

Evaluación de atrayentes alimenticios para la captura de la mosca mexicana de la fruta (Diptera: Tephritidae) en el Soconusco, Chiapas, México

Eugenio Ríos¹
Jorge Toledo²
David Mota-Sanchez^{1,3}

RESUMEN. Se evaluaron 10 atrayentes comerciales nacionales e importados (proteínas hidrolizadas y levaduras usadas en la fabricación de alimentos) y tres subproductos naturales (fermentado de cáscara de piña, melaza de caña y agua azucarada) en trampas McPhail para la captura de adultos silvestres y estériles de *Anastrepha ludens* en huertos de cítricos y mango, en las condiciones ambientales de la región del Soconusco, Chiapas, México. La levadura *Torula*, el atrayente Bayer, la proteína hidrolizada sólida Prothidex, la levadura inactiva Azteca y la proteína hidrolizada Staley (SIB-7) fueron los atrayentes que registraron mayor captura de moscas silvestres y estériles en los tres experimentos. Algunas proteínas hidrolizadas sólidas y líquidas de fabricación nacional tuvieron una efectividad intermedia en la captura de dicha plaga. El fermentado de cáscara de piña, con un índice de captura intermedio, tiene potencial para ser utilizado por productores de escasos recursos debido a su bajo costo y disponibilidad. La proteína hidrolizada Bayer tuvo baja captura cuando fue evaluada en el huerto de cítricos, pero la captura incrementó cuando fue evaluada en los huertos de mango. En los tres experimentos, la melaza de caña fue el atrayente que tuvo menor captura de adultos de la plaga. El mejoramiento de algunos de estos productos abre una posibilidad de uso de menor costo para el monitoreo de poblaciones de moscas de la fruta, y también pueden ser utilizados en la preparación de mezclas de insecticidas-cebo para el control químico.

Palabras clave: *Anastrepha ludens*, atrayentes, captura, monitoreo, moscas de la fruta.

ABSTRACT. Evaluation of food attractants in the capture of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Soconusco, Chiapas, Mexico. McPhail traps baited with national and imported commercial food attractants (ten hydrolysed proteins and yeasts used in food manufacturing) and three natural byproducts including molasses, fermented pineapple peel, and sugar water were evaluated for their ability to capture native adults of the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* in citrus and mango orchards and sterile flies in another mango orchard. The orchards were located in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. The food attractants *Torula* yeast, Bayer protein, hydrolyzed protein (Prothidex), inactive yeast (Azteca), and the hydrolyzed protein Staley (SIB-7) were most effective in the capture of wild and sterile flies in citrus and mango orchards. Other solid and liquid national hydrolyzed proteins demonstrated intermediate efficiency in the capture of the Mexican fruit fly. Fermented pineapple peel, with an intermediate capture index, has great potential for poor farmers because of its low cost and high availability. In the citrus experiment the Bayer protein was a poor attractant of adult fruit flies. However, in both mango experiments the Bayer protein was a good fly attractant. In all experiments, molasses resulted in limited attraction of flies, perhaps due to the stock used in the experiments. Further improvement of fruit fly attraction of national hydrolyzed proteins in Latin American countries with a local food processing industry will allow the development of lower cost attractants for monitoring adults of the Mexican fruit fly and perhaps also the use of those proteins mixed with insecticides for the attract and kill technology. Pineapple juice could also be a bait option for small fruit producers.

Key words: *Anastrepha ludens*, attractants, capture, monitor, fruit flies.

¹ Dirección de Operaciones de Campo. Programa Moscamed, SAGARPA. Calle Central Poniente # 14, Tapachula, Chiapas, 30700 México.

² Departamento de Entomología Tropical. El Colegio de la Frontera Sur. Apartado Postal 36, Tapachula, Chiapas, 30700 México. jtoledo@tap-ecosur.edu.mx.

³ 206 CIPS and Department of Entomology. Michigan State University. East Lansing, MI 48824. EUA. motasanc@msu.edu

Introducción

La mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) constituye la principal plaga de varias especies de frutales en varios países del continente americano (Norrbom y Kim 1988, Hernández-Ortiz y Aluja 1993, Aluja 1994). En México, su presencia en los huertos provoca grandes pérdidas y limita en gran medida la comercialización de los productos por las estrictas medidas cuarentenarias que ejercen los países compradores de fruta (Enkerlin et ál. 1989, Aluja 1994, APHIS 1994), por lo que es necesario realizar acciones de manejo, con un enfoque integral, para garantizar la producción de fruta sana. Estas actividades se deben intensificar una vez que el monitoreo de adultos mediante trampas indica la presencia y abundancia de la plaga y cuando los niveles de su población ponen en riesgo la sanidad de la fruta (Aluja 1984, Aluja et ál. 1996).

