

Artículo original

Comparación de atrayentes para *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) en México: ¿existe un atrayente mejor que el CeraTrap?

Comparison of attractants for *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) in Mexico: is there a better attractant than CeraTrap?

 *RODRIGO LASA,  TREVOR WILLIAMS

Red de Manejo Biorracional de Plagas y Vectores, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, México.

Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales



OPEN ACCESS

***Autor corresponsal:**

 Rodrigo Lasa
rodrigo.lasa@inecol.mx

Cita:

Lasa, R., Williams, T. (2022)
Comparación de atrayentes para
Anastrepha obliqua (Diptera:
Tephritidae) en México: ¿existe un
atrayente mejor que el CeraTrap?
*Acta Zoológica Mexicana (nueva
serie)*, 38, 1–13.
10.21829/azm.2022.3812566
elocation-id: e3812566

Recibido: 30 agosto 2022

Aceptado: 09 noviembre 2022

Publicado: 05 diciembre 2022

RESUMEN. El monitoreo de las moscas de la fruta utilizando atrayentes efectivos es una herramienta determinante para integrar las estrategias de control. En este estudio se comparó la efectividad de captura de *Anastrepha obliqua* con seis atrayentes alimenticios disponibles comercialmente en México. En tres experimentos en huertas de mango variedad manila, CeraTrap[®], un atrayente de hidrólisis enzimática de proteínas de origen animal, resultó ser significativamente más efectivo que otras proteínas de hidrólisis ácida con bórax como Captor 300[®], Winner 360[®] y Flyral[®], así como un nuevo atrayente, Agrotap[®] desarrollado a partir de la mezcla de proteína hidrolizada, levadura, acetato de amonio y vinagres. Las capturas de *A. obliqua* con CeraTrap resultaron estadísticamente similares que una mezcla de Captor 300 + bórax y Orga Fly Trap[®], un adyuvante suministrado para potenciar la actividad de proteínas convencionales. La cuantificación del pH y la emisión de amoníaco por los atrayentes comerciales evaluados no mostraron una relación clara con los niveles de atracción en campo. CeraTrap es estable durante varias semanas y continúa siendo la opción más efectiva para el monitoreo de poblaciones de *A. obliqua* en mango.

Palabras clave: Atrayentes alimenticios; proteínas hidrolizadas; amoníaco; pH; mosca de la fruta; mango; Veracruz



ABSTRACT. Fruit fly monitoring using effective attractants is a key tool in the integration of pest control strategies. The present study compared the capture efficacy of *Anastrepha obliqua* using six attractants that are commercially available in Mexico. In three field experiments in mango var. manila orchards, CeraTrap[®], an attractant comprising enzymatically-hydrolyzed animal proteins, was significantly more effective than chemically-hydrolyzed proteins mixed with borax (Captor 300[®], Winner 360[®] and Flyral[®]), or a newly developed attractant, Agrotrap[®] containing a mixture of hydrolyzed protein, torula yeast, ammonium acetate and vinegars. A mixture of Captor 300 + borax and Orga Fly Trap[®] (a potentiation adjuvant) captured statistically similar numbers of *A. obliqua* as CeraTrap. The pH of attractant preparations and their release of ammonia were not clear indicators of the attractiveness of these products in the field. We conclude that CeraTrap is stable for several weeks and continues to be the most effective attractant for monitoring populations of *A. obliqua* in mango.

Key words: Food-based attractants; hydrolyzed proteins; ammonia; pH; fruit fly; mango; Veracruz

INTRODUCCIÓN

La mosca del mango, *Anastrepha obliqua* (Macquart), es considerada una plaga de importancia económica en diferentes frutales, principalmente mango, *Mangifera indica* L., pero también en ciruela tropical *Spondias* spp. y guayaba *Psidium guajava* L. (Hernández-Ortiz & Aluja, 1993). El monitoreo de esta especie mediante trampas y atrayentes resulta determinante para una adecuada integración de las estrategias de manejo y control en las huertas de cultivo.

Los atrayentes recomendados y más efectivos utilizados para monitorear moscas del género *Anastrepha* en la actualidad son los cebos alimenticios basados en proteínas (IAEA, 2018). Las proteínas son nutrientes esenciales para el desarrollo ovárico de las hembras, ya que mejoran la fecundidad y la producción de huevos, e incrementan la longevidad adulta y el desempeño sexual de los machos (Aluja *et al.*, 2001; Mangan, 2003). Por esto, las moscas son atraídas por una amplia diversidad de volátiles que emiten las proteínas en su descomposición, como por ejemplo el amoniac (Bateman & Morton, 1981; Mazor *et al.*, 1987; Piñero *et al.*, 2015; 2017; Lasa & Williams, 2021a; b; 2022). Si bien para esta especie se han desarrollado atrayentes sintéticos basados en parches de emisión de amoniac y putrescina, como Biolure[®], estos no son ampliamente utilizados por los productores mexicanos por su elevado costo y porque suelen dar lugar a capturas similares, o incluso menores, que otros productos basados en proteínas hidrolizadas (Lasa & Cruz, 2014).

Actualmente están surgiendo nuevos atrayentes comerciales obtenidos a partir de proteínas de diferente origen, diferente proceso industrial y diferente formulación. Uno de los atrayentes comerciales, CeraTrap[®], ha demostrado tener un buen desempeño en la captura de *A. obliqua* (Lasa & Cruz, 2014; Flores *et al.*, 2018), mientras que otros nuevos atrayentes alimenticios como el Flyral[®], Winner 360[®], Orga Fly Trap[®] y Agrotrap[®] no han estado expuestos a una evaluación sistemática contra esta plaga en México.

