

EVALUACION BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO DE SEMILLAS MUCILAGINOSAS DE OCHO ESPECIES DE PLANTAS TROPICALES COMO CONTROL BIOLÓGICO DE LARVAS DE MOSQUITO *Culex corniger* (Diptera: Culicidae)

Roberto Gallardo Loría*

Se evalúa el porcentaje de atrapamiento y retención larval de *Salvia hispanica*, *Hyptis pectinata*, *Salvia alabajaca*, *Lepidium costaricense*, *Plantago major*, *P. australis*, *Guazuma ulmifolia* y *Nicandra physaloides* sobre larvas de *Culex corniger* de 2º y 3º estadio. Los ensayos de laboratorio de las semillas mucilaginosas de *Hyptis pectinata* (97,50 %), *Lepidium costaricense* (78,75%) y *Salvia hispanica* (65,0%) indican que son las mejores opciones, dentro de las especies evaluadas, para el control biológico de larvas de *Culex corniger*. Se determina mediante varios factores que el contenido de celulosa del mucílago de las semillas explica el atrapamiento y retención diferencial en las distintas especies evaluadas. Se sugiere el uso de las semillas mucilaginosas tratadas térmicamente como una posibilidad para el control de larvas de mosquitos, mecanismo que puede ser utilizado de forma combinada con otros sistemas de control sobre reservorios de agua de bajo volumen y que da una nueva aplicación a una función biológica de plantas consideradas como malezas.

INTRODUCCION

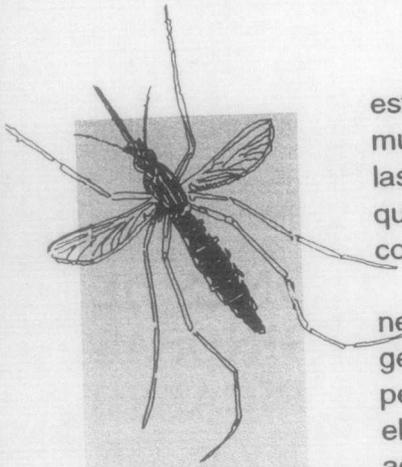
El exceso en la aplicación de insecticidas y plaguicidas en general, es uno de

los factores que más contribuye a la contaminación ambiental. La toma de conciencia en ámbito latinoamericano respecto a este problema, ha estimulado la investigación de opciones diferentes al uso de plaguicidas sintéticos. Una de estas posibilidades es el uso de la propiedad de viscosidad del mucílago de las semillas de algunas especies de plantas.

Reeves y García (1969) sugieren un potencial importante en el uso de semillas mucilaginosas para el control biológico de larvas de mosquitos. Observaron que las larvas son atraídas por las partículas que se acumulan en la periferia del mucílago de ciertas semillas. Al ponerse en contacto con el mucílago, son retenidas y en consecuencia mueren, debido al ahogo, agotamiento y otras formas de tensión.

Barber *et al.* (1974) determinan una correlación entre el atrapamiento y el contenido de celulosa del mucílago. A mayor contenido de celulosa el atrapamiento es más efectivo, en vista de que los peines bucales se enrollan en las unidades de celulosa. Page y Barber (1975) encuentran en las semillas mucilaginosas la presencia de quimio-atractivos y

* Biólogo. Profesor en el Departamento de Ciencias de la Sede Regional de San Carlos. Instituto Tecnológico de Costa Rica.



establecen que no hay diferencia entre los mucílagos que atrapan larvas de los que no las atrapan, respecto a la presencia de quimio-atractivos, aunque no determinan la composición de estos atrayentes.

Supavarn *et al.* (1974) hacen ver la necesidad de reducir a cero el porcentaje de germinación de la semilla para que permanezca por un período prolongado en el agua con el mucílago sin germinar, acción que logra mediante el calentamiento de las semillas a 121°C por 20 minutos, sin modificar los efectos deseados. Posteriormente, Supavarn *et al.* (1976) informan de casos en que la larva es atrapada pero no muere y lo explican por varios factores como la diversidad de propiedades de retención de los mucílagos, el tamaño de la semilla en relación con el volumen de mucílago, la flotabilidad de la semilla y el estado de desarrollo larval. Luego, Barber *et al.* (1987) establecen, mediante pruebas de campo, la existencia de distintos factores que pueden afectar el atrapamiento larval, como: períodos prolongados de inmersión, remojo secuencial, pH del agua y muerte del embrión.

Esau (1977) establece que los objetivos biológicos de la producción de mucílago en las semillas de ciertas plantas son la dispersión, la regulación de la germinación y la protección del embrión en desarrollo.