La detección y el monitoreo de las poblaciones de adultos de moscas de la fruta en general, y específicamente de *A. ludens*, se realiza con trampas McPhail o multilure (también denominada "McPhail de plástico versión húmeda") cebadas con un atrayente líquido de tipo alimenticio (235 cc de agua, 10 cc de proteína hidrolizada y 5 g de bórax) (Gutiérrez et ál. 1992, Aluja et ál. 1996). Las proteínas hidrolizadas (Staley SIB-7, Atrayente Bayer, Nu-Lure, Captor 300, etc.) y levaduras [levadura torula (Torula-USA)] se han utilizado exitosamente para el monitoreo de diversas especies de moscas de la fruta (Aluja 1984, Frágenas et ál. 1996, Liedo 1997, IAEA 2003). Desafortunadamente, muchos de esos atrayentes son importados y de altos costos, lo que ocasiona que los fruticultores, principalmente aquellos de escasos recursos, se desalienten y decidan erróneamente no realizar actividades de monitoreo y control. Esta actitud no les permite llevar a cabo un manejo adecuado de la plaga, por lo que no pueden cumplir con los requisitos de sanidad exigidos para la movilización y comercialización de frutas dentro y fuera del país (APHIS 1994, NOM 1998).

Ante tales circunstancias, la evaluación de sustancias naturales de origen vegetal y animal con potencial atractivo para las moscas de la fruta ha cobrado mayor interés (Robacker 1995, Espky et ál. 1997, Robacker et ál. 1998, Piñero et ál. 2003), ya que siempre será deseable contar con una fuente de atracción de adultos que sea eficiente y menos costosa para monitorear las poblaciones de moscas de la fruta e iniciar las acciones de combate de manera oportuna.

En México, la industria alimenticia produce una gran cantidad de proteínas hidrolizadas y levaduras que se utilizan como saborizantes en la preparación de alimentos y pan. El uso de estos suplementos alimenticios, principalmente los de menor costo, puede ser una alternativa en el monitoreo de las poblaciones de moscas de la fruta por los productores de escasos recursos y también por aquellos que cuentan con sistemas de producción más tecnificados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar una serie de atrayentes alimenticios comerciales (proteínas hidrolizadas y levaduras usadas en la fabricación de alimentos) y subproductos naturales (melaza de caña, fermentado de cáscara de piña y agua azucarada) para la captura de adultos de la mosca mexicana de la fruta en huertos de cítricos y mango bajo las condiciones ambientales de la región del Soconusco, Chiapas, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en tres huertos, en diferentes meses del año, en el Soconusco, Chiapas, México. Esta región se caracteriza por tener un clima tropical lluvioso, tipo monzónico, con una temperatura media anual de 26 °C, un régimen pluvial de 2000 a 5000 mm con una precipitación máxima durante los meses de julio a septiembre y vientos moderados con dirección al norte (Gutiérrez 1976). El trabajo se llevó a cabo en un huerto experimental de cítricos y en dos huertos comerciales de mango cv. Ataulfo y Manila, coincidiendo con la época de mayor abundancia de poblaciones nativas de la plaga (Aluja et ál. 1996).

Los atrayentes evaluados fueron proporcionados por algunas compañías mexicanas dedicadas a la elaboración de levaduras y proteínas hidrolizadas, en su mayoría de uso en el área de alimentos. La presentación de ambos grupos de atrayentes fue líquida y sólida.

La levadura activa e inactiva Azteca fue proporcionada por la empresa Levadura Azteca, S. A. de C. V. (Cd. de México); La levadura Red-Star fue proporcionada por la empresa Levadura Red-Star de México, S. A. de C. V. (Cd. de México), y la levadura Leviatán por la empresa Leviatán y Flor, S. A. de C. V. (Cd. de México). Todas fueron producto del proceso de fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*. La diferencia entre levadura activa e inactiva estuvo determinada por el número de unidades formadoras de colonias (ufc), que fue de $1,5 \times 10^{10}$ ufc/g en levaduras activas y menor a un millón de ufc/g en levaduras inactivas.

Todas las formulaciones y presentaciones tuvieron una concentración de 43 a 46% de proteína, 35% de hidratos de carbono, y vitaminas del complejo B.

La proteína hidrolizada sólida y líquida Arancia fue proporcionada por la empresa Proteínas Arancia, S. A. de C. V. (Cd. de México); la proteína hidrolizada Staley, derivada de gluten de maíz (ahora llamada Nu-Lure), por la empresa Miller Chemical & Fertilizer Corporation (Hanover, EUA), la proteína hidrolizada Prothidex fue proporcionada por la empresa Complementos Alimenticios, S. A. de C. V. (Cd. de México), y el atrayente Bayer fue proporcionado por Bayer de Alemania (Alemania). Todas las formulaciones y presentaciones tuvieron una concentración de 44 a 45% de proteína.

