

Polinización del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz en Costa Rica

Alvaro Wille y Enrique Orozco

Museo de Entomología, Universidad de Costa Rica

Carlos Raabe

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica

(Recibido para su publicación el 21 de enero de 1983)

Abstract: Pollinating insects of *Sechium edule* (Cucurbitaceae) were classified into primary and secondary according to their abundance and effectiveness as pollen collectors. Among the total of 55 insect species found in Costa Rica pollinating the plant, 28 were identified as primary meliponid bees of the genus *Trigona* (Apidae), the rest were secondary pollinators: 15 species of wasps (Vespidae); 5 species of bees of the family Halictidae, 3 species of Anthophoridae and 4 species of Apidae. The plants were distributed altitudinally from almost 0 to 2000 m. As altitude increases, primary pollinators diminish; almost all were collected under 500 m; 30% of the secondary pollinators (the highest counts) were obtained over 1500 m.

The higher frequencies of pollinators (44.8 average) were observed between 500 and 999 m. The lower frequencies correspond to the low lands. Only four pollinators were really abundant: *Trigona* (*Trigona*) *corvina*, *T. (Partamona)* *cupira*, *T. (Trigona)* *fulviventris* and *T. (Trigona)* *fuscipennis*. The first two are the most efficient. These two species are abundant between 500 and 1000 m, where the best producing plants are found. *Trigona fuscipennis* belongs in the low lands and is the major pollinator there. *Trigona fulviventris* is less frequent between 500 and 1499 m and exhibits high frequencies in low and high altitudes. This peculiar distribution could be due to the fact that this species is not aggressive and therefore less able to compete with *Trigona corvina* and *T. cupira*.

Según Gagani (1979), el nombre "chayote" viene de la voz Nahuatl "chayotli". En Nicaragua, Honduras y El Salvador, se le llama "güisquil" o "pataste". Se dice que el "güisquil" deriva de la lengua azteca "huitzili", espina, y "quitil", verdura, o sea, verdura con espinas, porque hay algunas variedades con frutos espinosos. En México se conoce como "chayotli" o "chayutli", y en Las Antillas como "cristofina".

El chayote es una planta monoica, con flores unisexuales colocadas en racimos. Las masculinas están suspendidas en un largo pecíolo; las femeninas se presentan generalmente en pares, en la base del pecíolo que sostiene las masculinas. Aparentemente las flores masculinas poseen nectarios, mientras que las femeninas carecen de ellos. Siendo esto así, el problema es poder explicar cómo se lleva a cabo la polinización por medio de las abejas, ya que éstas lógicamente no estarían interesadas en visitar las flores femeninas. La explicación de esta paradoja estriba en el hecho que ambas flores

son muy semejantes en su aspecto general. Se podría afirmar que la flor femenina representa un caso de mimetismo al imitar la flor masculina (Fig. 1). En efecto, es fácil observar cómo las abejas son engañadas, pues visitan las flores femeninas, dan una o dos vueltas y rápidamente se alejan en busca de una flor con polen; es en esta forma como una abeja ya con polen poliniza la flor femenina. Si esta flor no hubiese evolucionado dicho mecanismo mimético, la polinización no podría llevarse a cabo por medio de las abejas. Ahora bien, los insectos polinizadores están clasificados como primarios y secundarios, dependiendo de su abundancia, capacidad y eficiencia en recolectar el polen. Posiblemente, la observación empírica de plantas con predominancia de flores de uno u otro sexo, determinada por la mayor o menor producción de frutos, originó la creencia errónea de que hay chayoterías hembra y macho.

Se pretende en el presente trabajo dar información sobre la polinización del chayote, y mostrar cuáles son las abejas y avispa mejor adaptadas para este propósito.

CUADRO 1

Distribución de los polinizadores primarios de Sechium edule, se indica el número de individuos y, entre paréntesis, la localidad, según Cuadro 3.

Trigona (Trigona) corvina Cockerell: 2(1), 4(3), 19(4), 5(5), 27(6), 1(7), 4(8), 9(9), 1(10), 2(11), 5(13), 1(15), 18(17), 31(18), 2(20), 118(23), 92(24), 3(25), 30(26), 3(27), 12(28), 7(29), 55(30), 2(32), 7(36), 26(37), 3(38), 21(39), 23(40), 5(41), 46(42), 1(43), 9(45), 4(47), 48(53), 8(54), 3(55), 1(57), 5(58), 15(59), 5(60), 57(61), 1(71), 14(76).