En este trabajo se realizó una evaluación inicial de la captura de adultos de *A. obliqua* con diferentes atrayentes comerciales en plantaciones de mango de la zona central de Veracruz, México, con el fin de identificar un atrayente similar o mejor que el CeraTrap. Como atrayente estándar se utilizó Captor 300[®], una proteína hidrolizada que es ampliamente utilizada con bórax en esta región. El pH y la emisión de amoníaco de estos atrayentes también fueron evaluados con la finalidad de identificar posibles mecanismos de atracción de esta importante plaga de mangos en México y otras partes de Latinoamérica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trampas y atrayentes. En todos los experimentos se utilizó un mismo modelo de trampa MS2[®] (Provedora Fitozoosanitaria SA de CV, Texcoco, México) con forma de botella de capacidad 600 ml, construida a partir de una base de polietileno amarillo y una parte superior transparente con tres orificios circulares de 11 mm de diámetro, separados por 5 cm a dos-tercios de la altura de la botella.

En este estudio se utilizaron varios atrayentes comerciales; tres proteínas químicamente hidrolizadas (hidrólisis ácida) de origen vegetal: Captor 300[®] (Química Lucava, Guanajuato, México) con 360 g de proteína hidrolizada como ingrediente activo (I.A.) por litro, Winner 360[®] (International Química de Cobre SA de CV, Cd. de México, México) con 355 g I.A./litro y Flyral[®] (Bioibérica, Barcelona, España) con 360 g I.A./litro. El origen de la proteína vegetal en estos tres productos comerciales no se desglosa en su ficha técnica. Estas proteínas hidrolizadas se evaluaron a una concentración del 4 % (40 ml de producto por litro) con la adición de un 2 % (20 g/litro) de bórax (tetaborato de sodio decahidratado; J. T. Baker, Cd. de México), siguiendo las indicaciones de la norma mexicana NOM-023-FITO-1995 para moscas de la fruta (DOF, 1999). Los atrayentes de hidrólisis química están recomendados para su uso durante un periodo de una o dos semanas (IAEA, 2018). También se evaluaron proteínas enzimáticas de origen animal que son comercializadas ya listas para su uso, por lo que no requieren ser mezcladas con bórax: CeraTrap[®] (Bioibérica, Barcelona, España), un atrayente que libera una mezcla de compuestos volátiles como aminas y ácidos orgánicos con una viabilidad recomendada de 4–8 semanas, dependiendo de la evaporación (Lasa *et al.*, 2014). Dos nuevos atrayentes para moscas de la fruta, recientemente comercializados en México, también fueron evaluados: (1) Agrotap[®] (TMT Agro S de RL de CV, Colima, México), compuesto por una mezcla de 5 % de proteína hidrolizada, 35 % de vinagre de frutas exóticas, 4.5 % de levadura de torula y 2.3 % de acetato de amonio, y (2) Orga Fly Trap[®] (Orgachemicals SA de CV, Querétaro, México), un adyuvante que es comercializado para mejorar la potencia de atracción de otros atrayentes. Orga Fly Trap[®] está compuesto por una mezcla de ácidos orgánicos aromáticos insaturados, aminoácidos y proteínas y se utiliza mezclando 100–200 ml en cada trampa cebada con otro atrayente estándar, según las indicaciones del fabricante.

Sitio de estudio. Las evaluaciones de los atrayentes se realizaron en tres diferentes experimentos entre 2018 y 2021 en un área de ~10 km² en Jalcomulco, Veracruz (19° 19' 40" N, 96° 45' 25" O, altitud 340 m), donde predomina el cultivo de mango variedad manila y hay una importante presencia de ciruela tropical. El área está compuesta por árboles de mango de 8–10 m de diámetro de copa y es infestada por *A. obliqua* debido a la ausencia de medidas de control químico. Todos

los experimentos se realizaron entre los meses de mayo y finales de julio, coincidiendo con los mayores niveles poblacionales de *A. obliqua*. Este periodo está caracterizado por una condición climática cálida (~24–27 °C de temperatura, ~70–80 % de humedad relativa) y con lluvias periódicas. La proteína de hidrólisis ácida Captor 300 + bórax fue utilizada siempre como atrayente de referencia en los experimentos, ya que este atrayente es utilizado habitualmente en México.

Atracción de *A. obliqua* a los atrayentes alimenticios. *Experimento 1.* En un primer experimento realizado en 2018, se compararon cuatro atrayentes de proteínas hidrolizadas: i) Captor 300, ii) Flyral, iii) Winner 360 y iv) CeraTrap. Captor 300, Flyral y Winner 360 se evaluaron al 4 % con un 2 % de bórax según indica la norma mexicana NOM-023-FITO-1995. CeraTrap se utilizó sin dilución, siguiendo las recomendaciones del fabricante. El área experimental se dividió en seis bloques cada uno de 0.6–0.8 ha. En cada bloque se colocaron cuatro trampas MS2 cebadas con 250 ml de cada atrayente. Las trampas se situaron aleatoriamente a una altura de ~4 m y a una distancia de 12–15 m entre trampas dentro de cada bloque. Esta distancia entre trampas ha sido seleccionada con base en estudios anteriores de campo (Lasa & Williams, 2021a; b) y otros, que determinaron una distancia mínima de 10 m entre trampas para minimizar la posible interferencia en la atracción de las trampas cercanas (Epsky *et al.*, 2010).

Los bloques estaban separados entre sí por una distancia de 30–40 m. La ubicación de las trampas se rotó secuencialmente de posición dentro de cada bloque cada semana durante las cuatro semanas que duró la evaluación (una vez por posición). Las trampas cebadas con Captor 300, Flyral y Winner 360 se recibieron cada semana, mientras que CeraTrap no se recibió durante el ensayo (siguiendo las indicaciones del fabricante), pero el atrayente se mantuvo con un volumen de ~250 ml añadiendo 10–30 ml de producto fresco cada semana si era necesario. Las moscas de *Anastrepha* capturadas en las trampas fueron recuperadas cada siete días y se transportaron al laboratorio en etanol al 70 %, donde fueron contabilizadas e identificadas según la especie y el sexo siguiendo la clave taxonómica de Norrbom *et al.* (2012).

