

RESPUESTA VISUAL DEL MUTANTE “OJOS AMARILLOS” DE *ANASTREPHA LUDENS* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) A ESFERAS DE COLORES

JOSÉ LUIS QUINTERO FONG, DINA OROZCO DÁVILA Y JOSÉ SALVADOR
MEZA HERNÁNDEZ

Programa Operativo Moscafrut. Camino a los Cacahotales S/N, Metapa de Domínguez, Chiapas,
México. C. P. 30860. <jose.quintero@iica-moscafrut.org.mx>

Quintero Fong, J. L., Orozco Dávila, D. & Meza Hernández, J. S. 2013. Respuesta visual del mutante “ojos amarillos” de *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) a esferas de colores. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29(3): 513-519.

RESUMEN. La “mosca mexicana de la fruta”, *Anastrepha ludens* (Loew) es una plaga de importancia económica en cultivos de cítricos y mango en México. Estudios del comportamiento sexual en cepas mutantes pueden contribuir en la selección de insectos con potencial para liberación en campo. En este estudio se evaluó la respuesta visual del mutante “ojos amarillos” de *A. ludens* mediante experimentos de elección de color para determinar posibles deficiencias visuales. Las pruebas de laboratorio se realizaron utilizando esferas de color verde, naranja y blanco, comparando la cepa mutante con moscas de cría del tipo silvestre utilizadas como testigo. Los resultados indicaron que las moscas mutantes no presentan discriminación en la elección del color, evidenciando posibles deficiencias visuales.

Palabras clave: Mosca Mexicana de la Fruta, pruebas visuales, cepa mutante.

Quintero Fong, J. L., Orozco Dávila, D. & Meza Hernández, J. S. 2013. Visual response of the “yellow eyes mutant” of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) to colored spheres. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29(3): 513-519.

ABSTRACT. The “Mexican fruit fly” *Anastrepha ludens* (Loew), is an economically important pest of citrus and mango crops in Mexico. Sexual behavior studies on mutant strains can help in the selection of insects with potential for release in field. In this study we evaluated the visual response of the mutant “yellow eyes” of *A. ludens* by color choice experiments to determine possible visual impairments. Laboratory tests were performed using spheres colored of green, orange and white, the mutant strain compared with breeding wild flies were used as control. The results indicated that flies coming from the mutant strain did not have a preference in color choice, showing possible visual impairments.

Key words: Mexican Fruit Fly, visual tests, mutant strain.

INTRODUCCIÓN

Varios estudios han documentado que el comportamiento de las moscas de la fruta (Tephritidae) está influenciado por señales químicas, visuales o acústicas. La respuesta a las señales visuales como el tamaño, forma y color ha sido estudiado en algunas especies (Cytrynowicz *et al.* 1982, Katsoyannos 1989, Sivinsky 1990, Robacker 1992, Epsky & Heath 1998, Drew *et al.* 2006). En general, se reporta una mayor respuesta a esferas sobre otras formas y las moscas son atraídas más fuertemente a las esferas grandes que a las pequeñas induciendo como respuesta la oviposición o el comportamiento de apareamiento. Algunos tefrítidos prefieren colores de longitudes de onda de 500 nm (Agee *et al.* 1982) y existen entre especies diferencias en la preferencia de color, por ejemplo *Bactrocera dorsalis* (Hendel) prefiere el blanco; *B. tryoni* (Froggatt), el blanco y azul cobalto; mientras que *B. cacuminata* (Hering), es mayormente atraída por el naranja y amarillo (Drew *et al.* 2003). De acuerdo con Robacker *et al.* (1990), la mosca Mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) prefiere los colores verde, amarillo y naranja; sin embargo, se desconoce si este comportamiento difiere cuando existe algún cambio en la coloración de ojos. Saul & McCombs (1992) indican que las mutaciones de color de ojos pueden afectar el comportamiento de los insectos. En moscas de la fruta, este tipo de mutantes indicarían un potencial para ser utilizados como marcadores genéticos para programas de liberación por la técnica del insecto estéril (TIE). Tales mutantes han sido descritos en especies como *Ceratitis capitata* (Rössler 1979, Niyazi *et al.* 2005), *Anastrepha fraterculus* (Yamada & Selivon 2001), *Bactrocera cucurbitae* (McInnis *et al.* 2004) y *A. ludens* (Quintero *et al.* 2009). Sin embargo, el mutante de *A. ludens* que tiene como características ojos amarillos y cuerpo claro debido a un locus transmitido como recesivo y autosomal (Meza *et al.* 2004), los machos presentan baja eficiencia de apareamientos cuando se relacionan con hembras silvestres (Quintero *et al.* 2009). Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta visual del mutante ojos amarillos de *A. ludens*, a esferas de colores, para determinar posibles diferencias respecto a la cepa de cría de tipo silvestre. Se discute los efectos en su comportamiento visual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron adultos con fenotipo silvestre (Fig. 1A) y mutantes (Fig. 1B) de *A. ludens*. El fenotipo silvestre fue obtenido de pupas de la cría masiva de *A. ludens* en la Planta Moscafrut (Metapa de Domínguez, Chiapas, México). El fenotipo mutante se obtuvo a partir de pupas de una colonia mantenida en el laboratorio de Validación Tecnológica de la misma Planta Moscafrut. Las moscas del fenotipo silvestre presentan ojos verde iridiscente con naranja en la parte central, mientras que los mutantes tienen ojos amarillo cremoso (Meza *et al.* 2004).