Trigona (Trigona) fuscipennis Friese: 15(19), 9(52), 5(63), 26(64), 14(73), 4(74), 30(75), 4(78).

Trigona (Trigona) fulviventris fulviventris Guérin: 4(4), 2(5), 7(6), 4(8), 1(10), 3(13), 4(14), 7(15), 6(16), 1(17), 1(19), 1(41), 1(43), 1(44), 2(45), 2(46), 1(50), 1(57), 4(58), 1(59), 1(60), 15(62), 1(64), 30(65), 20(66), 8(67), 5(68), 1(70), 3(77).

Trigona (Trigona) silvestriana Vachal: 2(8), 32(25), 1(45), 1(48), 1(49), 3(50), 1(59), 1(72), 8(78).

Trigona (Trigona) niguerrima Cresson: 1(19), 1(51), 1(57), 1(71).

Trigona (Trigona) ferricauda Cockerell: 1(70), 2(74).

Trigona (Tetragona) jaty jaty Smith: 1(6), 5(8), 6(11), 6(12), 5(16), 7(17), 2(29), 4(32), 4(37), 5(38), 3(39), 5(41), 12(43), 4(48), 1(50), 9(68), 1(69), 3(70), 2(71), 1(73), 2(74), 1(75).

Trigona (Tetragona) leucogastra chiriquiensis Schwartz: 2(2), 4(9), 2(11), 3(12), 1(14), 4(23), 7(24), 3(25), 1(38), 1(39), 1(41), 6(43), 7(44), 10(48).

Trigona (Tetragona) buchwaldi Friese: 4(59).

Trigona (Tetragona) nigra paupera Provancher: 1(63).

Trigona (Tetragona) dorsalis Smith: 4(45), 1(72).

Trigona (Partamona) cupira Smith: 14(1), 13(2), 30(3), 13(4), 10(5), 2(6), 6(7), 40(8), 2(9), 25(11), 7(12), 13(13), 12(14), 6(15), 10(16), 12(17), 4(18), 12(19), 12(19), 5(20), 6(21), 23(22), 31(23), 48(24), 13(25), 13(26), 5(27), 8(31), 20(23), 4(33), 2(34), 8(36), 3(37), 13(38), 2(39), 13(41), 15(43), 11(44), 4(46), 3(47), 89(48), 2(49), 1(54), 5(58), 18(59), 35(61), 6(66), 1(68), 1(77), 2(78).

Trigona (Partamona) testacea musarum Cockerell: 3(77).

Trigona (Scaptotrigona) mexicana suboscuripennis Schwartz: 5(7), 6(26), 4(43), 9(47), 2(51), 8(59).

Trigona (Scaptotrigona) pectoralis Dalla Torre: 3(6), 28(8), 13(24), 3(25), 9(43), 2(54), 41(56).

Trigona (Nannotrigona) testaceicornis perilampoides Cresson: 1(24), 2(32), 6(40), 3(43), 1(55), 1(60), 1(64), 2(74), 1(75), 4(76).

Trigona (Nannotrigona) mellaria Smith: 4(59).

Trigona (Plebeia) frontalis Friese: 3(8), 1(10), 5(19), 1(28), 1(30), 3(41), 9(59), 1(76).

Trigona (Plebeia) tica Wille: 1(62).

Trigona (Plebeia) jatiformis Cockerell: 1(28).

Trigona (Scaura) latitarsis Friese: 8(8), 1(19), 5(58).

Trigona (Cephalotrigona) capitata sexmaniae Cockerell: 3(5), 1(24).

Trigona (Oxytrigona) tataira mellicolor Packard: 2(6), 1(43), 6(69).

Trigona (Paratrigona) opaca opaca Cockerell: 1(59).

Trigona (Paratrigona) ornaticeps Schwartz: 2(19).

Trigona (Nogueirapis) mirandula Cockerell: 1(58), 1(59).

Trigona (Trigonisca) atomaria Cockerell: 1(58).

Trigona (Trigonisca) buyssoni Friese: 8(58), 12(59).

CUADRO 2

Distribución de polinizadores secundarios: se da el número de individuos y luego, entre paréntesis, la localidad, según Cuadro 3

Apis mellifera L.: 2(2), 2(4), 2(6), 1(14), 4(24), 2(25), 3(31), 3(32), 2(33), 1(40), 1(43), 2(55).