Experimento 2. En junio y julio de 2021 se comparó la atracción de *A. obliqua* a tres atrayentes entre los que se incluía un nuevo producto comercial: i) Captor 300 + bórax, ii) CeraTrap, iii) Agrotrap. Igual al experimento anterior, Captor 300 se evaluó a una concentración del 4 % con un 2 % de bórax, mientras que CeraTrap y Agrotrap se utilizaron sin diluir como se especifique en sus fichas de uso oficial. El área experimental se dividió en cuatro bloques de 0.8 ha. En cada bloque se colocaron tres trampas MS2 cebadas con 250 ml de cada atrayente a una altura de ~4 m siguiendo la misma metodología descrita anteriormente. La ubicación de las trampas se rotó secuencialmente dentro de cada bloque cada semana durante el periodo de evaluación de tres semanas. Captor 300 y Agrotrap se recibieron cada semana, mientras que CeraTrap no se renovó durante el experimento, pero se mantuvo un volumen de atrayente de 250 ml. Las trampas se inspeccionaron cada siete días y las moscas de *Anastrepha* capturadas se llevaron en etanol al 70 % al laboratorio, donde se contaron e identificaron según la especie y el sexo.

Experimento 3. Se realizó un tercer experimento en junio y julio de 2021 siguiendo la misma metodología descrita en el experimento 2, con cuatro bloques experimentales, pero incluyendo el adyuvante Orga Fly Trap en a una trampa cebada con Captor 300 + bórax. Los atrayentes

comparados fueron i) Captor 300 + bórax, ii) CeraTrap, iii) Captor 300 + bórax + Orga Fly Trap (150 ml de 4 % Captor 300 + 2 % bórax + 100 ml Orga Fly Trap). Los tratamientos de Captor 300 + bórax con o sin Orga Fly Trap se recibieron semanalmente, mientras que CeraTrap no se renovó durante el experimento, pero el atrayente se mantuvo en un volumen de 250 ml. Las trampas se inspeccionaron cada siete días durante cuatro semanas de rotación de las trampas y las moscas de *Anastrepha* capturadas se llevaron en etanol al 70 % al laboratorio, donde se contaron e identificaron según la especie y el sexo.

pH y emisión de amoníaco por los atrayentes. El pH de los atrayentes fue determinado en el laboratorio a los 10 minutos después de su preparación. Para las proteínas hidrolizadas, se evaluó el pH antes y después de la adición de bórax.

La emisión de amoníaco de los atrayentes comerciales fue evaluada siguiendo la misma metodología descrita por Lasa y Williams (2021a). Específicamente, se determinó la liberación de gas amoníaco de una trampa MS2 cebada con 250 ml de atrayente dentro de un frasco de vidrio de 5 litros. El frasco fue ventilado mediante un flujo de aire previamente filtrado a través de un filtro de carbón activado y se colectó el gas amoníaco en una trampa de agua destilada de 10 ml a una temperatura de 24 °C. La concentración de amoníaco atrapada fue estimada mediante su reacción con el reactivo Nessler y cuantificada en un fotómetro (HI97715, Hanna Instruments Inc., Woonsocket, RI) y expresada en microgramos de amoníaco por hora. Los atrayentes Agrotap y Captor 300 + bórax + Orga Fly Trap fueron evaluados en cinco preparaciones réplicas para estimar el promedio y error estándar, mientras que los datos de liberación de amoníaco de los otros atrayentes fueron obtenidos de un estudio previo siguiendo la misma metodología (Lasa & Williams, 2021a).

Análisis estadístico. Para cada réplica se calculó el promedio captura de moscas *A. obliqua* por trampa y día. No se analizaron las capturas de otras especies. Los valores de *A. obliqua* capturadas/trampa/día y el porcentaje de hembras capturadas fueron analizados mediante modelos lineales generalizados (GLM) con una distribución de Poisson en caso de sobredispersión en la distribución de los datos considerando el tratamiento y bloque como factores. La comparación de medias se logró mediante la prueba de Bonferroni. La liberación de amoníaco se comparó mediante un análisis de varianza con corrección de Welch para tomar en cuenta heteroscedasticidad en los datos. En este caso la comparación posterior de promedios se realizó mediante la prueba Games-Howell. Todos los análisis se realizaron con el software basado en R, Jamovi v.1.2.27 (Jamovi, 2021).

RESULTADOS

Atracción de *A. obliqua* a los atrayentes alimenticios

Experimento 1. Durante las cuatro semanas del primer experimento se capturaron un total de 2,388 moscas del género *Anastrepha*, de las cuales el 93.3 % eran *A. obliqua*, el 5.5 % *A. serpentina* y el 1.2 % *A. ludens*. Entre las moscas de *A. obliqua*, 1,378 eran hembras y 849 machos. El promedio de moscas de *A. obliqua* capturadas por trampa y día (MTD) fue significativamente diferente entre las proteínas hidrolizadas (GLM, $\chi^2 = 40.4$, g.l. = 3, $p < 0.001$) siendo la proteína hidrolizada enzimática

CeraTrap significativamente superior en la captura que las otras proteínas hidrolizadas (Fig. 1), mientras que los atrayentes Captor 300 + bórax, Flyral + bórax y Winner 360 + bórax capturaron números de *A. obliqua* estadísticamente similares entre sí. El porcentaje promedio de captura de hembras varió del 59 al 63 %, siendo estadísticamente similar entre los cuatro atrayentes evaluados (GLM, $\chi^2 = 1.67$, g.l. = 3, $p = 0.644$) (Fig. 1).