Para las pruebas visuales se utilizaron adultos sexualmente maduros de 10 días de edad, criados según los procedimientos de manejo y cría usados en la planta Mosca-

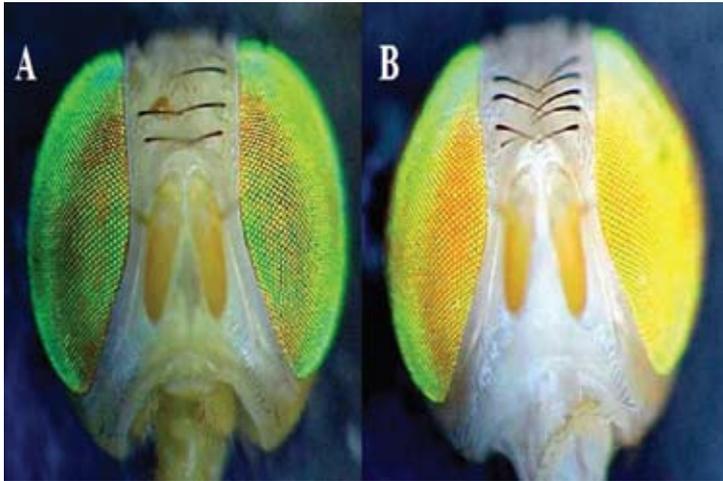


Figura 1. Color de ojos de los insectos con fenotipo silvestre (A) y mutante (B) de *A. ludens*.

frut (Hernández *et al.* 2005). Los adultos se alimentaron con una dieta formulada con agua y azúcar, además de proteína hidrolizada (proporción 3:1). Para evitar cualquier contacto de feromonas antes de la prueba, hembras y machos fueron aislados en grupos de 100 individuos desde la emergencia, y colocados en jaulas de madera de 30x30x30 cm cubierta en los extremos con malla de tul de 2 mm de abertura y mantenidos hasta su maduración sexual con un fotoperiodo de 12 hrs luz por 12 hrs oscuridad (desde 0700 a 1900 hrs e intensidad lumínica de 550 ± 50 lux), a una temperatura de 25 ± 1 °C y humedad relativa (HR) de 65 ± 5 %. Las pruebas se realizaron en condiciones de laboratorio [25 ± 1 °C, 65 ± 5 % (HR), intensidad lumínica de 200-250 lux]. La respuesta visual de la cepa mutante ojos amarillos y la cepa silvestre se evaluó por medio de su capacidad de discriminar entre esferas de agar de colores verde, naranja y blanco (esta última utilizada como testigo, elaborada sin colorante artificial), cubiertas con Parafilm® (Aluja *et al.* 2001). Las esferas de 4.5 cm de diámetro, fueron fabricadas con agua fría (500 ml), agar (50 g) y colorante artificial para alimentos McCormick® (1 ml). Para la caracterización de los colores, se tomaron fotografías digitales de las esferas bajo condiciones de luz de laboratorio (Canon EOS REBEL XTI, EF-S 18-50 KIT, 10.1 megapíxeles), mediante el uso del software RGB (Byers 2006): para los colores verde (R=0, G=93; B=23,) naranja (R=201, G=106; B=16) y blanco (R=216, G=208; B=169). Una esfera de cada color fueron colgadas en un arreglo lineal, en la parte superior de una jaula (50x50x50 cm, cubierta con malla de tul). La distancia entre cada esfera fue 10 cm y se rotaron después de cada evaluación.