Los atrayentes de origen natural fueron preparados con subproductos agrícolas. El fermentado de cáscara de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) se hizo a partir de 1 kg de cáscara + 2 L de agua. Este preparado se dejó fermentar por un período de tres días previos a su uso. La melaza de caña (*Saccharum officinarum* L.) es un derivado de la fabricación de azúcar y se obtuvo de un productor local. El agua azucarada se elaboró en una relación de 100 g de azúcar + 250 ml de agua.

Todos los productos fueron seleccionados con base en su disponibilidad en el mercado, su bajo costo y, en algunos casos, la factibilidad de ser elaborados por los propios fruticultores, como fueron los derivados de subproductos agrícolas. Las proporciones de cada atrayente para cebar una trampa se indican en el Cuadro 1.

Huerto de cítricos Rosario Izapa

Este huerto era propiedad del Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa, INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Se localiza en el kilómetro 18 de la carretera Tapachula-Cacahotán, en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas. Tiene una altitud de 435 m, con una precipitación anual de 2822 mm distribuidos de abril a octubre, y la temperatura fluctúa de 21 a 35 °C. Cuenta con una superficie de 4 ha, con árboles establecidos en un arreglo de 6 x 6 m y con un diseño de cuatro surcos alternos por especie de naranja dulce [*Citrus sinensis* L. (Osbeck)], toronja (*Citrus paradisi* Macfadyn) y mandarina (*Citrus reticulata* Blanco).

En este huerto se evaluaron 11 atrayentes alimenticios. La unidad experimental consistió de una trampa McPhail cebada con 270 ml de atrayente + 10 g de bórax. Las trampas fueron instaladas a 3,5 m de altura, a 2/3 de la copa del árbol y por la periferia de la misma, pero protegidas de una exposición directa al sol (Aluja 1984). La distancia entre los árboles en donde se instalaron las trampas fue de 36 m y en cada renovación de atrayente se rotaron para reducir el efecto de posición. El diseño experimental fue de bloques al azar constituidos de 11 tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, considerando la trampa McPhail como una repetición.

Con el objeto de caracterizar en qué momento ocurría la mayor captura de moscas de la fruta en cada atrayente durante el desarrollo de este experimento, la solución que contenía cada trampa fue pasada diariamente por un colador (malla 18) para retener

Cuadro 1. Ingredientes y dosis de diferentes atrayentes para cargar una trampa McPhail

Fuente de origen del atrayente	Dosificación por trampa
Levadura Red-Star	10 g de levadura + 250 ml de agua
Levadura Leviatán	10 g de levadura + 250 ml de agua
Levadura Torula	20 g de levadura + 250 ml de agua
Levadura activa Azteca	10 g de levadura + 250 ml de agua
Levadura inactiva Azteca	10 g de levadura + 250 ml de agua
Proteína hidrolizada sólida Arancia	10 g de proteína + 250 ml de agua
Proteína hidrolizada líquida Arancia	20 ml de proteína + 250 ml de agua
Proteína hidrolizada sólida Prothidex	10 g de proteína + 250 ml de agua
Proteína hidrolizada Staley (SIB-7)	20 ml de proteína + 250 ml de agua
Atrayente Bayer	20 ml de atrayente + 250 ml de agua
Fermentado de cáscara de piña	270 ml de producto fermentado
Agua azucarada	100 g de azúcar + 250 ml de agua
Melaza de caña	20 ml de melaza + 250 ml de agua
Melaza de caña + fermentado de cáscara de piña	20 ml de melaza + 20 ml de fermentado + 230 ml de agua
Melaza de caña (sin bórax)*	20 ml de melaza + 250 ml de agua

* Para todos los atrayentes se utilizó 10 g de bórax, con excepción de melaza de caña sin bórax.

y retirar los adultos de las moscas atrapadas y, posteriormente, la solución fue retornada a su respectiva trampa. El servicio de renovación de los atrayentes se hizo cada siete días, actividad que se realizó durante ocho semanas consecutivas de febrero a marzo, correspondientes al período de sequía.

Para la recolección del material biológico capturado se utilizó un colador, pinzas y frascos entomológicos de vidrio con alcohol al 70%. Todos los especímenes capturados fueron depositados en los frascos con alcohol, se etiquetaron debidamente según el tratamiento que correspondía y se trasladaron al laboratorio para su correcta ubicación taxonómica, utilizando como referencia las características morfológicas descritas para dicha especie (Aluja 1984, Hernández-Ortiz 1992).

Huerto de mango Huehuetán

En los meses de mayo a julio la población de la mosca mexicana de la fruta es más abundante en huertos de mango (Aluja et ál. 1996), por lo que se procedió a evaluar los atrayentes en dichos huertos.

Este huerto está localizado en el municipio de Huehuetán, Chiapas, a 25 km al oeste de Tapachula, a 117 msnm, con una precipitación promedio anual de 1566 mm y una temperatura que va de 22 a 31 °C. El huerto en donde se realizó este experimento tiene una superficie de 25 ha, cultivadas con mango cv. Manila.