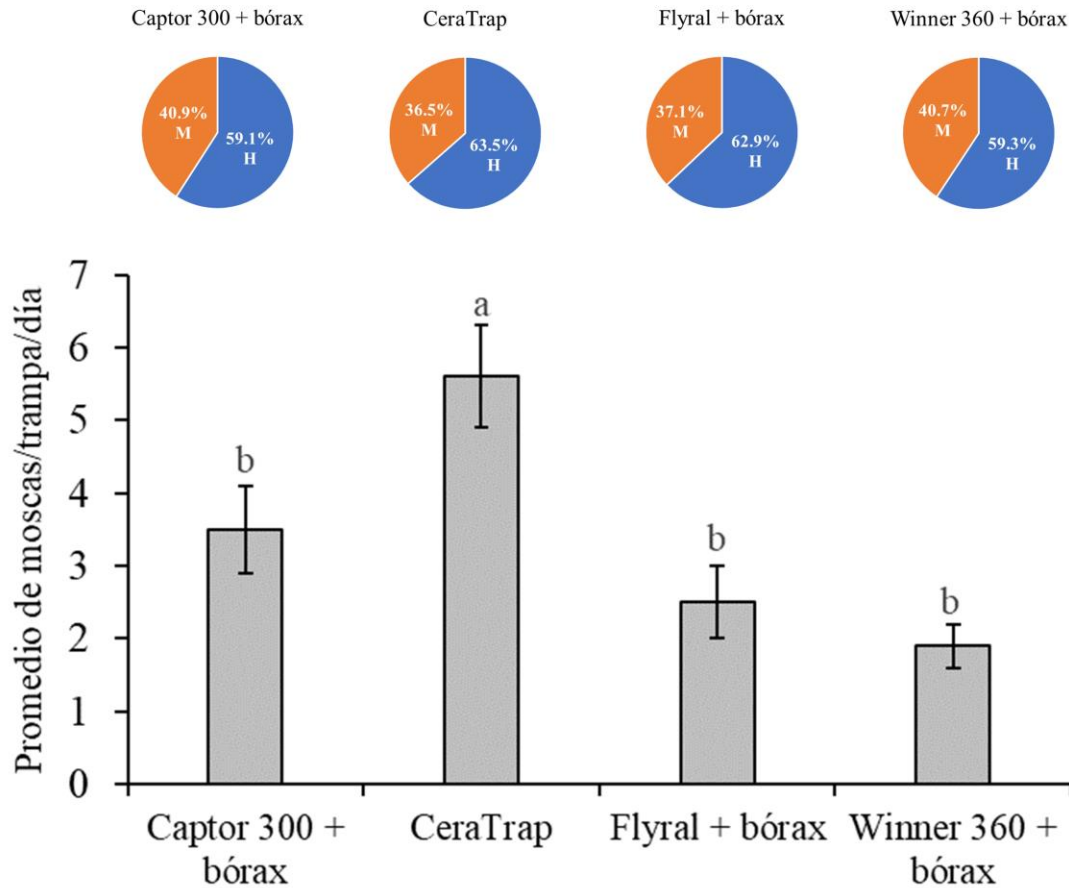


Figura 1. Promedio de capturas de moscas de *A. obliqua* por trampa y día en los cuatro atrayentes de proteínas hidrolizadas evaluadas en campo (Experimento 1). Las barras verticales indican el error estándar.

Letras diferentes indican diferencias significativas (GLM, Bonferroni $p < 0.05$). Los círculos superiores indican los porcentajes de capturas de cada atrayente para hembras (H) en azul y machos (M) en naranja.

Experimento 2. Durante las tres semanas de este experimento se capturaron 549 moscas del género *Anastrepha*, de las cuales el 78.0 % fueron *A. obliqua*, el 21.4 % *A. serpentina* y menos que 1 % *A. ludens*. Entre las moscas de *A. obliqua*, 259 eran hembras y 169 machos. El promedio de moscas de *A. obliqua* por trampa y día fue significativamente diferente entre los atrayentes (GLM, $\chi^2 = 28.31$, g.l. = 2, $p < 0.001$) siendo el atrayente CeraTrap significativamente superior en la captura que Captor 300 + bórax o Agrotap (Fig. 2). El promedio del porcentaje de captura de

hembras varió entre el 61.4-66.5% y fue estadísticamente similar para los tres atrayentes evaluados (GLM, $\chi^2 = 0.516$, g.l. = 2, $p = 0.773$).