Bombus mexicanus Cresson: 1(24), 1(25), 9(47).

Bombus niger Franklin: 3(47).

Bombus ephippiatus Say: 1(47), 1(49).

Exomalopsis sp.: 1(8), 2(24).

Melissodes sp.: 2(47), 1(62).

Ceratina sp.: 3(24), 1(25).

Augochloropsis sp.: 5(23), 3(24), 3(29), 1(39), 2(44), 1(54).

Pseudoaugochloropsis sp.: 3(4), 1(14), 1(32).

Lasioglossum sp.: 1(3), 1(8), 2(10), 1(12), 1(23), 3(24), 1(39), 1(41), 1(43).

Agapostemon sp.: 10(24), 1(25), 1(44).

Neocorynura sp.: 1(8), 1(11), 1(12), 1(14), 1(15), 1(24), 2(44).

Polybia sp.: 5(2) 3(3), 2(4), 3(5), 2(7), 2(8), 2(9), 2(11), 1(12), 2(15), 1(19), 5(20), 9(24), 2(26), 3(27), 1(28), 1(30), 1(31), 1(34), 2(37), 2(39), 2(41), 10(43), 3(44), 3(47), 1(48), 1(53), 1(60), 3(61), 2(65), 2(66).

Protopolybia pumila Saussure: 1(38), 1(75).

Stelopolybia areata Say: 2(14), 1(20), 1(21), 1(35).

Stelopolybia angulata Fabricius: 1(26).

Polybia diguetana Buyssoni: 3(20), 1(23), 4(38).

P. mediamexicana Bequart: 1(26).

P. rejecta Fabricius: 1(8), 1(46).

P. aequatorialis tristis Bequart: 3(34), 10(35), 30(49), 1(50).

P. fasciata Saussure: 1(50).

Epipona sp: 1(3), 1(21), 1(22), 1(30).

Epipona uerine Saussure: 1(35), 1(49).

Brachygastra azteca Saussure: 3(24).

B. augustia Saussure 1(70).

Mischocyttarus sp.: 2(30).

Synoeca surianama L.: 1(2).

CUADRO 3

Localidades de muestreo de chayoteras. Se indica entre el paréntesis la altura en metros sobre el nivel del mar

SAN JOSE	
1- Uruca (1110)	40- Estación Experimental F.B.M. (882)
2- Pavas (1045)	41- Naranjo centro (1043)
3- Zapote centro (1175)	42- Palmares centro (1017)
4- Santa Ana centro (904)	43- Sarchí Sur (967)
5- Piedades de Santa Ana (899)	44- San Ramón (1057)
6- Ciudad Colón (840)	45- San Mateo (254)
7- Quitirrisí de Mora (840)	46- Zarcero (1736)
8- Tabarcia de Mora (817)	47- Alto Villegas (1300)
9- Mercedes Sur de Puriscal (1125)	48- Grecia centro (999)
10- Santa Rosa de Puriscal (1125)	49- La Condordia (1800)
11- Desamparados (1161)	50- Cariblanco (656)
12- Aserrí (1308)	51- Finca "Cinchona", cerca de Varablanca (1804)
13- Tarbaca (1796)	52- Islas Atequeras, Río San Juan (Nicaragua)
14- San Ignacio de Acosta (1095)	
15- San Luis de Acosta (1095)	PUNTARENAS
16- Santa Ma. de Dota centro (1548)	53- La Angostura (243)
17- San Pablo de León Cortés (1542)	54- Macacona (243)
18- San Isidro de El General centro (702)	55- Esparza centro (208)
19- Cerro Nara, 16 km N del Río savegre (850)	56- Buenos Aires (361)
	57- Paso Canoas (38)
CARTAGO	58- San Antonio de Damas, Quepos (500)
20- Tres Ríos centro (1345)	59- 25 km al N.E. de San Antonio de Damas, Quepos (800)
21- Tres Ríos, borde de ciudad (1345)	
22- La Cangreja del Guarco -15 km Sur- (1388)	GUANACASTE
23- Paraíso centro (1325)	60- 4,5 km O. Río Lagarto (179)
24- Ujarrás de Paraíso (1000)	61- Tilarán (564)
25- 15 km al N.E. de Ujarrás (1000)	62- La Curz (255)
26- Cervantes (1441)	63- Santa Cruz (49)
27- Juan Viñas (1165)	64- Arado de Santa Curz (49)
28- Turrialba (646)	65- Mansión (87)
29- 1 km antes de Turrialba (646)	66- Hojancha (350)
30- Jabillos de Turrialba 25 km N.E. (2449)	67- Liberia (144)
HEREDIA	LIMON
31- Heredia centro (1150)	68- Limón centro (3)
32- San Joaquín de Flores (1054)	69- Cieneguita (3)
33- Santo Domingo (1170)	70- Siquierres centro (62)
34- Montaña azul (1804)	71- Santa Rosa, al O. de Siquierres (30)
35- Varablanca (1804)	72- Moravia (62)
36- Puerto Viejo (37)	73- Guápiles centro (262)
	74- Guápiles centro (262)
ALAJUELA	75- Guápiles, borde de ciudad (262)
37- Alajuela centro (952)	76- 0,5 km antes de llegar a Guápiles (262)
38- Río Segundo (930)	77- Barra del Colorado (5)
39- Tacares (800)	78- Amubri, Talamanca (32)

MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en Costa Rica, en 78 chayoteras, abarcando todo el país desde el nivel del mar hasta 2000 m.

La técnica para recolectar los polinizadores, que al mismo tiempo suministra información

general de la abundancia de las especies, fue la siguiente: dos personas con bolsas entomológicas profesionales recolectaban tantos insectos como era posible durante 15 minutos por cada chayotera, registrando además la localización exacta del sitio, altitud y periferia de la chayotera: en las plantaciones comerciales ob-

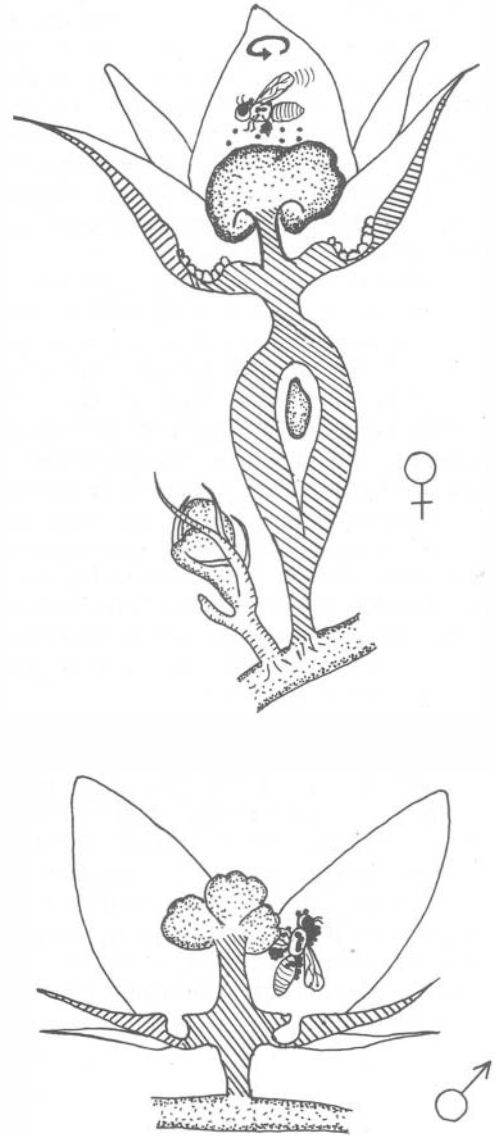
viamente es difícil obtener el perímetro. El estudio se llevó a cabo principalmente durante la estación lluviosa, ya que es en esta época cuando hay mayor floración, excepto donde hay plantaciones comerciales que cuentan con riego para los meses de verano; sin embargo, se efectuaron recolecciones durante los meses de la estación seca en lugares donde no había riego, siempre y cuando la chayotera tuviera flores. Los polinizadores se recogieron preferentemente temprano en la mañana (7:00-10:00 hr) y en la última parte de la tarde (14:00-17:00 hr), que es cuando las abejas son más activas.