El mucílago producido en las semillas de algunas especies puede ejercer un control biológico natural sobre larvas de mosquitos; propiedad que puede ser manipulada por el hombre y convertida en un medio de control biológico aplicado de gran eficiencia, susceptible de ser utilizado en forma combinada con otros sistemas de control (culturales, químicos y biológicos) sobre reservorios de agua de bajo volumen, como bebederos para animales, piscinas en abandono, floreros, cocos y otros recipientes orgánicos e inorgánicos.

De acuerdo con la literatura consultada (Reeves y García (1969),

Supavarn *et al.* (1976), Eshita *et al.* (1978), Sharma y Wattal (1979) y Sharma y Wattal (1982)), se ha descrito el potencial como recurso para el control biológico aplicado, bajo condiciones de laboratorio, de las semillas de 19 especies de plantas de las familias Cruciferae y Labiatae, con porcentajes de mortalidad superiores al 70% sobre 5 especies de mosquitos: *Aedes aegypti*, *Anopheles albopictus*, *Culex quiquefaciatus*, *Culex peausy* y *Culex tarsalis* y 57 especies de plantas pertenecientes a Labiatae, Cruciferae, Acanthaceae, Convolvulaceae, Paleomoniaceae, Plantaginaceae, Linaceae y Leguminosae con porcentajes de mortalidad inferiores al 70% sobre 4 especies de mosquitos: *Aedes aegypti*, *Culex quiquefaciatus*, *Anopheles albopictus* y *A. p. fatigans*.

Este artículo analiza los resultados de la evaluación de la eficiencia de las semillas mucilaginosas de ocho especies de plantas neotropicales en el control biológico aplicado, sobre larvas del mosquito *Culex corniger*.

MATERIALES Y METODOS

Las semillas utilizadas pertenecen a 5 familias: Labiatae, *Salvia hispanica* Oerst (nombre vulgar --NV--: salvia), *Hypochaeris pectinata* Poit (NV: falso chan), *Salvia albahaca* Oerst (NV: albahaca cimarrona); Cruciferae, *Lepidium costaricense* Thell (NV: mastuerzo o lentejilla); Plantaginaceae, *Plantago major* Lam (NV: yantén), *Plantago australis* Lam (NV: yantén); Sterculiaceae, *Guazuma ulmifolia* H.B.K. (NV: guácimo); Solanaceae, *Nicandra physaloides* Goert (NV: farolillo o tomatillo). La colecta de *Salvia hispanica* y *Guazuma ulmifolia* se llevó a cabo en la Región Huetar Norte de Costa Rica, localizada, de acuerdo con Tosi (1969), en la zona de vida de Bosque Tropical Húmedo. El resto de las especies se localizaron en la Meseta Central



categorizada como Bosque Húmedo Premontano. El principal criterio de selección de las especies es la producción de mucílago en la semilla y la reputación como especies de malezas en distintos agroecosistemas, exceptuando de esta última condición a *Guazuma ulmifolia*.

Todas las especies de plantas fueron evaluadas paralelamente con embriones muertos y embriones vivos, para lo cual el 50% de las semillas de cada especie fueron sometidas a 120°C por 20 minutos en estufa de laboratorio. La eficiencia en el atrapamiento del mucílago de las semillas fue evaluado sobre larvas del mosquito *Culex corniger* en segundo y tercer estadio larval. Las larvas no fueron alimentadas durante las pruebas y fueron mantenidas en agua pura entre 26 y 28°C a pH 6,5.

Las pruebas se analizaron por medio de un diseño irrestricto al azar con 4 repeticiones y 16 tratamientos (arreglo factorial 8 especies x 2 estados del embrión) y como comparador de medias de tratamiento se empleó la prueba de Duncan. En los casos en que se presentaron diferentes períodos de observación fue usado un diseño de parcelas divididas, con los 16 tratamientos en la parcela pequeña (especie x estado) y en la parcela grande el factor tiempo de evaluación, con 4 repeticiones.

Observaciones de las semillas

El volumen de la semilla se determinó por desplazamiento de agua en buretas de 50 ml y pipetas de 5 ml, dependiendo del tamaño aparente de las semillas. La flotabilidad se estableció por conteo directo de semillas en dos zonas de la columna de agua (fondo y superficie) en observaciones a las 0, 12, 24 y 32 horas. Para ello se colocaron 50 semillas de cada especie en frascos de precipitado que contenían 40 ml de agua destilada. El porcentaje de

germinación y el período de pregerminación de las semillas en inmersión fue determinado por observaciones cada 24 horas, durante 20 días, de 50 semillas de cada especie colocadas en frascos de precipitado de 50 ml que contenían 40 ml de agua destilada. Como grupo control se sembraron las semillas de las ocho especies y dos estados del embrión sobre papel de filtro en placas de Petri con remojo por goteo.