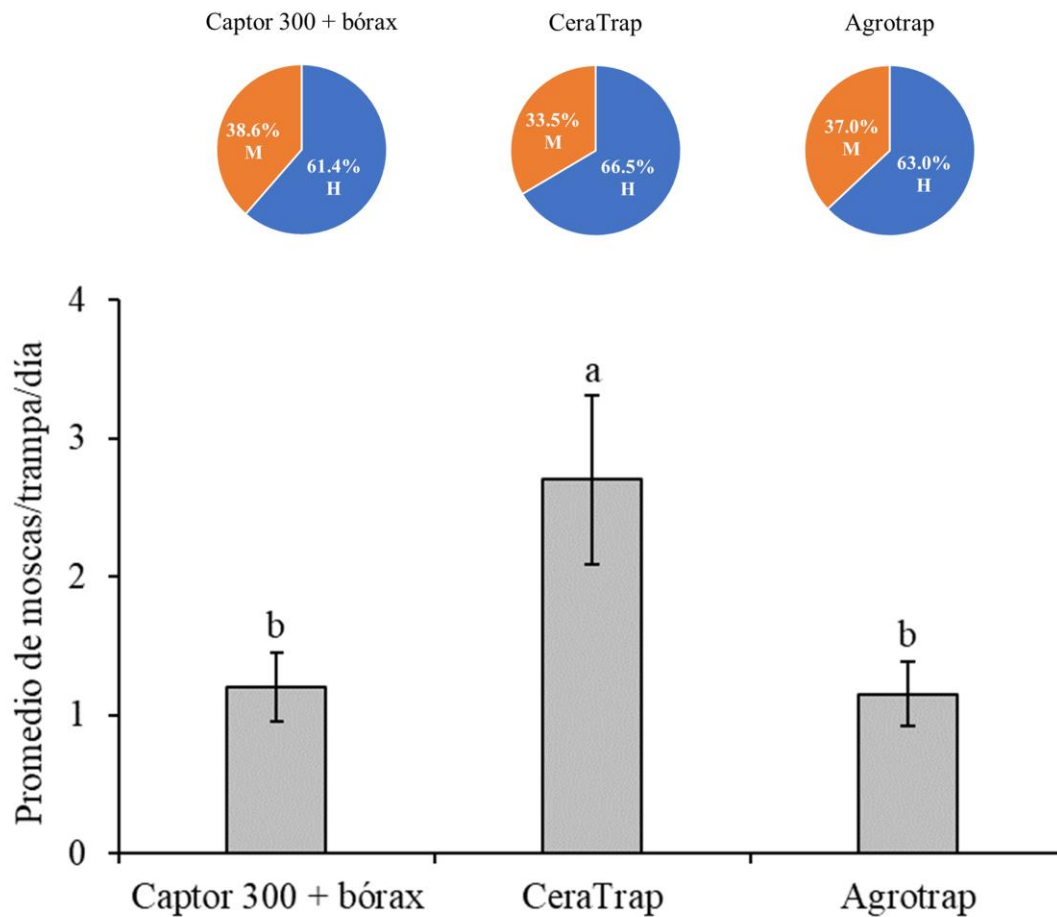


Figura 2. Promedio de capturas de moscas *A. obliqua* por trampa y día en el Experimento 2. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (GLM, Bonferroni $p < 0.05$). Los círculos superiores indican los porcentajes de capturas de cada atrayente para hembras (H) en azul y machos (M) en naranja.

Experimento 3. Durante las cuatro semanas del experimento se capturaron un total de 1,801 moscas del género *Anastrepha*, de las cuales el 87.0 % eran *A. obliqua*, el 12.1 % *A. serpentina* y menos de 1 % *A. ludens*. Entre las moscas de *A. obliqua*, 1,053 eran hembras y 513 machos. El promedio de moscas de *A. obliqua* por trampa y día difirió significativamente entre los atrayentes (GLM, $\chi^2 = 8.24$, g.l. = 2, $p = 0.016$) siendo la proteína hidrolizada enzimática CeraTrap significativamente superior en la captura de *A. obliqua* que Captor 300 + bórax (Fig. 3). En cambio, el tratamiento de Captor 300 + bórax + Orga Fly Trap tuvo un promedio de captura intermedio entre los otros dos atrayentes (Fig. 3). El promedio del porcentaje de hembras capturadas (62.6–67.4 %) fue estadísticamente similar para los tres atrayentes evaluados (GLM, $\chi^2 = 1.69$, g.l. = 2, $p = 0.429$).

pH y emisión de amoníaco por los atrayentes

El pH de las proteínas de hidrólisis ácida, antes de la inclusión de bórax, mostraron valores de pH de 5.1, 4.4, 4.5 para Captor 300, Flyral y Winner 360, respectivamente. En cambio, después de la adición de bórax el pH aumentó a valores que oscilaron entre 8.5 y 9.1 (Fig. 4), mientras que CeraTrap tuvo un pH casi neutro (pH 6.9) y los nuevos atrayentes Captor 300 + bórax + Orga Fly Trap tuvo un pH de 8.1 y el Agrotrap un pH de 8.3.

La liberación de amoníaco varió significativamente entre los atrayentes (ANOVA de Welch, $F = 159.6$, g.l. = 5, 10.2, $p < 0.001$) con la producción más elevada de amoníaco en Winner 360 + bórax, seguido por Captor 300 + bórax con o sin Orga Fly Trap, y después Flyral + bórax y Ceratrap y con casi nula producción de amoníaco en el atrayente Agrotrap (Fig. 4). Por lo tanto, la cantidad de amoníaco liberada no fue correlacionada con la atracción de *A. obliqua* a estos atrayentes en condiciones de campo.