Para poder verificar que las chayoteras son polinizadas realmente por las abejas del género *Trigona*, y en forma secundaria por algunas especies de avispas, se cubrieron varias puntas de la planta antes que la flor se abriera con bolsas plásticas con pequeños agujeros para la ventilación, dejando otras sin tapar como testigos para probar la participación de los insectos. Como se esperaba, las flores cubiertas nunca produjeron frutos, mientras que las visitadas por las abejas *Trigona* sí lo hicieron. Las visitadas por avispas y otras abejas produjeron frutos pero en cantidades menores. Las abejas grandes, tales como *Bombus*, *Xylocopa*, *Centris*, etc., nunca visitan las flores, ya que éstas son muy pequeñas. Las abejas medianas, como *Melipona* y *Apis mellifera*, generalmente no visitan las flores, y cuando lo hacen, como es el caso de *Apis*, es en un número muy reducido (Cuadro 2), pasando a ser polinizadores secundarios. Las abejas relativamente pequeñas son más aptas para polinizar las flores del chayote. Una vez identificados todos los polinizadores, se clasificaron en primarios y secundarios basándose en su capacidad, eficiencia y abundancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio, realizado en 78 localidades del país en que se cultivan chayoteras (Cuadro 3), demostró que existen 28 especies de abejas, todas ellas del género *Trigona*, que actúan como polinizadores primarios. Dos de ellas, *T. corvina* y *T. cupira* son las más importantes (Cuadro 1). Como polinizadores secundarios se encuentran quince especies de avispas; una de ellas, *Polybia aequatorialis tristis* Bequaert, se encontró como la única polinizadora del chayote en Vara Blanca (1804 m). Otros polinizadores secundarios fueron doce

especies de abejas pertenecientes a tres familias: Halictidae, Anthophoridae y Apidae (Cuadro 2).



MT
—82—

Fig. 1. Flores hembra y macho de *Sechium edule*. Puede observarse cómo la abeja sobrevuela la flor hembra en la que deja caer algunos granos de polen recolectado durante su visita a la flor masculina. Nótese además la similitud estructural entre ambas flores.

Durante nuestras investigaciones encontramos dos casos, que en forma indirecta, prueban la importancia de las abejas *Trigona* en la polinización del chayote. El primer caso fue en Santa Rosa de Siquirres (30 m) a 11 kilómetros oeste del centro del pueblo en donde encontramos una chayotera de unos 100 metros cuadrados, cubierta de flores pero sin ningún tipo de abejas polinizadoras ni frutos. El dueño nos dijo que su chayotera y las de sus vecinos dejaron de producir al ser talado el bosque en un radio de 1 km. Al cortar la selva, se eliminó los nidos de *Trigona* que se encontraban en los huecos naturales de los árboles.

El segundo caso fue en el camino de Sarapiquí, entre Cariblanco y San Miguel (500 m). Ahí encontramos una hermosa chayotera cubierta de flores, pero sin ningún polinizador. Nos contó la dueña que su chayotera, que antes le producía grandes cantidades de frutos, llegaban grandes cantidades de abejitas negras y amarillas (*Trigona*) que, según ella, le comían los quelites. En vista de esto decidió, junto con sus hijos y vecinos, eliminar todos los nidos de dichas abejas para que no le siguieran haciendo daño. También nos contó que duraron más de un año para eliminar a tan dañinos insectos, pero no comprendía por qué su chayotera había dejado de producir frutos.

En el año 1931, Tristán y Tristán (1931) demostraron que *Trigona cupira* es el principal polinizador del chayote en la Meseta Central de Costa Rica y que además algunas avispas actuaban como polinizadoras secundarias. Este trabajo pasó desapercibido completamente en América, tanto así que en el libro de Free (1970) sobre la polinización de los cultivos por los insectos, dice con respecto al chayote, que no se encuentra información alguna sobre su polinización.

Efecto de la altitud sobre la distribución de los polinizadores: Por estar las chayoteras observadas desde prácticamente cero hasta casi 2000 metros sobre el nivel del mar, se consideró conveniente hacer un breve análisis con el fin de determinar el impacto de la altitud sobre la distribución de sus polinizadores y se decidió trabajar con sólo cuatro categorías de alturas sobre el nivel del mar: de 0 a 499 m, de 500 a 999 m, de 1000 a 1499 m y de 1500 a 1999 m. Aunque los límites de estas cuatro categorías fueron arbitrarios, la decisión de utilizar sólo cuatro categorías se basó en el escaso número de sitios analizados (76). El número de sitios en cada una de esas categorías es el siguiente:

CUADRO 4

Distribución del número de chayoteras según la altura sobre el nivel del mar

Altura (m)	Número de sitios
0-499	27
500-999	19
1000-1499	22
1500-1999	8
Total	76

Distribución de los polinizadores entre primarios y secundarios: Como primer paso se trató de determinar si la altura sobre el nivel del mar tenía algún impacto sobre el tipo de polinizador, y se estudió la proporción de polinizadores recolectados en las distintas altitudes, de acuerdo con su carácter de primarios o secundarios (Cuadro 5).

