A.A. 6713 Palmira; Entomólogo. Universidad de Massachusetts; Consultora Estadística. Biometría del CIAT A.A. 6713 Palmira, Colombia.

* Bellotti, A. (Comunicación personal, 1984).

Respecto a la biología de *P. herreni*, en un experimento llevado a cabo bajo condiciones de invernadero, temperatura media de 28°C (20-38°C) y humedad relativa de 60% (90-35%) Varela y Bellotti (3) encontraron una duración promedio total para la hembra de 49,5 días y 29,5 para el macho. Lema y Herren (2) realizaron un estudio sobre el efecto de la temperatura en el desarrollo del *P. manihoti*, y determinaron clara incidencia de este factor climático en el desarrollo del insecto. El experimento, efectuado a cuatro temperaturas constantes: 20; 23,5; 27 y 30,5°C, registró un tiempo de desarrollo de 45,9; 36,2; 27,3 y 28,7 días en promedio respectivamente.

Generalmente, un organismo requiere mayor tiempo para su crecimiento y desarrollo a temperaturas bajas; así, al incrementarse este factor abiótico dicho tiempo decrece progresivamente hasta llegar a ser demasiado alto afectándolo en forma negativa. La tasa o velocidad de desarrollo es simplemente el porcentaje de desarrollo por día a una temperatura determinada Zalom et al. (6).

Está determinado que la relación entre la temperatura y tiempo de desarrollo da como resultado una curva en forma de "j" invertida; la misma relación, pero de una manera diferente, temperatura versus tasa de desarrollo origina una curva sigmoidea. Se ha considerado que para cada especie, se presenta un límite inferior (umbral mínimo), por debajo del cual el desarrollo se detiene.

Este umbral se obtiene con la proyección del segmento de la curva (tasa de desarrollo versus temperatura) hasta interceptar el eje de la temperatura (X). Este método de aproximación lineal normalmente exagera el umbral mínimo de desarrollo, pero es de poca importancia en la práctica debido a que se presenta muy poco desarrollo en los puntos cercanos al umbral mínimo Wagner et al. (4).

Zalom et al. (6), afirman que al incre-

mentarse la temperatura el tiempo invertido en el desarrollo decrece, pero la acumulación de calor requerida para completar éste permanece constante o aproximadamente igual. Esta unidad de medida de calor acumulada se conoce como "tiempo fisiológico o constante térmica", y proporciona una preferencia común que permite comparar el desarrollo de los organismos.

La cantidad de calor necesaria para completar el desarrollo de un organismo no varía, no importa si la temperatura es constante o si fluctúa, es decir, se comporta como una constante de un determinado organismo. El tiempo fisiológico se mide en "grados-día" (°D). Un "grado-día" es igual a un grado por encima del umbral mínimo de desarrollo para un organismo en 24 horas.

La temperatura también ejerce efecto nocivo en la supervivencia de organismos. En un estudio de *P. manihoti* Lema y Herrera (2), hallaron que al incrementarse la temperatura de 20; 23,5; 27 y 30,5°C la mortalidad del insecto disminuye, presentando en promedio DL (50) a los 37,5; 21,5; 19 y 19 días, respectivamente.

METODOLOGIA

En el presente trabajo se hizo una modificación en los machos, se consideraron los siguientes estados: primero, segundo "Cocon" (tercero y cuarto instar) y adulto. Se estudió en conjunto el tercer y cuarto instar, debido a que estos dos estados se encuentran dentro de un capullo ninfal algodonoso y bastante compacto, que al tratar de romperlos puede alterar el desarrollo del macho.

— Efecto de la Temperatura sobre el Desarrollo y Mortalidad del *P. herreni*.

En el experimento se usaron cajas petri de 10 cm de diámetro x 15 mm de alto, con papel de filtro húmedo; en cada una de ellas se colocó un lóbulo de hoja de yuca tomada del nivel medio de la planta totalmente libre de

insectos y enfermedades, y sobre ésta un solo especimen de *P. herreni*. Para el caso de huevos, éstos se colocaron en masa y se tomó el tiempo de emergencia de ninfas, posteriormente se depositó una ninfa por caja de petri y se incubó el material a 20; 22; 25 y 30°C con humedad relativa de 70% ($\pm 5\%$); los registros de duración y tiempo de mortalidad de cada instar se tomaron diariamente.