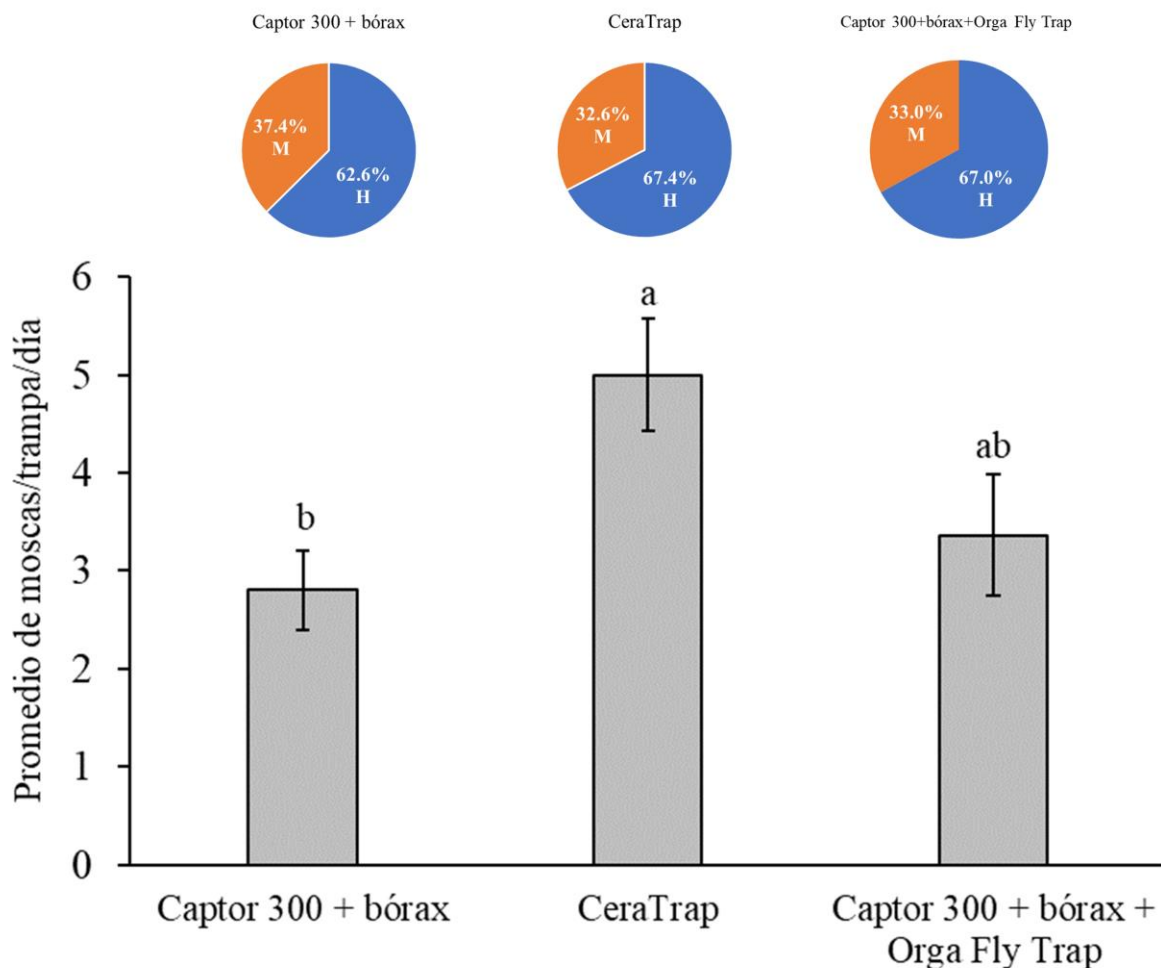


Figura 3. Promedio de capturas de moscas *A. obliqua* por trampa y día en el Experimento 3. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (GLM, Bonferroni $p < 0.05$). Los círculos superiores indican los porcentajes de capturas de cada atrayente para hembras (H) en azul y machos (M) en naranja.

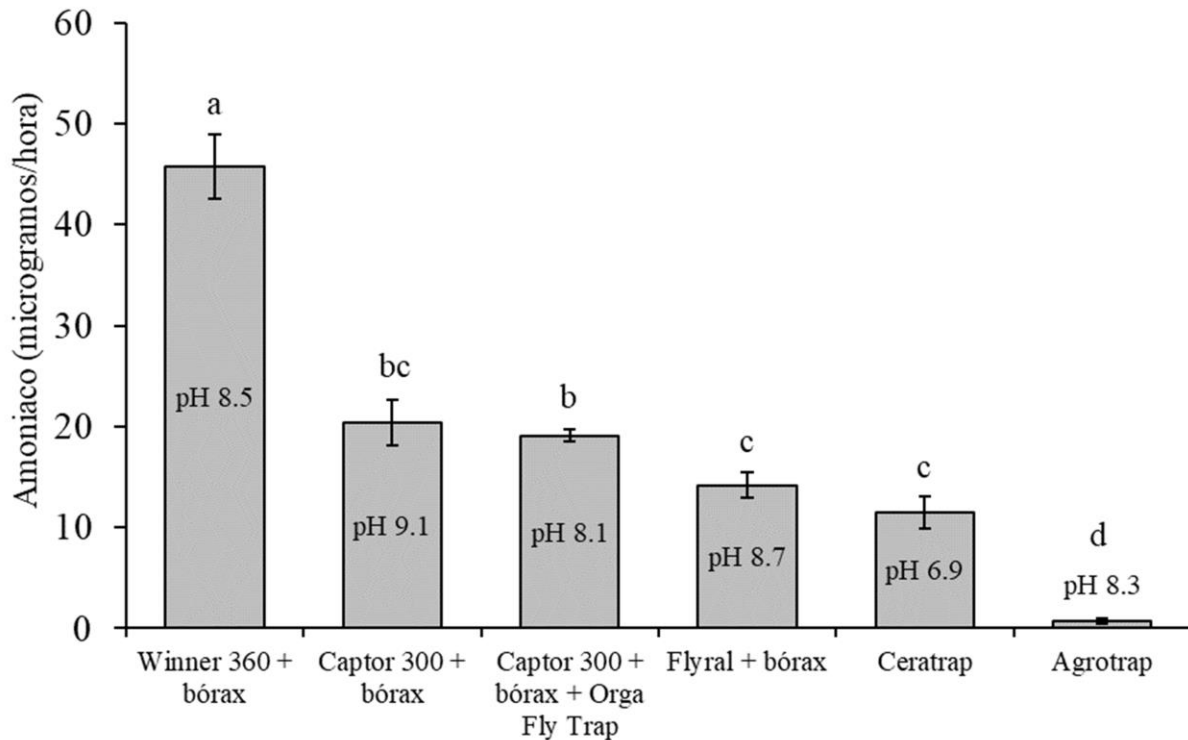


Figura 4. Promedio de liberación de amoniaco de trampas MS2 cebadas con seis diferentes atrayentes. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (ANOVA de Welch, Games-Howell $p < 0.05$). Los valores dentro de las columnas indican los pH de los atrayentes inmediatamente después de su preparación. Los valores de liberación de amoniaco de Captor 300 + bórax, Flyral + bórax, Winner 360 + bórax y CeraTrap fueron reportados por Lasa & Williams (2021a) siguiendo la misma metodología.

DISCUSIÓN

La proteína de hidrólisis enzimática de origen animal, CeraTrap[®], resultó ser más eficaz para capturar *A. obliqua* que las proteínas de hidrólisis ácida Captor 300[®], Flyral[®] y Winner 360[®] o Agrotrap[®], un nuevo atrayente alimenticio desarrollado a base de proteína hidrolizada, levadura de torula, acetato de amonio y vinagre de frutas exóticas. La mezcla de Captor + bórax y el adyuvante Orga Fly Trap[®] resultó estadísticamente similar a CeraTrap en el experimento 3, aunque capturó un 34 % menos de adultos de *A. obliqua*. Estudios previos realizados en la misma área de estudio evidenciaron también una mayor efectividad del CeraTrap que la proteína hidrolizada Captor 300 + bórax o que el atrayente sintético de dos componentes Biolure[®] compuesto por acetato de amonio y putrescina (Lasa & Cruz, 2014).