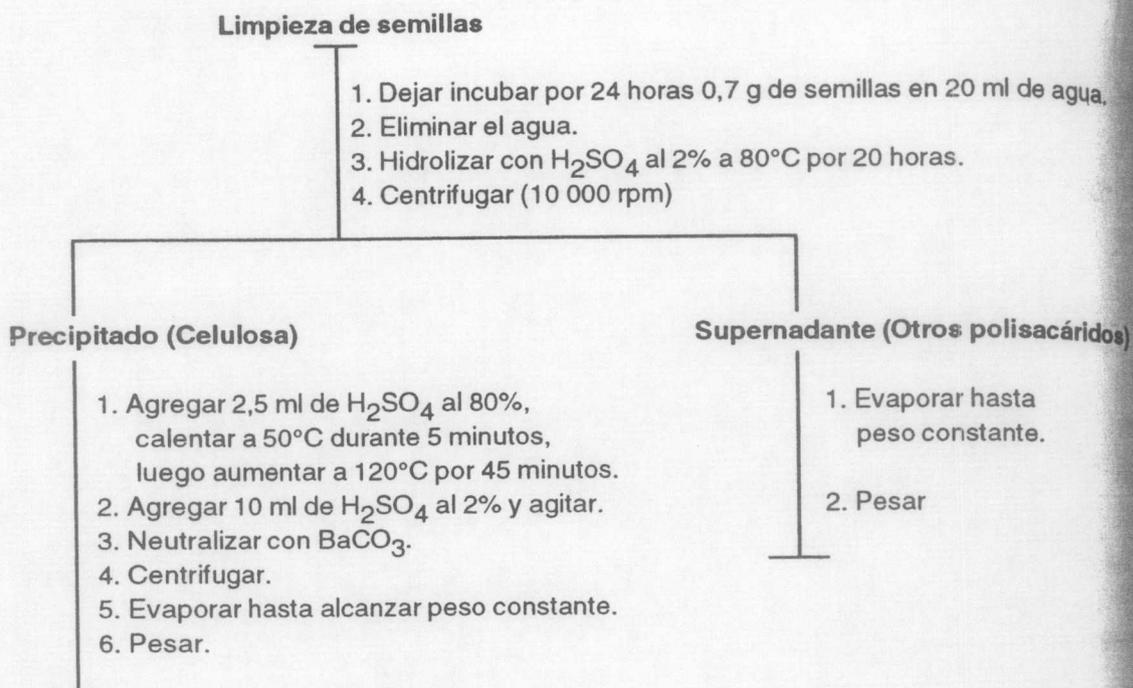
Observaciones del mucílago de las semillas

La producción de mucílago de las semillas, de las ocho especies seleccionadas, se evaluó por desplazamiento de agua en buretas de 50 ml y pipetas de 5 ml, luego de un período de incubación de 24 horas, en frascos de precipitado de 50 ml con agua destilada. El porcentaje de atracción larval fue determinado por el método de Page y Barber (1975) y el contenido de celulosa del mucílago por una modificación al método de Barber *et al*, 1974 (Figura 1).

Atrapamiento larval

Las semillas de las ocho especies de plantas en los dos estados del embrión, fueron evaluadas con larvas, en pruebas por separado. Se tomaron 20 semillas de cada especie y se introdujeron en cuatro frascos de 20 x 150 mm con 10 larvas en 20 ml de agua no clorinada, en cuatro repeticiones. Los viales se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio durante 24 horas y se determinó el número de larvas atrapadas y el porcentaje de mortalidad por especie y estado del embrión. Paralelamente se tuvo un control para cada ensayo bajo las mismas condiciones exceptuando la presencia de semillas.

FIGURA 1.
Procedimiento de
análisis del
contenido de
celulosa
del mucílago de
semillas
(Modificación de
Barber et al.,
1974).



Retención larval

La metodología fue la misma que para el atrapamiento larval, excepto que la capacidad de retención larval fue determinada mediante el número de larvas atrapadas a las 12, 24, 32 y 48 horas. Durante ese tiempo, las larvas no fueron alimentadas. Paralelamente se tuvo un cultivo larval control para evaluar la mortalidad natural, es decir la no debida a efectos del atrapamiento, al cual se le aplicó la fórmula de Abbott (1925).

RESULTADOS

Datos volumétricos

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre el volumen de las semillas de las ocho especies de plantas y el volumen de mucílago producido por éstas. El volumen total determinado es diferente entre las distintas especies de

plantas sin que afecte el estado del embrión, ya que no se encontraron diferencias significativas entre estados del embrión (Cuadro 1).

El volumen de mucílago producido muestra una relación directa con el volumen de la semilla en *Guazuma ulmifolia*, *Hyptis pectinata*, *Salvia albahaca* y *Salvia hispanica*, pero en *Lepidium costaricense*, *Plantago australis*, *Nicandra physaloides* y *Plantago major* el volumen del mucílago es mayor en relación con el de la semilla. El análisis de correlación entre volumen total y atrapamiento durante las cuatro observaciones no mostró significancia.