— Umbral Mínimo, Velocidad de Desarrollo y Tiempo Fisiológico de *P. herreni*

Teniendo en cuenta que el desarrollo de un organismo Poikilotérmico es dependiente del medio ambiente, principalmente de la temperatura, se procedió a efectuar la estimación de la velocidad de desarrollo para la especie y estado biológico a la temperatura antes mencionada; para tal efecto se multiplicó por 100 el inverso del tiempo (días) de desarrollo (Y), es decir, $(1/Y \times 100)$. Al expresar gráficamente la velocidad de desarrollo en el eje "y" y la temperatura en el eje "x", se obtiene una curva de la forma sigmoidea, en cuya porción central es posible hacer una aproximación mediante una línea recta, la cual corta el eje "x" en el punto que corresponde al umbral mínimo de temperatura (Figura 1).

Con la ecuación que ajusta la recta $Y = a + bX$, se calcula el valor para el cual la velocidad de desarrollo "sería cero", es decir:

Velocidad de desarrollo = $a + bX$ X = Temperatura

$0 = a + b$ (umbral mínimo)

$a =$ Umbral mínimo = A

b

donde: a = intercepto y b = pendiente de la recta

Conociendo el valor de "a" puede despejarse el valor de la constante térmica o tiempo fisiológico (K), de la siguiente forma:

$$K = y (T - A)$$

donde: "y" es igual al tiempo de dura-

ción en la temperatura (T), (una de las temperaturas utilizadas en el experimento) y (A) corresponde al umbral mínimo de desarrollo, medida en grados centígrados (°C).

Para este caso, se utilizó el valor de "y" corregido por la ecuación recta a la temperatura (T).

RESULTADOS Y DISCUSION

– Efecto de la Temperatura sobre el Desarrollo de P. herreni

Se determinó que las temperaturas tienen efecto sobre el desarrollo. Las cuatro temperaturas estudiadas presen-

taron diferencia significativa para cada estado de desarrollo evaluado.

En la Tabla 1 se observa el efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de las hembras y machos de *P. herreni*. En todas las temperaturas las hembras tomaron para su desarrollo total, aproximadamente el doble de días del que requirió el macho. También se puede apreciar que el desarrollo se incrementa a medida que decrece la temperatura como lo afirman Zalom et al. (6), además se confirman los resultados de estudios realizados con el piojo harinoso *P. manihoti* Lema y Herren (2).

TABLA 1. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de *Phenacoccus herreni*.

Temperatura °C	Promedio de días	
	Hembras	Machos
20	90,2	51,8
22	68,3	33,1
25	37,6	21,9
30	39,4	19,6

Con los datos obtenidos en todas las temperaturas y para cada estado de desarrollo del piojo evaluado, se puede apreciar una sincronización entre los sexos (Figura 2); así se observa que cuando el macho cambia al estado adulto ya la hembra ha pasado a este estado. También se tiene conocimiento que el adulto macho vive pocos días, suficientes para su dispersión y cópula Varela y Bellotti (3). Esta sincronización se presenta igual para cada temperatura evaluada.

– Efecto de la Temperatura sobre la Mortalidad de P. herreni

También en la mortalidad incide el efecto de la temperatura. Se determinó que existe un comportamiento definido para los huevos; a medida que se incrementó la temperatura la mortalidad fue menor. (Tabla 2).

Este resultado es de gran importancia en el comportamiento del insecto; como se sabe esta plaga aumenta su población en época de sequía y a temperaturas altas que fluctúan entre 25 y 30°C en promedio; cuando los huevos están en condiciones de eclosionar en mayor porcentaje.