El estudio consistió de un diseño experimental con 11 tratamientos y 6 repeticiones por tratamiento, considerando cada trampa como una repetición, y se manejó en un diseño experimental de bloques al azar. Las trampas fueron colocadas hacia el lado norte en árboles alternos a una distancia de 34 m, a una altura del 70% de la copa del árbol, ya que es allí donde hay mayor incidencia de moscas y para protegerlas de los rayos solares y evitar la evaporación del atrayente (Aluja et ál. 1996). La inspección y el cambio de los atrayentes se hizo cada siete días durante cinco semanas consecutivas, durante los meses de mayo y junio. El material biológico recolectado fue manejado para su identificación y registro de captura según lo descrito previamente en el experimento realizado en el huerto de cítricos.

Huerto de mango El Vergel

Este huerto se ubica en el Municipio de Suchiate, Chiapas, al sur de Tapachula (40 msnm). Tiene una superficie de 60 ha, cultivada con mango cv. Ataulfo.

Durante la época en que se llevó a cabo este estudio —del 25 de septiembre al 12 de noviembre— disminuyó drásticamente la población silvestre de la mosca mexicana de la fruta (Aluja et ál. 1996), por lo que fue necesario liberar moscas estériles de *A. ludens*, proporcionadas por el Laboratorio de Cría del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), ubicado en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León. El material biológico fue irradiado en estado de pupa (48 h antes de la emergencia de los adultos) con cobalto 60 a 6 krad, y las pupas fueron colocadas en bolsas de papel para su posterior emergencia. Los adultos fueron alimentados con una mezcla de azúcar molido, previamente hervido con agua y esparcido con una brocha de cerda de 4 cm de ancho sobre papel estraza. Cuando alcanzaron la edad de tres días fueron liberados en forma terrestre 24 h antes de instalarse las trampas que estaban cebadas con los atrayentes. En cada bloque que correspondió a un tratamiento se liberaron aproximadamente 3000 adultos (272 adultos por unidad experimental), obtenidos de 4500 puparios.

Se evaluaron 11 atrayentes alimenticios, seleccionados de acuerdo con los resultados de los dos estudios anteriores y con su disponibilidad. El diseño experimental consistió de 11 tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, en un arreglo experimental de bloques al azar. La trampa McPhail fue considerada como una repetición y fueron instaladas de acuerdo al procedimiento descrito en el experimento anterior. La revisión y recambio de las trampas se hizo cada siete días, actividad que se realizó durante seis semanas consecutivas. El material biológico capturado fue manejado para su identificación y registro de captura de acuerdo con lo indicado en los experimentos anteriores.

Para la presentación de los datos, las moscas capturadas en cada semana en cada experimento fueron convertidas al índice de moscas trampa⁻¹ semana⁻¹, de acuerdo con la siguiente fórmula: moscas trampa⁻¹ semana⁻¹ = número total de moscas / (número de trampas x semanas que fueron expuestas las trampas).

Los datos de captura obtenidos en cada experimento fueron transformados utilizando la fórmula de $\sqrt{x + 0,5}$, y con los datos así transformados se realizó un análisis de varianza; la separación de medias se hizo siguiendo el procedimiento descrito en la prueba de Tuckey ($P \leq 0,05$) (SAS Institute 1992).

Cuadro 2. Captura diaria y total de adultos de *Anastrepha ludens* con diferentes atrayentes en el huerto de cítricos Rosario Izapa. Soconusco, Chiapas, México

Tipo de atrayente	Días de exposición							Total	Captura (moscas trampa ⁻¹ semana ⁻¹)
	1	2	3	4	5	6	7		
Levadura Torula	39	133	73	106	139	86	139	715	109,7 a
Proteína hidrolizada líquida Arancia	16	64	62	134	154	60	73	563	90,9 ab
Fermentado de cáscara de piña	31	136	63	91	92	36	24	473	69,2 bc
Proteína hidrolizada Staley (SIB-7)	69	74	62	73	91	55	34	458	69,2 bc
Levadura Red-Star	78	88	47	40	34	19	30	336	52,6 cde
Proteína hidrolizada sólida Arancia	11	29	41	62	87	45	33	308	48,2 cdef
Levadura activa Azteca	31	88	45	54	29	12	17	276	40,2 cdefg
Proteína hidrolizada sólida Prothidex	11	66	40	24	70	35	22	268	38,7 cdefgh
Atrayente Bayer	1	13	23	17	29	30	32	145	23,5 fghi
Fermentado de cáscara de piña + melaza de caña	2	7	—	11	4	28	1	53	9,2 ij
Melaza de caña	—	2	—	—	2	—	—	4	1,8 j

Los valores promedios de captura seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, $P > 0,05$).