De acuerdo con el volumen de las semillas se observaron dos mecanismos en el atrapamiento larval. En uno de los casos, la semilla presenta un gran volumen y una baja flotabilidad, por tanto la larva se fija a la semilla mucilaginosas en el fondo del recipiente, tal y como sucede en *Salvia albahaca* y *Salvia hispanica*.

CUADRO 1. Volumen promedio (mm^3) de la semilla, mucílago y del volumen total de ocho especies de plantas.

Especie	Volumen de semilla	Volumen de mucílago	Volumen total (sem+muc)
<i>H. pectinata</i>	0,05	0,53	0,58
<i>S. hispanica</i>	3,66	17,17	20,83
<i>L. costaricense</i>	0,78	8,61	9,39
<i>P. australis</i>	0,41	4,19	4,60
<i>S. alabajaca</i>	1,33	8,56	9,89
<i>P. major</i>	0,09	0,83	0,92
<i>K. physaloides</i>	0,27	0,89	1,16
<i>G. ulmifolia</i>	5,16	24,67	29,83

Lepidium costaricense y *Plantago australis*. El otro tipo se presenta cuando la semilla tiene un bajo volumen y alta flotabilidad, por tanto, la larva se adhiere a la semilla y tiene la posibilidad de desplazamiento en el volumen de agua. *Hyptis pectinata* fue la única especie que mostró este último mecanismo de atrapamiento larval.

Flotabilidad

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la capacidad de flotación de las diferentes semillas durante las cuatro observaciones, donde el porcentaje de flotabilidad para *Hyptis pectinata* osciló, durante las cuatro observaciones de 37% a 58% y para *Salvia alabajaca* de 36% a 53,5%. Estas dos especies mostraron los más altos porcentajes de flotabilidad, el resto de especies se mantuvo muy próximo al 0%.

El estudio de flotabilidad en estados diferentes del embrión presentó una diferencia significativa durante las cuatro

observaciones. Se determinó que *Hyptis pectinata* y *Salvia alabajaca* presentan diferencias significativas entre ambos estados del embrión, se obtuvo una diferencia en la flotabilidad promedio a favor del estado inactivo de 9% y 19% respectivamente (Cuadro 2). El análisis de correlación entre el promedio de flotabilidad de cada especie y el atrapamiento durante las cuatro observaciones no mostró significancia.

Germinación

El Cuadro 3 presenta los resultados obtenidos en las pruebas de germinación de las ocho especies de plantas evaluadas. Las especies *Salvia hispanica* y *Lepidium costaricense* manifestaron el más alto porcentaje de germinación tanto en inmersión (29% y 37%), como sobre papel de filtro (16% y 40%) respectivamente. *Salvia alabajaca* y *Plantago australis* no presentaron germinación durante los veinte días de observación. La mayor parte de las especies vieron favorecido el porcentaje de germinación con el tratamiento de inmersión. *Salvia hispanica* aumentó su germinación en inmersión en un 45%. Las pruebas demostraron que el tratamiento térmico de las semillas eliminó la germinación de las ocho especies.

El menor período pregerminativo observado correspondió a *Lepidium costaricense* el que a partir del segundo día de siembra, inició la germinación tanto en inmersión como en papel de filtro y el más alto fue el de *Guazuma ulmifolia* bajo inmersión (doce días). El análisis de correlación entre el porcentaje promedio de germinación de cada especie y el atrapamiento durante las cuatro observaciones no mostró significancia ($\delta=0,05$).

CUADRO 2. Porcentaje promedio de flotabilidad de las semillas de ocho especies de plantas mucilaginosas con embriones activos e inactivos, durante cuatro observaciones.

Especie	Estado del embrión	% de flotabilidad			
		0 horas	12 horas	24 horas	32 horas
<i>H. pectinata</i>	Activo	66,0	48,0	40,0	40,0
	Inactivo	50,0	41,0	34,0	34,0
<i>S. hispanica</i>	Activo	2,0	0,0	2,0	2,0
	Inactivo	3,0	2,0	0,0	0,0
<i>L. costaricense</i>	Activo	3,0	3,0	1,0	1,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. australis</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. albacaja</i>	Activo	62,0	53,0	46,0	44,0
	Inactivo	45,0	28,0	28,0	28,0
<i>P. major</i>	Activo	6,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	12,0	28,0	3,0	0,0
<i>N. physaloides</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	5,0	1,0	1,0	1,0
<i>G. ulmifolia</i>	Activo	1,0	1,0	1,0	1,0
	Inactivo	1,0	1,0	0,0	0,0

Atracción larval

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre las especies de semillas respecto al porcentaje de atracción, así como tampoco entre estados

del embrión. Los porcentajes de atracción de las ocho especies evaluadas oscilaron de 72% a 82% y el grupo control presentó un 40% de larvas en zonas de atracción (Cuadro 4). El análisis de correlación entre el porcentaje promedio de atracción larval

CUADRO 3. Período pregerminativo y porcentaje de germinación en papel de filtro e inmersión, a 25 días, de ocho especies de plantas productoras de semillas mucilaginosas.