Con respecto a los estados inmaduros y a los adultos las hembras y machos, la mortalidad no mostró una clara tendencia o no tan definida como la hallada en los huevos. El primer instar, tercer instar en las hembras y el "cocon" muestran que a medida que se incrementa la temperatura, se incrementa la mortalidad considerablemen-

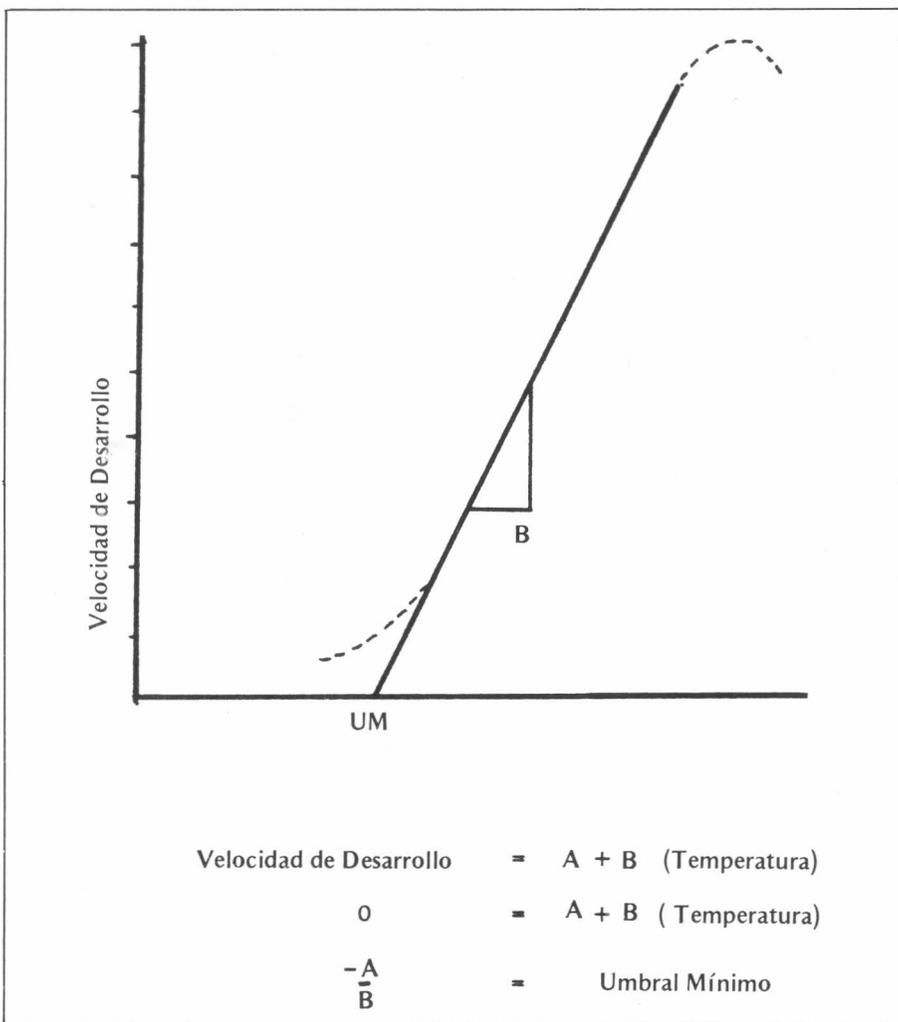


FIGURA 1. Curva de desarrollo y forma de cálculo del umbral mínimo de desarrollo (°C).