CUADRO 5

Distribución de los polinizadores según condición de primarios o secundarios y la altura sobre el nivel del mar (valores absolutos y relativos)

Altura (m)	total	Valores Absolutos		total	Valores relativos	
		primarios	secundarios		primarios	secundarios
0-499	442	430	12	100,0	97,3	2,7
500-999	851	792	59	100,0	93,1	6,9
1000-1499	543	450	93	100,0	82,9	17,1
1500-1999	177	127	50	100,0	71,8	28,2

Se observa que la proporción de polinizadores primarios tiende a disminuir conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar. El coeficiente de correlación lineal entre la altura sobre el nivel del mar y la proporción de polinizadores primarios da un valor de $-0,36$, que, al ser probado con el fin de determinar si podía ser debido al azar, resultó altamente significativo. Así, mientras que a alturas menores de 500 m la casi totalidad de los polinizadores fueron catalogados como primarios, por encima de 1500 m casi un 30% de los ejemplares recolectados pertenecen a las especies consideradas como polinizadores secundarios. Debe indicarse que las chayoterías localizadas por encima de 1500 m, que muestran las proporciones más altas de polinizadores secundarios, se ubican en la vertiente del Atlántico del país. Por consiguiente, podría existir una asociación entre la cantidad de lluvia y el tipo de polinizadores, que no fue factible investigar debido a la escasez de plantas.

CUADRO 6

Promedio por sitio de polinizadores primarios y secundarios, según altura sobre el nivel del mar

Altura (m)	Total	Primarios	Secundarios
0-499	16,4	15,9	0,4
500-999	44,8	41,7	3,1
1000-1499	24,7	20,5	4,2
1500-1999	22,1	15,9	6,2

Al comparar los Cuadros 4 y 5, se ve que el número total de polinizadores en los 19 sitios entre 500 y 999 m (851 especímenes en total), es comparativamente muy elevado. Esto podría indicar un efecto de la altitud sobre la frecuencia de polinizadores, por lo que se decidió calcular el número promedio por sitio, es decir, por chayotería, aunque el número total de polinizadores existentes en una determinada chayotería en un momento dado depende de un sinnúmero de factores, entre los que podría contarse la altitud. El tamaño de la chayotería podría incidir fuertemente sobre el número de polinizadores. Sin embargo, aunque no se recogió información acerca de la superficie total de cada una de las chayoterías, las mediciones disponibles indicaron poca variabilidad en el área. Sólo se detectó los casos de dos chayoterías de gran tamaño (ambas en el Valle de

Ujarrás, a 1000 m) que como era de esperar dieron un muy elevado número de polinizadores. Con el fin de eliminar la posible distorsión originada por esas dos chayoterías, el cálculo de los números medios que se presenta en el Cuadro 6, se efectuó sin tomarlas en consideración, es decir, con base en sólo 76 sitios.

El cuadro anterior indica que la mayor frecuencia de polinizadores se observa entre 500 y 999 m (44,8 polinizadores en promedio) y la menor frecuencia en los sitios ubicados a baja altitud. Esta tendencia se debe totalmente a la distribución de los polinizadores primarios, ya que los secundarios muestran una distribución muy distinta: por debajo de 500 m son casi inexistentes y se hacen cada vez más frecuentes conforme aumenta la altitud. En resumen, a baja altura sobre el nivel del mar, la cantidad de polinizadores primarios se reduce y no se nota sustitución por polinizadores secundarios. Por encima de 1500 m, en cambio, aunque el número de polinizadores primarios es también reducido, se nota una clara tendencia a la sustitución por polinizadores secundarios.

Distribución de los polinizadores primarios según especie: Debido al predominio de los polinizadores primarios sobre los secundarios, se ha creído conveniente analizar el efecto de la altitud sobre las distintas especies que se incluyen dentro de los polinizadores primarios. Se considera como polinizadores primarios a todas las especies de melipóneos incluidas en el género *Trigona*. En el presente estudio se encontró representantes de 28 especies, pero sólo unas pocas en cantidades significativas. El análisis se hizo únicamente para las cuatro especies más abundantes, *Trigona corvina*, *T. cupira*, *T. fulviventris* y *T. fuscipennis*. La distribución de los polinizadores a distintas altitudes según especie, se incluye en el Cuadro 7.