Especie	Trat. inmersión		Trat. papel filtro	
	% Germin.	Período Pregerm. (días)	% Germinac.	Período Pregerm. (días)
<i>H. pectinata</i>	3	8	2	7
<i>S. hispanica</i>	29	5	16	3
<i>L. costaricense</i>	37	2	40	2
<i>P. australis</i>	0	—	0	—
<i>S. albacaja</i>	0	—	0	—
<i>P. major</i>	2	9	0	7
<i>N. physaloides</i>	3	6	2	0
<i>G. ulmifolia</i>	2	12	0	—

de cada especie y el atrapamiento durante las cuatro observaciones no mostró significancia.

Contenido de celulosa en el mucílago

El análisis de varianza mostró una diferencia altamente significativa entre el contenido de celulosa del mucílago de las ocho especies evaluadas. El estado del embrión no presentó diferencias significativas. Las especies de mayor contenido de celulosa fueron *Hyptis pectinata*, *Salvia hispanica* y *Lepidium costaricense* con 31,60%, 29,91% y 29,37% respectivamente. Las especies restantes presentaron contenidos de celulosa inferiores al 17,65% hasta 7,44% en *Guazuma ulmifolia* (Cuadro 5). El análisis de correlación entre

el porcentaje promedio de celulosa en el mucílago de las semillas de cada especie y el atrapamiento mostró una alta significancia ($\delta = 0,01$) con porcentajes de 92,43%, 93,65%, 93,35% y 92,31% en las cuatro observaciones respectivamente.

Atrapamiento larval

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las distintas especies de semillas en cuanto al porcentaje de atrapamiento larval a las 24 horas. El Cuadro 6 muestra que las únicas tres especies de plantas que presentaron atrapamiento fueron *Salvia hispanica*, *Lepidium costaricense* e *Hyptis pectinata* cuyos promedios fueron 65,00%, 78,75% y 97,50% respectivamente. Esta última

CUADRO 4. Porcentaje promedio de la atracción larval de *Culex corniger* por semillas mucilaginosas de ocho especies de plantas con embriones activos e inactivos, incubadas durante 2 horas, bajo el método Page y Barber (1975).

Especie	Estado del embrión	Porcentaje de larvas por zona					porcentaje de atracción
		+2	+1	0	-1	-2	
<i>H. pectinata</i>	Activo	46	34	5	9	6	80,00
	Inactivo	48	31	7	7	7	79,00
<i>S. hispanica</i>	Activo	53	27	6	6	8	80,00
	Inactivo	52	28	8	9	3	80,00
<i>L. costaricense</i>	Activo	53	24	9	8	6	77,00
	Inactivo	55	22	10	6	7	77,00
<i>G. australis</i>	Activo	56	22	16	4	2	78,00
	Inactivo	54	20	19	3	4	74,00
<i>S. tabajaca</i>	Activo	50	30	6	8	6	80,00
	Inactivo	49	27	9	7	8	76,00
<i>P. major</i>	Activo	51	29	11	6	3	80,00
	Inactivo	53	26	13	3	5	79,00
<i>L. physaloides</i>	Activo	57	25	8	8	2	82,00
	Inactivo	55	26	10	5	4	81,00
<i>G. ulmifolia</i>	Activo	46	26	13	10	5	72,00
	Inactivo	47	27	12	8	6	74,00
Control		22	18	19	20	21	40,00

1 gramo de semilla en 350 ml de agua desionizada y 100 larvas.

CUADRO 5. Contenido porcentual promedio de celulosa del mucílago de las semillas de ocho especies de plantas.

Especie	Porcentaje de celulosa
<i>H. pectinata</i>	31,60
<i>S. hispanica</i>	29,91
<i>L. costaricense</i>	29,37
<i>P. australis</i>	17,65
<i>S. albijaca</i>	17,32
<i>P. major</i>	12,55
<i>N. phisaloides</i>	10,51
<i>G. ulmifolia</i>	7,44

presentó un atrapamiento entre 1 y 4 larvas por semilla y las otras dos especies entre 1 y 8 larvas por semilla.

Retención larval

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas en el tiempo y durante cuatro observaciones entre las ocho especies de semillas ensayadas. La especie que presentó el más alto porcentaje de atrapamiento durante las cuatro observaciones fue *Hyptis pectinata*, le siguen *Lepidium costaricense* y *Salvia hispanica*.