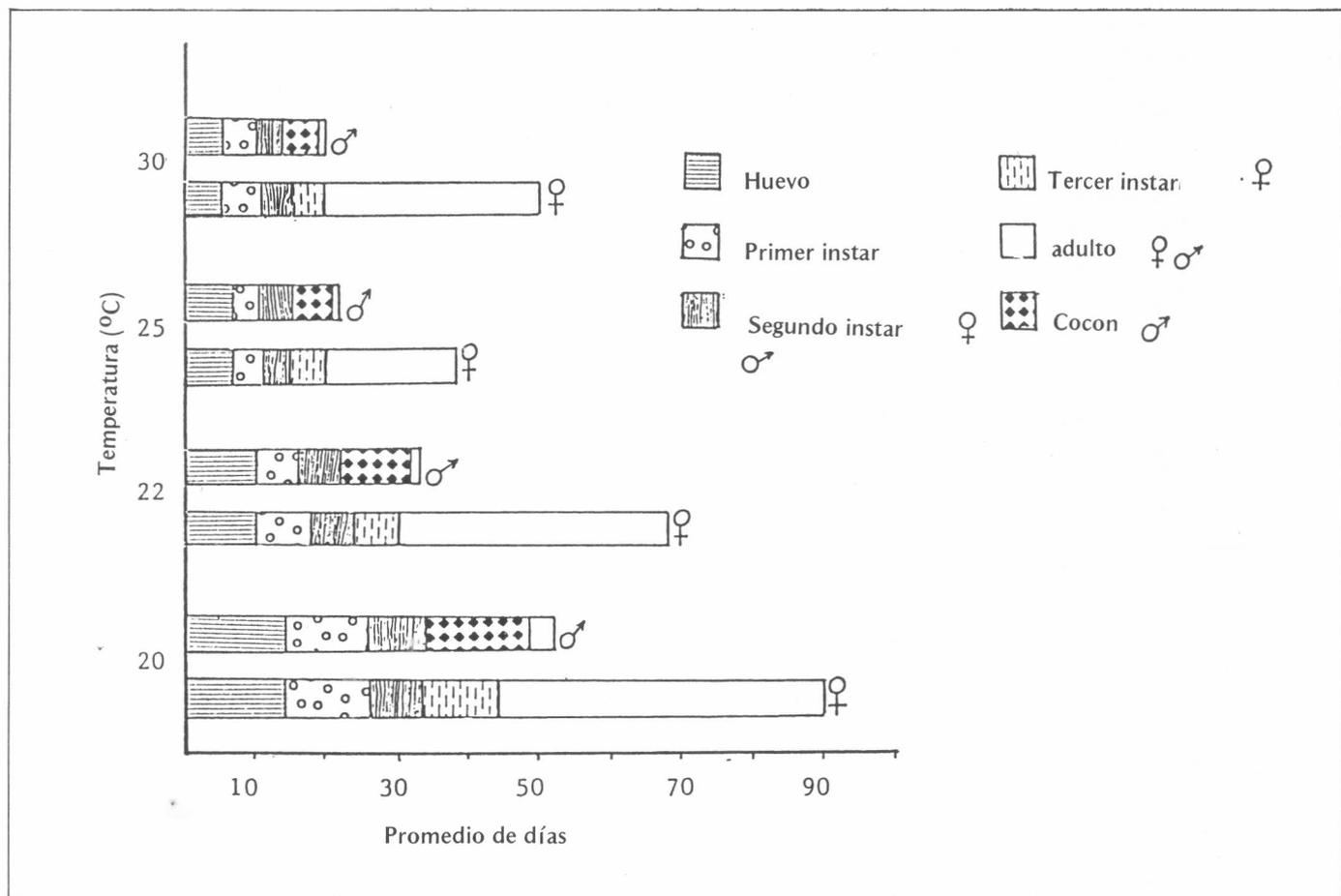


FIGURA 2. Efecto de la temperatura en el desarrollo de *Phenacoccus herreni*.

TABLA 2. Efecto de la temperatura sobre la mortalidad de *Phenacoccus herreni*.

Estado	%o Mortalidad			
	20°C	22°C	25°C	20°C
Huevo	31,2	26,1	14,6	5,1
Primer Instar	21,4	53,7	42,6	61,8
Segundo Instar	33,4	0,9	26,3	23,3
Tercer Instar-Cocon	11,0	2,7	21,2	36,0
Adulto	11,2	11,9	18,3	12,5

te. El segundo instar (macho y hembra) se comporta en forma contraria a los estados anteriores, la mortalidad decrece a medida que se incrementa la temperatura. El estado adulto tiene un comportamiento similar a los primeros estados inmaduros nombrados. Sin

embargo, se puede decir que hay una ligera tendencia a incrementar la mortalidad a medida que se incrementa este factor abiótico. Estos datos son muy semejantes a los obtenidos por Lema y Herren (2) en estudios realizados sobre *P. manihoti*.

– Curva de Desarrollo, Umbral Mínimo y Tiempo Fisiológico de *P. herreni*.

Teniendo determinado el tiempo de desarrollo (días promedio) y calculada la velocidad de desarrollo (inverso del tiempo de desarrollo), se puede construir una curva de desarrollo para cada estado inmaduro y del adulto (longevidad) Figuras 3 y 4. Los valores utilizados para las Figuras, se corrigieron por la ecuación de la recta explicada en la metodología.