Las tres proteínas de hidrólisis ácida evaluadas en este estudio resultaron ser estadísticamente similares, aunque la mezcla de Captor 300 + bórax capturó más adultos de *A. obliqua* que el resto. Un estudio previo realizado en Veracruz también reportó niveles de captura similares para *A. obliqua* utilizando tres proteínas de hidrólisis ácida con 2 % de bórax; Captor 300, Nulure[®] (Miller Chemical & Fertilizer Co, Hanover, PA, EUA) y una proteína de la empresa Bayer

(Ortega & Cabrera, 1996). Por el contrario, dos proteínas de hidrólisis ácida, Nutriferm[®] y Arancia[®], mezcladas con la misma concentración de bórax (2 %) fueron significativamente más efectivas para la captura de *A. obliqua* que Captor 300, Winner 360 o Muscackill[®] también combinadas con bórax (Toledo *et al.*, 2005). No obstante, Nutriferm y Arancia están actualmente descontinuadas y no pudieron ser utilizadas en este estudio.

El bórax es incluido en la mezcla de proteína hidrolizada, no solo para evitar la descomposición de las moscas capturadas (López & Becerril, 1967), sino porque su inclusión incrementa el pH y favorece la emisión de amoníaco, un compuesto que ha sido considerado clave para la atracción de las moscas de la fruta a los cebos alimenticios (Bateman & Morton, 1981; Flath *et al.*, 1989; Mazor *et al.*, 1987). No obstante, las capturas de *A. obliqua* en nuestro estudio de campo no parecen tener una relación directa con el pH o la emisión de amoníaco en campo. En el estudio realizado por Toledo *et al.* (2005) la proteína hidrolizada más efectiva para capturar *A. obliqua* (Nutriferm[®]) resultó tener un pH ácido (pH 5.8), que fue significativamente menor que en las otras proteínas, como Captor 300 + bórax (pH 8.9). El CeraTrap, un atrayente que se usa directamente sin mezclar con bórax, también resultó ser el más efectivo para *A. obliqua* a pesar de tener un pH casi neutro (pH 6.9) y liberar una concentración de amoníaco inferior a la de varios de los otros atrayentes (Fig. 4). Agrotap, un atrayente que tampoco es combinado con bórax, resultó ser igual de efectivo en la captura de *A. obliqua* que el Captor 300 + bórax a pesar de liberar un promedio de amoníaco unas 80 veces menor que este atrayente. De manera similar, la proteína de hidrólisis ácida Winner 360 + bórax liberó un promedio de amoníaco mayor que Captor + bórax, pero resultó tener un 43 % menos de capturas de *A. obliqua*.

Ensayos de laboratorio demostraron una alta correlación entre la captura de *A. obliqua* y el incremento de la concentración de amoníaco (hasta 150 mM) cuando este era utilizado en ausencia de otros estímulos olfativos pero, al igual que en este estudio, no se observó una correlación con la emisión de amoníaco para diferentes atrayentes proteicos, entre ellos Captor 300 + bórax, Winner 360 + bórax y CeraTrap (Lasa & Williams, 2021a). Estos resultados apuntan a que otros compuestos volátiles generados en la hidrólisis de las proteínas, solos o en combinación con el amoníaco, son también importantes para la atracción de las moscas de la fruta, tal y como otros autores habían sugerido previamente (Bateman & Morton, 1983; Mazor *et al.*, 1987; Flath *et al.*, 1989; Thomas *et al.*, 2008; Piñero *et al.*, 2017; 2020).

Todos los atrayentes capturaron un porcentaje mayor de hembras que de machos, un patrón que ha sido ampliamente reportado para atrayentes alimenticios en *A. obliqua* (Toledo *et al.*, 2005; Epsky *et al.*, 2014; Lasa & Cruz, 2014) y en otras especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Conway & Forrester, 2007; Lasa *et al.*, 2015; Rodríguez *et al.*, 2015), así como en *Ceratitis capitata* (Wiedmann) en campos de café en Hawaii (Shelly & Kurashima, 2016). A diferencia de CeraTrap, que es considerado un atrayente estable que puede ser utilizado por varias semanas consecutivas (Lasa *et al.*, 2015; Shelly & Kurashima, 2016), el resto de atrayentes fue renovado a los siete días. Entre ellos, Agrotap mostró una importante degradación después de una semana en campo con una característica emisión de volátiles de putrefacción perceptibles por el olfato humano, una degradación que no fue notable para los otros atrayentes.

El CeraTrap fue el atrayente más efectivo evaluado para el monitoreo de *A. obliqua* en cultivos de mango. Estudios futuros deberían enfocarse a identificar las interacciones entre los componentes volátiles de este atrayente que lo hacen tan atractivo para *A. obliqua* y para otras especies de *Anastrepha*. Dichos estudios podrían informar el diseño de nuevos atrayentes de alta eficiencia para el monitoreo de especies de tefrítidos de importancia económica en el mundo.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos el apoyo técnico de Juan Sebastián Gómez Díaz y de María Laura Navarro de la Fuente. Los experimentos 1 y 2 se realizaron sin financiamiento. El experimento 3 fue parcialmente financiado por la empresa Agrotecnología Alternativa SA de CV.