El Cuadro 6 muestra que *Hyptis pectinata* y *Lepidium costaricense* manifiestan un atrapamiento ascendente durante las cuatro observaciones y *Salvia hispanica* presentó un ligero descenso en la última observación. *Plantago australis* manifiesta un porcentaje leve (10%) de atrapamiento a partir de la observación de las cuarenta y ocho horas.

Las evaluaciones mostraron porcentajes de mortalidad natural (no debida al

atrapamiento) de las larvas de *C. cornigera* expuestas a las semillas de las ocho plantas, que variaron entre 0% y 10% donde el grupo control presentó una mortalidad máxima corregida de 3,5% a las 48 horas (Cuadro 7). El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas en la mortalidad entre las especies en las observaciones de 12, 24 y 32 horas. Pero en la observación de 48 horas se presentó una diferencia significativa entre las especies.

El porcentaje de mortalidad por observación en relación con el estado del embrión no mostró diferencias estadísticas. El estudio de la influencia del estado del embrión respecto al atrapamiento y retención larval no mostró diferencias significativas. Dicho comportamiento se mantuvo hasta la evaluación final, realizada a las 48 horas.

DISCUSION

El estudio de los volúmenes de mucílago mostró una gran diferencia entre la producción de cada especie pero no se encontró relación de éste con el atrapamiento o la retención larval, aunque físicamente el volumen total podría ejercer bajo condiciones de campo o simulaciones, un atrayente visual para las larvas, debido a los detritos y microorganismos que se acumularían en la superficie del mucílago. Reeves y García (1969) mencionan que, en ensayos de laboratorio donde las larvas son alimentadas, luego de cada momento de alimentación aumenta el atrapamiento larval, lo que hace suponer que sobre el mucílago se acumulan partículas que atraen a las larvas.

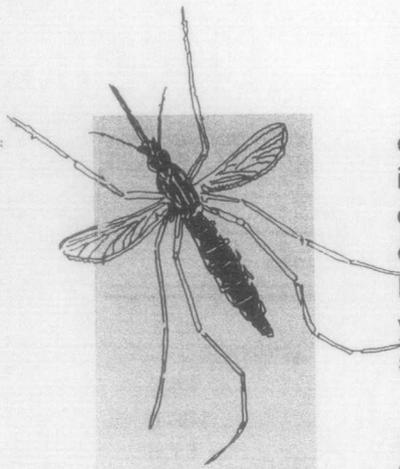
Las semillas de *Hyptis pectinata* presentan el más bajo volumen de mucílago que explican su alta flotabilidad.

CUADRO 6. Porcentajes de atrapamiento larval de *Culex corniger* en prueba de retención por semillas de ocho especies de plantas mucilaginosas en dos estados del embrión.

Especie	Estado del embrión	Porcentaje de atrapamiento			
		12 h	24 h	32 h	48 h
<i>H. pectinata</i>	Activo	85,0	95,0	95,0	95,0
	Inactivo	87,5	100,0	100,0	100,0
<i>S. hispanica</i>	Activo	52,5	60,0	72,0	67,5
	Inactivo	62,5	70,0	80,0	67,5
<i>L. costaricense</i>	Activo	57,5	80,0	85,0	87,0
	Inactivo	70,0	77,5	92,5	95,0
<i>P. australis</i>	Activo	0,0	0,0	2,5	10,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	2,5
<i>S. albijaca</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	2,5	2,5
<i>P. major</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>N. physaloides</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>G. ulmifolia</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0

CUADRO 7. Mortalidad larval de *Culex corniger* no debida al atrapamiento en prueba de retención larval de semillas de ocho especies de plantas mucilaginosas en dos estados del embrión.

Especie	Estado del embrión	Porcentaje de mortalidad			
		12 h	24 h	32 h	48 h
<i>H. pectinata</i>	Activo	2,5	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	2,5	0,0	0,0	0,0
<i>S. hispanica</i>	Activo	0,0	2,5	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. costaricense</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. australis</i>	Activo	0,0	0,0	2,5	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	2,5	2,5
<i>S. albijaca</i>	Activo	0,0	2,5	0,0	2,5
	Inactivo	0,0	2,5	5,0	0,0
<i>P. major</i>	Activo	0,0	0,0	0,0	10,0
	Inactivo	2,5	2,5	0,0	5,0
<i>N. physaloides</i>	Activo	0,0	0,0	2,5	7,5
	Inactivo	2,5	0,0	7,5	5,0
<i>G. ulmifolia</i>	Activo	7,5	0,0	0,0	0,0
	Inactivo	0,0	0,0	2,5	0,0
Grupo control		0,0	3,5	5,0	8,0



en agua, causando la muerte larval por imposibilidad alimentaria. Este mecanismo de atrapamiento muestra un mayor grado de eficiencia en cuanto a la mortalidad larval, ya que la retención es mucho mayor y hay más dificultad para desprender la semilla de la región bucal.