Resultados

En los tres huertos se capturó un total de 13144 (100%) adultos de *A. ludens*, de los cuales 7492 (57%) fueron hembras y 5652 (43%) machos. La mayor captura de adultos (con todos los atrayentes) se registró con moscas estériles en el huerto El Vergel, con un índice de 892,4 moscas trampa⁻¹ semana⁻¹ (Cuadro 4). En el huerto de cítricos y en el huerto de mango Huehuetán la captura total de adultos silvestres fue muy similar, con índices totales de 553,2 y 575,7 moscas trampa⁻¹ semana⁻¹, respectivamente (Cuadros 2 y 3).

Huerto de cítricos Rosario Izapa

En este huerto la mayor captura se obtuvo con trampas cebadas con el atrayente a base de levadura Torula. Los atrayentes que siguieron en efectividad fueron la proteína hidrolizada líquida Arancia, el fermentado de cáscara de piña y la proteína hidrolizada Staley (SIB-7).

La levadura Red-Star, la proteína hidrolizada sólida Arancia, la levadura Azteca activa, la proteína hidrolizada sólida Prothidex y el atrayente Bayer tuvieron una eficiencia intermedia. Por último, los atrayentes con los que se obtuvo menor captura de adultos de *A. ludens* fueron la mezcla de melaza de caña + fermentado de cáscara de piña, y solamente con la melaza de caña (Cuadro 2). El análisis de varianza indicó que hubo una diferencia estadística altamente significativa entre los índices de captura obtenidos con los diferentes atrayentes ($F = 32,7$; $gl = 10, 55$; $P < 0,001$).

El preparado de melaza de caña + fermentado de cáscara de piña y la melaza de caña no arrojaron resultados satisfactorios. El fermentado de cáscara de piña, la levadura Red-Star y la levadura activa Azteca alcanzaron la mayor cantidad de adultos capturados en el segundo día de exposición de las trampas. Al quinto día, todas las capturas disminuyeron. La proteína hidrolizada sólida Arancia, la proteína hidrolizada sólida Prothidex, la proteína hidrolizada líquida Arancia y la proteína hidrolizada Staley (SIB-7) presentaron una mayor captura de adultos al quinto día (Cuadro 2), en contraste con el atrayente Bayer, que inició con una baja captura de moscas que se fue incrementando a medida que transcurrieron los siete días de exposición de las trampas, este hecho indicó que tiene un proceso de fermentación más lento que los otros atrayentes.

En cambio, la captura de moscas que se obtuvo cada día con la levadura Torula fue muy irregular, ya que los mayores picos ocurrieron en el segundo, quinto y séptimo día de exposición; a pesar de esta variabilidad, la captura diaria fue mayor a la obtenida con los demás atrayentes, exceptuando el primer día (Cuadro 2).

Huerto de mango Huehuetán

En este huerto, la mayor captura se obtuvo en trampas cebadas con la proteína hidrolizada sólida Prothidex, seguida por el atrayente Bayer. De acuerdo con los resultados, la proteína hidrolizada sólida Arancia, la levadura Azteca inactiva y la levadura Torula tuvieron una eficacia intermedia (Cuadro 3).

Los atrayentes que registraron menor captura de adultos de *A. ludens* fueron la levadura azteca activa y la melaza de caña (Cuadro 3). El análisis de varianza indicó que hubo una diferencia estadística altamente significativa entre los índices de captura observados entre los atrayentes ($F = 28,4$; $gl = 10, 55$; $P < 0,001$).

Huerto de mango El Vergel

Contrario a lo esperado, los índices de mayor captura de adultos estériles de *A. ludens* en este huerto se obtuvieron con la levadura torula y con el atrayente Bayer. Siguió en eficiencia la proteína hidrolizada Staley (SIB-7), la proteína hidrolizada sólida Prothidex, la proteína hidrolizada sólida Arancia y la levadura inactiva Azteca. La levadura Leviatán, el agua azucarada y la levadura Red-Star registraron una efectividad intermedia de captura de moscas (Cuadro 4).

Por último, los atrayentes que tuvieron menor captura de adultos estériles de *A. ludens* fueron el fermentado de cáscara de piña y la melaza de caña (Cuadro 4). El análisis de varianza indicó que hubo una diferencia estadística altamente significativa entre los índices de captura observados entre los atrayentes ($F = 34,5$; $gl = 10, 55$; $P < 0,001$).