En la Tabla 3 se presenta el umbral mínimo (A) definido como el límite técnico por debajo del cual el organismo suspende su desarrollo. Los resultados indican límites inferiores para el hue-

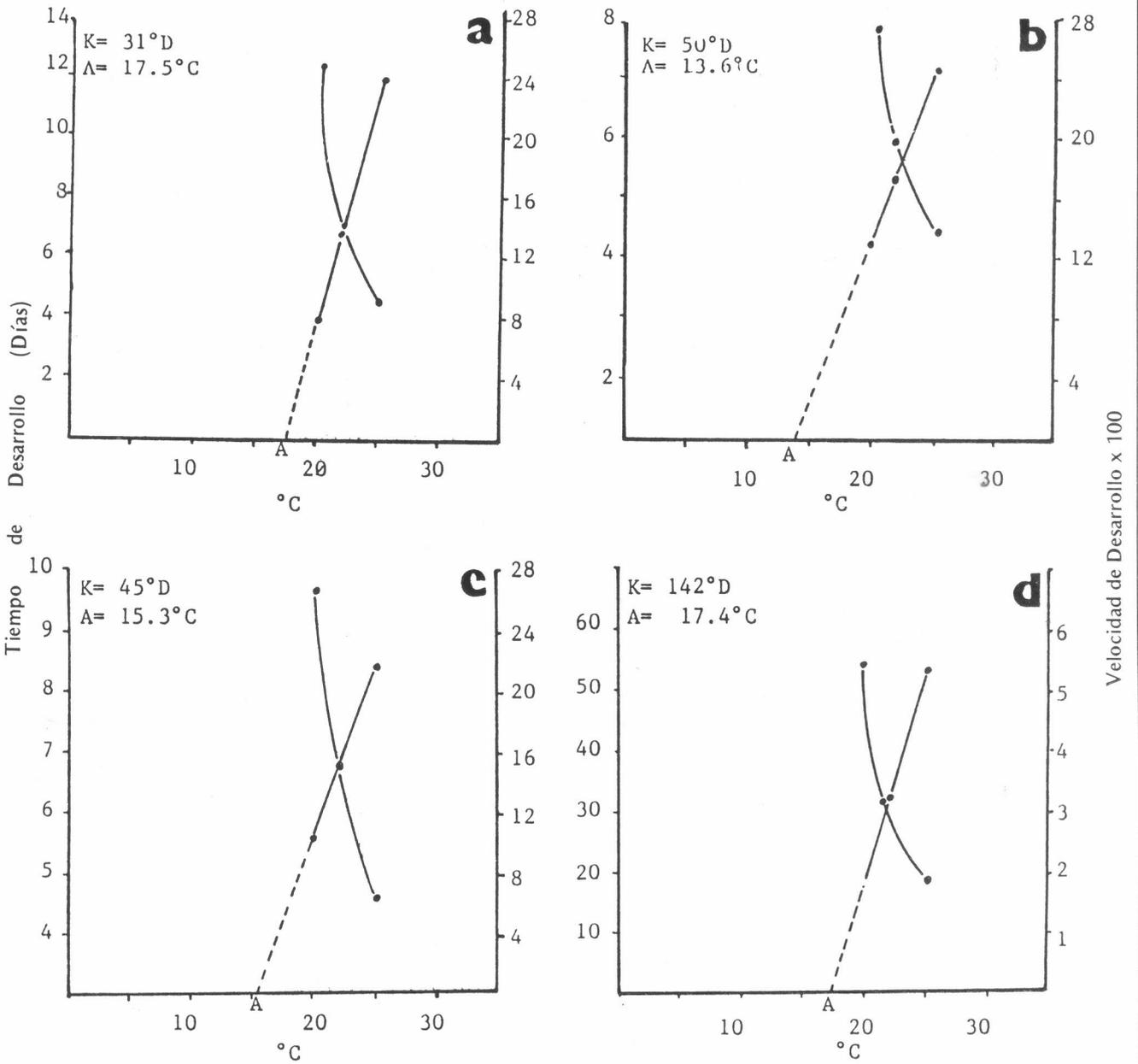


FIGURA 3. Curva de Desarrollo de *Phenacoccus herreni* Cox & Williams - Hembra a. primer instar; b. segundo instar; c. tercer instar y d. adulto.