Lepidium costaricense y *Salvia hispanica*, al mostrar semillas con volúmenes mayores, presentaron una flotabilidad baja, por tanto las larvas son atrapadas en el fondo del recipiente y la muerte se produce principalmente por inmersión. Este mecanismo de atrapamiento por semillas relativamente grandes hace que la retención larval disminuya en vista de que el movimiento de las larvas permite soltarse a algunas. Sen (1914) y Hangstrum y Mulla (1970), explican que la "mortalidad de la larva en inmersión en agua varía con la edad de la larva, teniendo la posibilidad de disminuir el consumo de oxígeno y los requerimientos nutricionales conforme es más vieja".

El conocimiento de los períodos de pregerminación permite determinar la necesidad o no, en las diferentes especies, de aplicar el tratamiento térmico. Debe tenerse un manejo cauteloso de este aspecto, en vista de que, aunque algunas especies presentaron porcentajes de germinación en inmersión de cero a los veinte días, puede que estén sujetas a períodos de latencia, los cuales son inmanejables para efectos prácticos.

Los resultados de las ocho especies de plantas evaluadas mostraron que todos los mucílago expuestos atraen a las larvas de *C. corniger*. Por tanto, no se observó una relación entre la presencia de atrayentes larvales y el porcentaje de atrapamiento y retención larval de las distintas semillas. Page y Barber (1975), mencionan que al suceder la absorción de agua por parte de las células de la testa de la semilla para producir el mucílago, se liberan sustancias al medio que atraen a las larvas.

Las pequeñas cantidades de celulosa en el mucílago de *Salvia alba*, *Plantago australis*, *Guazuma ulmifolia*, *Plantago major* y *Nicandra physaloides* y su escaso o nulo atrapamiento larval corroboran lo expuesto por Barber et al. (1974), quienes informan sobre la relación directamente proporcional existente entre el contenido de celulosa y el atrapamiento larval, (a mayor contenido de celulosa, mayor atrapamiento larval). El factor fundamental en el atrapamiento y retención larval fue el contenido de celulosa en el mucílago de las semillas. Las semillas de *Hyptis pectinata*, *Lepidium costaricense* y *Salvia hispanica* presentaron contenidos de celulosa relativamente altos y por ende altos porcentajes de atrapamiento, sugiriendo la posibilidad de que las larvas, al ser atraídas por las semillas, enreden los peines bucales en los filamentos de celulosa y por un efecto mecánico se ven imposibilitadas de soltarse y por tanto mueran.

Las semillas de las familias Cruciferae y Labiatae mostraron las mejores cualidades en el atrapamiento y retención larval, las de otras familias mostraron una importante producción de mucílago pero muy baja viscosidad, por tanto, las larvas pueden entrar en contacto con las semillas por largos períodos sin quedar atrapadas. Los ensayos de laboratorio sobre *Hyptis pectinata*, *Lepidium costaricense* y *Salvia hispanica* indican que son las mejores opciones, dentro de las especies evaluadas, para el control biológico de larvas de *Culex corniger*. La mejor respuesta en atrapamiento y retención larval se observó en *Hyptis pectinata*, la cual, conforme transcurrió el período de observación, aumentó su atrapamiento hasta llegar a 97,5% en la observación de 48 horas.



El tratamiento térmico de las semillas no afecta la producción de mucílago, el contenido de celulosa, ni el contenido de atrayentes larvales, motivo por el cual la capacidad de retención de las especies evaluadas no se vio afectada durante las cuatro observaciones. La única alteración producida fue una reducción en la flotabilidad de las semillas de *Hyptis pectinata* y *Salvia alabajaca*, aunque este hecho no produjo alteraciones en el atrapamiento larval o su retención.

Al no existir diferencias significativas en el atrapamiento larval entre los estados del embrión y al no presentarse germinación, el tratamiento térmico posibilita el uso de las semillas de una zona de vida en otra, eliminando la incertidumbre que genera la introducción de especies no nativas. Page y Barber (1975) y Suparvan *et al* (1974) sugieren la posibilidad de que las semillas exuden sustancias que resulten tóxicas para las larvas de manera que la mortalidad larval aumente por ese efecto. Al comparar los resultados de la evaluación de 24 horas de *Plantago major* y *Nicandra physaloides* con el resultado de mortalidad corregida del control respectivo, se muestra la posibilidad de que la semilla libere alguna sustancia que aumente la mortalidad larval. El resto de especies de semillas no produjeron un aumento significativo en la mortalidad natural de larvas.