Discusión

De la gama de atrayentes evaluados, los manufacturados en forma industrial como la levadura torula, el atrayente Bayer, la proteína hidrolizada sólida Prothidex, la levadura inactiva Azteca y la proteína hidrolizada Staley (SIB-7) presentaron una mayor atracción y captura de adultos de *A. ludens*, tanto silvestres como estériles, en los tres experimentos. Cabe mencionar que el fermentado de cáscara de piña, con un índice de

Cuadro 3. Captura de adultos de *Anastrepha ludens* en el huerto comercial de mango Huehuetán, con diferentes atrayentes alimenticios durante cinco semanas

Tipo de atrayente	Captura (moscas trampa ⁻¹ semana ⁻¹)
Proteína hidrolizada sólida Prothidex	129,2 a
Atrayente Bayer	99,1 ab
Proteína hidrolizada sólida Arancia	84,5 abc
Levadura inactiva Azteca	65,6 abcd
Levadura Torula	49,8 bcde
Proteína hidrolizada Staley (SIB-7)	44,0 bcdef
Fermentado de cáscara de piña	35,7 cdefg
Proteína hidrolizada líquida arancia	22,9 defg
Levadura Red-Star	21,9 defg
Levadura activa Azteca	18,1 efg
Melaza de caña	4,9 g

Los valores promedios de captura seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, $P > 0,05$).

Cuadro 4. Captura de adultos de *Anastrepha ludens* en el huerto comercial de mango El Vergel, con diferentes atrayentes alimenticios durante seis semanas

Tipo de atrayente	Captura (moscas trampa ⁻¹ semana ⁻¹)
Levadura Torula	220,4 a
Atrayente Bayer	180,9 ab
Proteína hidrolizada Staley (SIB-7)	132,7 bc
Proteína hidrolizada sólida Prothidex	71,9 cd
Proteína hidrolizada sólida Arancia	66,8 cde
Levadura inactiva Azteca	65,5 cdef
Levadura Leviatán	51,2 defg
Agua azucarada	36,9 defgh
Levadura Red-Star	32,4 defgh
Fermentado de cáscara de piña	26,4 defgh
Melaza de caña	7,3 h

Los valores promedios de captura seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, $P > 0,05$).

captura intermedio, tiene potencial para ser utilizado por productores de escasos recursos económicos, porque se puede elaborar en forma artesanal en grandes volúmenes y a un costo muy bajo. Sin embargo, sería conveniente realizar investigaciones adicionales acerca de las variables tiempo de fermentación previo al recabado de las trampas, mayor cantidad de cáscara por volumen de agua y cantidad de bórax, con el objeto de aumentar su capacidad de atracción.

Se ha reportado que la melaza de caña es un atrayente efectivo para la captura de *Anastrepha obliqua* (Macquart), con la desventaja de que también atrae a otros insectos (Ortega-Zaleta y Cabrera-Mireles 1996). Pero los resultados obtenidos en nuestro estudio indicaron que es un atrayente poco efectivo para atraer y capturar adultos de moscas de la fruta, coincidiendo con los resultados de Hedström (1988). Este mismo autor indicó que la levadura *Torula* con bórax tuvo mayor efectividad en la captura de moscas de la fruta que la melaza de caña, pero algunos atrayentes pueden presentar variabilidad en la captura dependiendo de su formulación y condiciones ambientales del lugar, como sucedió con algunos productos proteicos y fermentables (López y Spishakoff 1963). Existen factores como el tiempo de haberse elaborado y el proceso de elaboración que afectan la efectividad de dichos productos (Toledo et ál. 2006, datos sin publicar). Cuando la melaza de caña + el fermentado de cáscara de piña fueron utilizados como mezcla, hubo un incremento en la captura de *A. ludens* en la proporción de 13 a 1 comparado con la que se obtuvo solamente con la melaza de caña; este hecho indicó un efecto aditivo con el fermentado de cáscara de piña para la atracción y captura de adultos.

El proceso de fermentación de los atrayentes de moscas de la fruta es un factor determinante en la capacidad de atracción diaria durante el período de exposición de las trampas (Malo 1992, Liedo 1997). Los atrayentes alimenticios como el fermentado de cáscara de piña, la levadura Red-Star y la levadura activa Azteca alcanzaron su mayor índice de captura al segundo día de exposición, lo cual indicó que tienen un proceso de fermentación más acelerado, contrario a lo ocurrido con la levadura *Torula*, la proteína hidrolizada líquida y sólida Arancia, la proteína hidrolizada Staley (SIB-7), la proteína hidrolizada Prothidex y el atrayente Bayer, que registraron el mayor índice de capturas después del quinto día de exposición. En los atrayentes de tipo alimenticio es necesario que ocurra el proceso de fermentación

para que los compuestos o mezclas de compuestos amoniacaes sean liberados para atraer a los adultos de moscas de la fruta (Bateman y Morton 1981, Buttery et ál. 1983). Una vez que un atrayente ha iniciado este proceso, la captura de moscas se incrementa de acuerdo con la tasa de liberación que posean dichos compuestos. Esta respuesta ha sido reportada previamente con otros atrayentes, como la levadura *Torula* (Malo 1992). El proceso de fermentación de estos atrayentes depende en gran medida del pH de la mezcla y está relacionado con la cantidad de bórax que se adicione (Epsky et ál. 1993). En nuestro estudio, se utilizó una cantidad estándar de 10 g de bórax por trampa, por lo que todos los atrayentes estuvieron sujetos a la acción de este producto antimicrobiano que regula el proceso de fermentación. Dado que las revisiones y servicios de las trampas para renovar los atrayentes se hicieron al séptimo día, como fue establecido por la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta (CNCMF) (Gutiérrez et ál. 1992, Aluja et ál. 1996, NOM 1995). Entonces, si estos atrayentes tienen un proceso de fermentación más lento o rápido a dicho período requerido para liberar los compuestos amoniacaes mediante la hidrólisis de las proteínas, su pobre atracción se reflejó en una menor captura de moscas (Bateman y Morton 1981, Toledo et ál. 2005).