LITERATURA CITADA

- Aluja, M., Jácome, I., Macias-Ordóñez, R.** (2001) Effect of adult nutrition on male sexual performance in four neotropical fruit fly species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Behavior*, 14, 759–775.
<https://doi.org/10.1023/A:1013037400676>
- Bateman, M. A., Morton, T. C.** (1981) The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). *Australian Journal of Agricultural Research*, 32, 883–903.
<https://doi.org/10.1071/AR9810883>
- Conway, H. E., Forrester, T.** (2007) Comparison of Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) capture between McPhail traps with torula and Multilure traps with Biolure in South Texas. *Florida Entomologist*, 90, 579–580.
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[579:COMFFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[579:COMFFD]2.0.CO;2)
- Diario Oficial de la Federación (DOF)** (1999) Norma oficial mexicana NOM-023-FITO-1995 por la que se establece la Campaña Nacional contra Moscas de las Frutas. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202043/NOM-023-FITO-1995_110299.pdf (consultado 29 octubre 2019).
- Epsky, N. D., Espinoza, H. R., Kendra, P. E., Abernathy, R., Midgarden, D., Heath, R. R.** (2010) Effective sampling range of a synthetic protein-based attractant for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 103, 1886–1895.
<https://doi.org/10.1603/ec09286>
- Epsky, N. D., Kendra, P. E., Schnell, E. Q.** (2014) History and development of food-based attractants. Pp. 75–118. En: T. Shelly, N. Epsky, E. B. Jang, J. Reyes-Flores, R. Vargas (Eds.). *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9193-9_3
- Flath, R. A., Matsumoto, K. E., Binder, R. G., Cunningham, R. T., Mon, R. T.** (1989) Effect of pH on the volatiles of hydrolyzed protein insect baits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 814–819.
<https://doi.org/10.1021/jf00087a053>
- Flores, S., López, F., Campos, S. E., Montoya, P.** (2018) Sistemas de monitoreo y control de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) basados en atrayentes proteicos. Uso y alternativas futuras en México. *Phytoma*, 298, 51–53. Disponible en:

- https://www.phytoma.com/images/pdf/298_feromonas_citricos_control_mosca_de_la_fruta.pdf (consultado 10 septiembre 2022).
- Hernández-Ortiz, V., 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** (International Atomic Energy Agency) (2018) Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. IAEA, Vienna, Second Edition, 66 pp. Disponible en: <https://www.iaea.org/publications/6916/trapping-guidelines-for-area-wide-fruit-fly-programmes> (consultado 29 agosto 2022).
- Jamovi** (2021) Jamovi Statistical Software v.1.2.27. Disponible en: <https://www.jamovi.org> (consultado 10 noviembre 2021).
- Lasa, R., Cruz, A.** (2014) Efficacy of commercial traps and the lure CeraTrap against *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 97, 1369–1377. <https://doi.org/10.1653/024.097.0411>
- Lasa, R., Williams, T.** (2021a) Does ammonia released from protein-based attractants modulate the capture of *A. obliqua*? *Insects*, 12, 156. <https://doi.org/10.3390/insects12020156>
- Lasa, R., Williams, T.** (2021b) Addition of ammonium acetate to protein-borax baited traps does not improve attraction of *Anastrepha obliqua* or *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Science*, 21, 13. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab091>
- Lasa, R., Williams, T.** (2022) Alkaline hydrolyzed torula yeast as an attractant for *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 146, 676–686. <https://doi.org/10.1111/jen.13009>
- Lasa, R., Herrera, F., Miranda, E., Gómez, E., Antonio, S., Aluja, M.** (2015) Economic and highly effective trap–lure combination to monitor the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) at the orchard level. *Journal of Economic Entomology*, 108, 1637–1645. <https://doi.org/10.1093/jee/tov121>
- Lasa, R., Toxtega, Y., Herrera, F., Cruz, A., Navarrete, M. A., Antonio, S.** (2014) Inexpensive traps for use in mass trapping *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 97, 1123–1130. <https://doi.org/10.1653/024.097.0319>
- López, D. F., Becerril, O. H.** (1967) Sodium borate inhibits decomposition of two protein hydrolysates attractive to the Mexican fruit fly. *Journal of Economic Entomology*, 60, 137–140. <https://doi.org/10.1093/jee/60.1.137>
- Mangan, R. L.** (2003) Adult diet and male–female contact effects on female reproductive potential in Mexican fruit fly (*Anastrepha ludens* Loew) (Diptera Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 96, 341–347. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.2.341>
- Mazor, M., Gothilf, S., Galun, R.** (1987) The role of ammonia in the attraction of females of the Mediterranean fruit fly to protein hydrolysate baits. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 43, 25–29. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1987.tb02198.x>

- Norrbom, A. L., Korytkowski, C. A., Zucchi, R. A., Uramoto, K., Venable, G. L., McCormick, J., Dallwitz, M. J.** (2012) *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. DELTA-Description Language for Taxonomy. Disponible en: <http://delta-intkey.com/anatox> (consultado 29 agosto 2022).
- Ortega, D. A., Cabrera, H.** (1996) Productos naturales y comerciales para la captura de *Anastrepha obliqua* M. en trampas McPhail en Veracruz. *Agricultura Técnica en México*, 22, 63–75.
- Piñero, J. C., Souder, S. K., Smith, T. R., Fox, A. J., Vargas, R. I.** (2015) Ammonium acetate enhances the attractiveness of a variety of protein-based baits to female *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 108, 694–700.
<https://doi.org/10.1093/jee/tov046>
- Piñero, J. C., Souder, S. K., Smith, T. R., Vargas, R. I.** (2017) Attraction of *Bactrocera cucurbitae* and *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) to beer waste and other protein sources laced with ammonium acetate. *Florida Entomologist*, 100, 70–76.
<https://doi.org/10.1653/024.100.0112>
- Piñero, J. C., Souder, S. K., Vargas, R. I.** (2020) Synergistic and additive interactions among components of food-based baits underlie female fruit fly attraction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168, 339–348.
<https://doi.org/10.1111/eea.12890>
- Rodríguez, C., Tadeo, E., Rull, J., Lasa, R.** (2015) Response of the sapote fruit fly, *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae), to commercial lures and trap designs in sapodilla orchards. *Florida Entomologist*, 98, 1199–1203.
<https://doi.org/10.1653/024.098.0428>
- Shelly, T. E., Kurashima, R. S.** (2016) Capture of Mediterranean fruit flies and melon flies (Diptera: Tephritidae) in food-baited traps in Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 48, 71–84.
<https://doi.org/10.1653/024.101.0128>
- Thomas, D. B., Epsky, N. D., Serra, C. A., Hall, D. G., Kendra, P. E., Heath, R. R.** (2008) Ammonia formulations and capture of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Entomological Science*, 43, 76–85.
<https://doi.org/10.18474/0749-8004-43.1.76>
- Toledo, J., Paxtian, 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.