Las semillas de *Hyptis pectinata* parecen ser la especie ideal para ser usada como recurso en el control biológico de larvas de *C. corniger*. La planta presenta aparentemente una alta producción de semillas, es considerada como una maleza y presenta porcentajes muy bajos de germinación en inmersión, sus semillas son pequeñas, de fácil manejo y alta flotabilidad, lo que disminuye la posibilidad de contaminación de la superficie del mucílago. Por último, *H. pectinata* presenta

un alto porcentaje de atrapamiento larval (97,5%) y consecuente mortalidad; cada semilla atrapa entre 1 y 4 larvas y actúa sobre cualquier edad larval debido al mecanismo de atrapamiento.

El uso de semillas mucilaginosas se presenta como una opción para el control de larvas de mosquitos en aguas poco profundas, abrevaderos de ganado, recipientes en cementerios y otros pequeños reservorios naturales o artificiales de agua. Es claro que bajo condiciones de campo, muchos factores pueden alterar la interacción larva-semilla disminuyendo la habilidad de atrapamiento del mucílago. Es importante realizar nuevas evaluaciones que exploren el efecto de diversos parámetros físicos y químicos, propios del ambiente natural, en la capacidad de atrapamiento y retención de larvas de culícidos. Esto puede efectuarse a través de simulaciones en laboratorio de las condiciones de campo y evaluaciones a campo abierto, con las semillas de *Hyptis pectinata*, *Lepidium costaricense* y *Salvia hispanica*, con métodos similares a los empleados por Eshita *et al* (1978), Novak (1979), Sharma y Wattal (1979, 1982), para determinar el grado de descomposición del mucílago en el tiempo y el grado de inactivación del mucílago por efecto de acumulación de partículas en suspensión o sustancias disueltas. También se debe continuar investigando para ampliar la gama de posibilidades de especies de plantas productoras de semillas mucilaginosas y su efecto sobre otros géneros y especies de larvas de mosquitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbot, W. 1925. *A method of computing the effectiveness of an insecticide*. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

- Barber, J.; Page, C.R. y Felsot, A.S. 1974. *Interactions between mosquito larvae and mucilaginous plant seeds I. Carbohydrate composition of mucilage in relation to entrapment of larvae.* **Mos. News.** 34 (4): 394-397.
- Barber, J.T.; Page, C.R.; Berger, A.I. y Hohenschutz, L.D. 1987. *Interaction between mosquito larvae and mucilaginous plant seeds III: Factors influencing attachment of larvae to seeds and their subsequent mortality.* **Mosq. News.** 36 (3) : 301-307.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of Seed Plants.** Editorial John Wiley and Sons, Inc. New York. 376 pp.
- Eshita, Y; Ito, H. y Kurihara, T. 1978. *Effects of some mucilaginous plant seeds on mosquito larvae as a biological control agent.* **JPN. J. SANIT. ZOOL.** Tokio, Japan. 29 (4) : 345-349.
- Hangstrum, D. and Mulla, S. 1970. **Simultaneous measurement of aerial and aquatic respiration and study of mode of action of petroleum oil.**
- Khan, M. y Saghir, S.W. 1974. *Effectiveness of some mucilaginous seeds as biological control agents for mosquito larvae.* Karachi, Pakistan. **PAK. J. SCI. IND. RES.** 17 (4/5) : 143-145.
- Novak, D. 1979. *Mixture of mucilaginous seeds for mosquito larvae control.* **Biologíá** (Bratislava). Checoslovakia. 34 (12) : 983-985.
- Page, C.R. y Barber, J.T. 1975. *Interactions between mosquito larvae and mucilaginous plant seeds II: Chemical attraction of larvae to seeds.* **Mosq. News.** 35 (1) : 47-54.
- Reeves, E.L. y Garcia, C. 1969. *Mucilaginous seeds of the Cruciferae family as potential biological control agents for mosquito larvae.* **Mosq. News.** 39 (4) : 604-607.
- Sen, S. 1914. *Observations on respirations of Culicidae.* **Indian J. Med. Res.:** 2. 681-692.
- Sharma, S.K. y Wattal, B.L. 1979. *Efficacy of some mucilaginous seed as biological control agent against mosquito larvae.* **J. Ent. Res.** 3 (2) : 172-176.
- Sharma, S.K. y Wattal, B.L. 1982. *Further studies on mosquito larvicidal of mucilaginous seeds.* **Ent. Res.,** 6 (2) : 159-165.
- Supavam, P; Knapp, F. y Sigafus, R. 1974. *Biologically active plant extracts for control of mosquito larvae.* **Mosq. News.** 31 (4) : 398-402.
- Supavam, P. Knapp, F. y Sigafus, R. 1976. *Investigation of mucilaginous seed as potential biological control agents against mosquito*