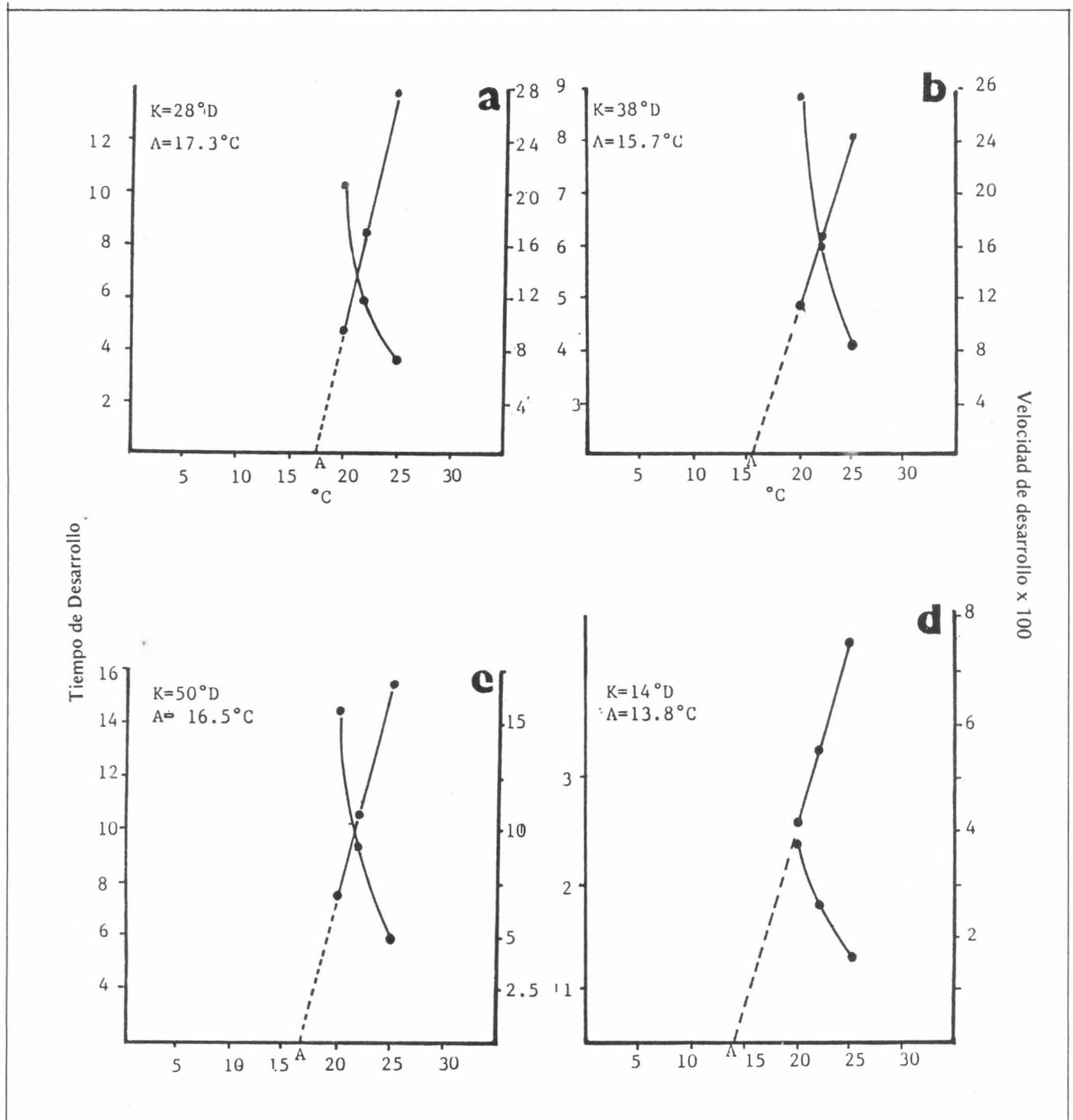


FIGURA 4. Curva de desarrollo de *Phenacoccus herreni* Cox & Williams - Macho. a. primer instar; b. segundo instar; c. tercer instar y d. adulto.

vo, primer y segundo instar hembra y macho, tercer instar hembra, cocon (tercero + cuarto instar), y adultos hembra y macho.