La altura sobre el nivel del mar no parece afectar a las distintas especies de trigonas de manera uniforme. Así, *Trigona cupira*, poco observada por debajo de 500 m (sólo 5,6% de los polinizadores recolectados a esta altura pertenecían a esa especie), llega a ser dominante por encima de 1000 m (48% de los individuos recolectados entre 1000 y 1499 m y 52% de los recogidos por encima de 1500 m). *T. corvina*, en cambio, es la especie más frecuente por debajo de 1000 m, pero su predominio es

CUADRO 7

Distribución de los polinizadores primarios según especie y altura sobre el nivel del mar (valores absolutos y relativos)

Valores absolutos						
Altura (m)	<i>T. corvina</i>	<i>T. cupira</i>	<i>T. fulviventris</i>	<i>T. fuscipennis</i>	Otras	Total
Total	545	562	154	107	431	1799
0-499	101	24	91	92	122	430
500-999	307	256	24	15	190	792
1000-1499	114	216	14	-	106	450
1500 y más	23	66	25	-	13	127

Valores relativos						
Altura (m)	<i>T. corvina</i>	<i>T. cupira</i>	<i>T. fulviventris</i>	<i>T. fuscipennis</i>	Otras	Total
Total	-	-	-	-	-	100,0
0-499	23,5	5,6	21,1	21,4	28,4	100,0
500-999	38,8	32,3	3,0	1,9	24,0	100,0
1000-1499	25,3	48,0	3,1	-	23,6	100,0
1500 y más	18,1	52,0	19,7	-	10,2	100,0

mayor en la franja intermedia entre 500 y 999 m (casi 40% de los especímenes de trigonas recolectados). Entre 500 y 999 m, sólo *T. cupira* parece competir fuertemente con *T. corvina*, mientras que por debajo de 500 m *T. fulviventris* y *T. fuscipennis* son casi tan frecuentes como *T. corvina*, a más de ser muy elevada la proporción de otras especies. Por último *T. fuscipennis* se concentra únicamente en las áreas bajas, y *T. fulviventris* tiene una distribución muy particular, ya que presenta frecuencias elevadas tanto en las zonas bajas como en las de mayor altitud, y es comparativamente poco frecuente en altitudes intermedias (500 a 1499 m). En el Cuadro 6, se observa un muy elevado número medio de polinizadores primarios entre 500 y 1000 m y se llega a la conclusión que el efecto de la altitud podría ser más claramente determinado mediante el cálculo del promedio de individuos por sitio de cada especie de *Trigona* en las distintas alturas. Los resultados obtenidos se incluyen en el Cuadro 8.

En este cuadro se ve que aunque la importancia relativa de *T. cupira* va aumentando en forma continua al ser mayor la altitud (Cuadro 7), la especie es más frecuente entre 500 y 1000 m que a mayor altura. A su vez, *T. corvina* parece ser muy poco frecuente tanto por debajo de 500 como por encima de 1500 m y muy

abundante entre 500 y los 1000 m. Puede observarse además, que *T. fuscipennis* puede ser caracterizada como una especie de baja altura y *T. fulviventris* como especie de altitudes extremas (Cuadro 7). Por último, las restantes especies de trigonas* resultan ser más frecuentes entre 500 y 999 m, pese a que son proporcionalmente más abundantes (Cuadro 7) por debajo de 500 m.

En resumen, a alturas inferiores a 500 m, hay un reducido número medio de polinizadores primarios por sitio (15,9), pese a que se observa la mayor diversificación de especies: *T. corvina*, *T. fulviventris* y *T. fuscipennis* son casi

* Aunque no se hizo análisis específico de las 24 especies incluidas en el grupo de "otras", existen algunos resultados generales que se incluyen a continuación:

- a) Por encima de 1500 m, el grupo de "otras" está constituido casi enteramente por especímenes de *Trigona jaty*, especie que se localizó en todos niveles.
- b) *T. leucogastra* es muy frecuente entre 1000 y 1500 m, superando en frecuencia a *T. fulviventris*.
- c) *T. pectoralis* es bastante frecuente por debajo de 1000 m, de tal forma que, por debajo de 500 m, supera en importancia a *T. cupira*. También *T. jaty* resulta más frecuente que *T. cupira* a esta altura.