Se encontraron diferencias muy marcadas con el atrayente Bayer, ya que en el experimento en el huerto de cítricos hubo menor captura de moscas de la fruta, en contraste con las capturas obtenidas en los experimentos realizados en los huertos de mango. En algunos casos esta variabilidad se atribuye al uso de diferentes lotes de atrayentes, como se hizo en este estudio (Toledo et ál. 2006, datos sin publicar), o a una respuesta de las moscas en función del tipo, abundancia y calidad de los frutos hospederos (Aluja y Piñero 2004). Además, durante la época en que se realizó el estudio en el huerto El Vergel no había presencia de frutos hospederos, debido a que las moscas estériles fueron alimentadas solamente con azúcar antes de liberarse, de tal forma que hubo una sincronización entre el estado fisiológico de las moscas por ingerir alimentos con mayor contenido de proteínas y la emisión de compuestos amoniacaes del atrayente que las atrajo hacia las trampas.

La búsqueda de sustancias naturales o de manufactura local a menor costo con propiedades atractivas para adultos de moscas de la fruta siempre ha sido deseable y de interés. En este proceso de búsqueda de

sustancias con principios de atracción se ha reportado que la orina humana es altamente atractiva para los adultos de moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Hedström 1988, Piñero et ál. 2002, Piñero et ál. 2003, Aluja y Piñero 2004). Sin embargo, desde el punto de vista operativo (disponibilidad y de aceptación), es más factible adoptar el uso de sustancias naturales a base de subproductos agrícolas para realizar la actividad de trapeo.

En este estudio, las trampas cebadas con agua azucarada registraron el menor índice de captura de adultos. Sin embargo, en trabajos realizados con la mosca de la papaya, *Toxotripa curvicauda* (Gerstaecker) se demostró que fue efectiva para atraer y capturar adultos de dicha especie (Castrejón-Gómez et ál. 2004), aunque solo fue comparado con jugo de piña (extraído de 1 kg de fruta incluyendo la cáscara, diluido en 1 L de agua) y no utilizaron otros atrayentes con mayor eficiencia. Otra explicación de esta atracción es que utilizaron mayor concentración de azúcar (1 kg/L de agua), aunque se ha reportado que el azúcar refinado + levadura de cerveza tiene menor atracción que un hidrolizado ácido de proteína de maíz con infusión acuosa de maíz (Staley's Insecticide Bait No. 7 (SIB 7) (López y Spishakoff 1963).

En conclusión, este trabajo demostró que hay varios atrayentes alimenticios de fabricación mexicana que compiten en forma similar con las proteínas hidrolizadas importadas para utilizarse en el trapeo de moscas de la fruta. La investigación en el mejoramiento de estas proteínas hidrolizadas en los países latinos que cuenten con una industria de productos alimenticios abre una puerta al uso de atrayentes de menor costo para el monitoreo de adultos de moscas de la fruta y quizás también para el control químico, haciendo uso de las mezclas de insecticida-cebo. De los subproductos agrícolas que se evaluaron, el fermentado de cáscara de piña representa una opción viable para que los pequeños productores, principalmente los de escasos recursos que no requieran de estrictos protocolos de monitoreo de moscas de la fruta, lo utilicen para realizar el trapeo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo proporcionado por los técnicos Oscar Villatoro y Fernando Tapia (Programa Moscamed, SAGARPA) en la revisión de las trampas. A Sandra Rodríguez (ECOSUR) por su apoyo con el trabajo dactilográfico. Así mismo, se agradece a las empresas mexicanas y de otros países que proporcionaron las muestras de levaduras y proteínas para realizar este estudio.