Los resultados anteriores indican que los estados de desarrollo, que pueden estar expuestos a condiciones más bajas de temperatura, son el segundo

instar hembra con $13,6^{\circ}C$ y el adulto macho, con $13,8^{\circ}C$. Por el contrario, el primer instar ($17,5^{\circ}C$) requiere mayor temperatura para empezar a

En cuanto el tiempo fisiológico para los diferentes estados de desarrollo de *P. herreni*, los resultados muestran que los machos requieren menos grados-día para su desarrollo que la hembra. Respecto a la hembra, el estado que necesita menor calor acumulado es el primer instar con 31°C y por el contrario el adulto, con 142°D es el estado de mayor cantidad de calor acumulado necesario (Tabla 3).

Con los anteriores datos de umbral mínimo y tiempo fisiológico, se puede decir que este insecto plaga tiene un límite inferior de 17,5°C y requiere 331°D para completar su desarrollo (Tabla 4).

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el tiempo de

desarrollo de la hembra es el doble con relación al macho.

- La mortalidad del huevo se incrementa a medida que disminuye la temperatura. Lo contrario ocurre para los estados ninfales.
- El umbral mínimo de desarrollo de *P. herreni* fue de 17,5°C para ambos sexos, y el tiempo fisiológico para la hembra fue de 331°D y 193°D para el macho.

SUMMARY

Temperature effect on development of *Phenacoccus herreni* Cox 2 & William (Homoptera - Pseudococcidae) in *Manihot esculenta* C.

The cassava mealybug *P. herreni*, is

one of the most important pest of cassava in South America. It can produce losses of 88% in yield and 74% in planting material under laboratory condition. The developmental period of *P. herreni* was studied in the laboratory: under four constant temperatures (20; 22; 25 and 30°C) and 70% HR. Average developmental period was 90,2; 68,3; 37,6 and 39,4 days for the female and 51,9; 33,1; 22 and 19,6 days for the male, at 20; 22; 25 and 30°C, respectively. Percentage egg hatchability was 68,8 73,9; 85,4 and 94,9 at 20; 22; 25 and 30°C, respectively. Female mortality was relatively low at each temperature: 11,3 at 20°C, 12% at 22°C, 18,3 at 25°C and 12,5% at 30°C. Development curve of *P. herreni* showed a minimum threshold of 17,5°C and a physiological time or thermic constant of 331°D (days-degree).

TABLA 3. Umbral mínimo y tiempo fisiológico de desarrollo de *Phenacoccus herreni*.

Estado del Piojo	Umbral mínimo*		Tiempo fisiológico**	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho
Huevo		16		63
Primer Instar	17,5	17,3	31	28
Segundo Instar	13,6	15,7	50	38
Tercer Instar	15,3	—	45	—
Cocon***	—	16,5	—	50
Adulto	17,4	13,8	142	14
TOTAL		17,5	331	193

* Grados Centígrados

** Grados - Día

*** Tercer y cuarto instar ninfal macho cubierto por un capullo algodonoso.

TABLA 4. Efecto de la temperatura sobre la hembra de *Phenacoccus herreni*.

Temperatura °C	Días en promedio	Velocidad de desarrollo*	Umbral mínimo	Tiempo fisiológico
20	90,2	1,1		
22	68,3	1,5		
25	37,6	2,7	17,5°C	331°D
30	39,4	2,5		

* 1/ Días en promedio X 100

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, (Colombia) CIAT, 1977. s.p.
- Lema, K.M.; Herren, H.R. 1985. The influence of constant temperature on population growth rates of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti*. Entomol. Exp. Appl. 38: 165-169.
- Varela, A.M.; Bellotti, A. 1981. Algunos aspectos biológicos y observaciones de un piojo harinoso de la yuca, *Phenacoccus herreni* C & W (Hom: Pseudococcidae) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 7:21-26.
- Wagner, T.L.; Wu-Hsin-I, Sharpe, P.; Schoolfield, R.; Coulson, R. 1984. Modeling insect development rates; a literature review and application of a biophysical model. Forum, Ann. Entomol. Soc. Am. 77: 208-225.
- Yaseen, M. 1979. Report on a visit to Guayana for the natural enemy of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* M.C.I. B.C., November 23. s.n.t.
- Zalom, F.; Goodell, P.; Bennett, W.; Bentley, W. 1983. Degree-day; the calculation and use heat units in pest management Berkeley, University of California, Division of Agricultural. 10 p.