CUADRO 8

Número medio de polinizadores primarios por sitio según especie y altura sobre el nivel del mar

Altura (m)	Total	<i>Trigona corvina</i>	<i>T. cupira</i>	<i>T. fulviventris</i>	<i>T. fuscipennis</i>	Otras
0-499	15,9	3,7	0,9	3,4	3,4	4,5
500-999	41,8	16,2	13,5	1,3	0,8	10,0
1000-1499	20,5	5,2	9,8	0,6	0,0	4,9
1500-1999	15,9	2,9	8,2	3,2	0,0	1,6

igualmente abundantes y la proporción de otras especies es muy elevada.

Entre 500 y 999 m el número de polinizadores alcanza su máximo pero la diversificación es menor que por debajo de 500 m, pues aunque *T. cupira* (casi inexistente a baja altura) llega a ser abundante; *T. fulviventris* y *T. fuscipennis* se vuelven especies poco frecuentes. Por último, por encima de 1000 m, el número medio de polinizadores disminuye marcadamente y *T. cupira* se convierte en la especie dominante, sustituyendo a *T. corvina* que pasa a ocupar el segundo lugar entre 1000 y 1499 m y el tercero (el segundo lo ocupa *T. fulviventris*)* por encima de 1500 m.

AGRADECIMIENTOS

La Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica asignó los fondos necesarios para este proyecto. Los señores Ing. Rodolfo Paniagua y Ramón Luis Bolaños colaboraron en el trabajo de campo. Los biólogos Luis Diego Gómez del Museo Nacional, Luis Fernando Jirón y Luis A. Fournier de la Universidad de Costa Rica, leyeron el manuscrito y ofrecieron valiosas sugerencias. El señor Francisco Marín aportó valiosas ideas y ayudó en el montaje del manuscrito. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

Los insectos polinizadores del chayote (*Sechium edule*) se dividen en primarios y

secundarios según la abundancia y eficacia para recolectar polen. De las 55 especies de insectos que se atraparon en todo el territorio de Costa Rica, desde el nivel del mar hasta 2000 m polinizando chayote, 28 son abejas melipónidas primarias del género *Trigona* (Familia Apidae); el resto son polinizadores secundarios: 15 avispas de la Familia Vespidae, cinco especies de Halictidae, tres de la Familia Anthophoridae y cuatro de la Familia Apidae. La proporción de polinizadores primarios tiende a disminuir conforme aumenta la altura; casi la totalidad de ellos fueron recolectados por debajo de 500 m. Un 30% de los polinizadores secundarios fue obtenido por encima de 1500m y a esta altura se obtuvo sus proporciones más altas.

La mayor frecuencia de polinizadores se observó entre 500 y 999 m (44,8 polinizadores en promedio) y la menor frecuencia en las zonas bajas.

Entre los polinizadores, los cuatro más abundantes fueron: *Trigona (Trigona) corvina*, *T. (Partamona) cupira*, *T. (Trigona) fulviventris* y *T. (Trigona) fuscipennis*, siendo las dos primeras las mejores polinizadoras y las más abundantes entre 500 y 1000 m, coincidiendo con las mejores chayoteras de Costa Rica. *T. fuscipennis* se concentra únicamente en las áreas bajas, por lo que esta abeja es la mejor polinizadora en estas zonas. *T. fulviventris*, con una distribución muy particular, presenta frecuencias elevadas tanto en las áreas bajas como en las de mayor altitud, y es comparativamente poco frecuente en alturas intermedias (500 a 1499 m). Por ser esta especie poco agresiva es muy afectada por la competencia de *T. corvina* y *T. cupira*.

* El hecho de que *T. fulviventris* sea poco frecuente entre 500 y 1499 m parece deberse a que se trata de una especie poco agresiva que se ve muy afectada por la competencia de *T. corvina*.

REFERENCIAS

Free, J.B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press, London, 313 p.

Gagini, C. 1970. Diccionario de costarriqueñismos. Editorial Costa Rica, San José, Costa Rica, 243 p.

León, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Textos y Materiales de Enseñanza No. 18. San José, Costa Rica, 487 p.

Tristán, J.F., & E. Tristán. 1931. Bau und Bestäubung der Blüte von *Sechium edule* Sw. Biol. Gen., 7:335-344.