Literatura citada

- Aluja, M. 1984. Manejo integrado de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). Distrito Federal, MX, Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 144 p.
- _____. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. Annual Review of Entomology 39:155-178.
- _____; Celedonio-Hurtado, H; Liedo, P; Cabrera, M; Castillo, F; Guillén, J; Ríos, E. 1996. Seasonal population fluctuations and ecological implications for management of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in commercial mango orchards in Southern Mexico. Journal of Economic Entomology 89:654-667.
- _____; Piñero, J. 2004. Testing human urine as a low-tech bait for *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in small guava, mango, sapodilla and grapefruit orchards. Florida Entomologist 87:41-50.
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service). 1994. Plant protection and quarantine treatment manual. Estados Unidos. United States of Department of Agriculture. (APHIS-PPQ). Section IV. TI02 (c). Mango.
- Bateman, MA; Morton, TC. 1981. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). Australian Journal of Agricultural Research 32:883-903.
- Buttery, RL; Ling, LC; Teranishi, R; Mon, TR. 1983. Insect attractants: volatiles of hydrolyzed protein insect baits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 31: 689-692.
- Castrejón-Gomez, VR; Aluja, M; Arzuffi, R; Villa, P. 2004. Two low-cost food attractants for capturing *Toxotrypana curvicauda* (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology 97:310-315.
- Enkerlin, D; García, LR; Lopez, FM. 1989. México, Central and South America. In Robinson, AS; Hooper, G. eds. Fruit flies: Their biology, natural enemies and control. World crop pests. Amsterdam, NL, Elsevier. v. 3A, p. 83-90.
- Epsky, ND; Heath, RR; Sivinski, JM; Calkins, CO; Baranowski, RM; Fritz, AH. 1993. Evaluation of protein bait formulations for the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 76:626-635.
- _____; Dueben, BD; Heath, RR; Lauzon, CR; Prokopy, RJ. 1997. Attraction of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) to volatiles from avian fecal material. Florida Entomologist 80:270-277.
- Frágenas, NN; González, E; Hernández, TJ; Cáceres, R; Lander, E. 1996. Elaboración y evaluación de atrayentes para la mosca del mango *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae). Boletín de Entomología Venezolana (N. S.) 11:19-25.
- Gutiérrez, JS. 1976. La mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied.) y los factores ecológicos que favorecerían su establecimiento y propagación en México. México, Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Ganadería. 233 p.
- _____; Reyes, JF; Villaseñor, AC; Enkerlin, WH; Pérez, AR. 1992. Manual para el control integrado de moscas de la fruta (Manual para el productor). México, Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 34 p.
- Hedström, I. 1988. Una sustancia natural en la captura de moscas de la fruta del género *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae). Revista de Biología Tropical 36:269-272.

- Hernández-Ortiz, V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae): taxonomía, distribución y sus plantas huéspedes. México, Instituto de Ecología y Sociedad Mexicana de Entomología. Pub. No. 33. 162 p.
- _____; Aluja, M. 1993. Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. Folia Entomológica Mexicana 88:89-105.
- IAEA (Internacional Atomic Energy Agency). 2003. Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. Viena, Austria. 47 p.
- Liedo, PF. 1997. Bases teóricas y conceptos sobre trapeo y atrayentes. In Curso regional sobre moscas de la fruta y su control en áreas grandes con énfasis en la técnica del insecto estéril (1997, Metapa de Domínguez, Chiapas, MX). Memorias. México, Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta. p. 121-128.
- López, FD; Spishakoff, LM. 1963. Reacción de la mosca de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) a atrayentes proteicos y fermentables. Ciencia (México) 22:113-114.
- Malo, EA. 1992. The effect of bait decomposition on the capture of *Anastrepha* fruit flies. Florida Entomologist 75:272-274.
- NOM (Norma Oficial Mexicana). 1998. NOM-075-FITO-1997, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la movilización de frutos hospederos de moscas de la fruta. Distrito Federal, MX, Diario Oficial de la Federación. 16 de marzo de 1998.
- Norrbom, AL; Kim, KC. 1988. A list of the reported host plants of the species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Estados Unidos, United States of Department of Agriculture. (APHIS-PPQ). 81. 52. 114 p.
- Ortega-Zaleta, DA; Cabrera-Mireles, H. 1996. Productos naturales y comerciales para la captura de *Anastrepha obliqua* M. en trampas McPhail en Veracruz. Agricultura Técnica de México 22:63-75.
- Piñero, J; Aluja, M; Equihua, M; Ojeda, MM. 2002. Feeding history, age and sex influence the response of four economically important *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) to human urine and hydrolyzed protein. Folia Entomológica Mexicana 41:283-298.
- _____; Aluja, M; Vázquez, A; Equihua, M; Varón, J. 2003. Human urine and chicken feces as fruit fly (Diptera: Tephritidae) attractants for resource-poor growers. Journal of Economic Entomology 96:334-340.
- Robacker, DC. 1995. Attractiveness of a mixture of ammonia, methylamine and putrescine to Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a citrus orchard. Florida Entomologist 78:571-578.
- _____; Martínez, JA; García, AJ; Bartlet, RJ. 1998. Volatiles attractive to the Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) from eleven bacterial taxa. Florida Entomologist 81:497-508.
- SAS Institute. 1992. SAS user's guide, version 6.04. Cary, NC, US, SAS Institute.
- Toledo, J; Paxtián, J; Oropeza, A; Flores, S; Liedo, P. 2005. Evaluación de trampas y proteínas hidrolizadas para monitorear adultos de moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Folia Entomológica Mexicana 44:7-18.