En una jaula se colocaron 20 machos de la cepa mutante y en otra jaula con 20 machos de la cepa silvestre. En total se evaluaron 10 jaulas para cada fenotipo, y las

observaciones se realizaron de las 1500 a las 1900 hrs, considerado como el horario de mayor actividad sexual (Aluja *et al.* 1983). Las visitas realizadas a la esfera de cada color fueron cuantificadas, tomando como criterio 10 segundos o más de permanencia en ellas para ser considerado como visita (Liedo 1983). Para evitar la elección múltiple de un solo individuo, después de cada elección los machos fueron retirados de las jaulas.

Las pruebas de elección de color por las hembras, se realizó por medio de la preferencia de oviposición. En una jaula fueron liberadas dos hembras mutantes y en otra dos hembras silvestres, previamente copuladas. En total se evaluaron 40 hembras de cada fenotipo. Después de 24 hrs de exposición a las diferentes esferas de colores, se cuantificó el número de oviposiciones, como medida para evaluar la capacidad atrayente de cada color, ya que cualquier variación en la proporción de oviposiciones (paquetes de huevos ovipositados) puede ser una vía práctica para determinar diferencia en la elección del color (Velasco-Pascual & Enkerlin 1980, Robacker *et al.* 1990, Suárez *et al.* 2007). Los datos fueron previamente analizados por medio de una descripción estadística para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza (Little & Jackson 1989). Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y Fisher PLSD, utilizando el software StatView para Windows (SAS Institute 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio indicaron que los machos mutantes no presentan discriminación en la elección de las esferas de colores (verde 30%, naranja 37% y blancas 33%) ($F=0.18$; $gl=2,27$; $p=0.84$) en comparación con los machos silvestres que visita-

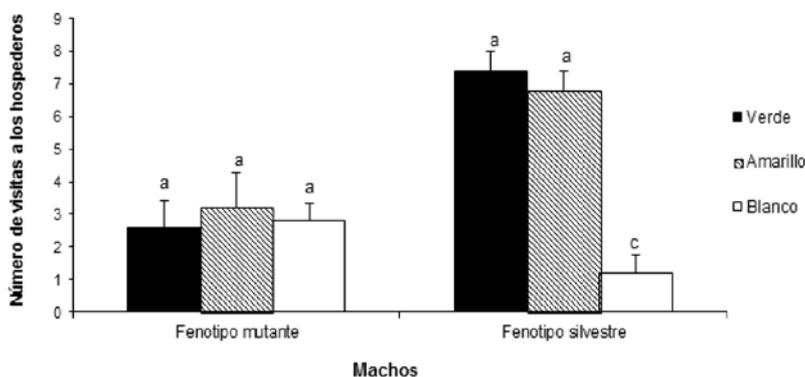


Figura 2. Promedio (\pm Error estándar) de visitas de machos mutantes y tipo silvestres de *A. ludens* a diferentes esferas de colores. Columnas marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes.

ron más veces a las esferas de colores verde (47.27%) y naranja (45.45%) y en menor proporción a las esferas blancas (7.28%) (Fig. 2) ($F=78.62$; $gl=2,27$; $p<0.05$). En las hembras mutantes (Fig. 3), aunque se observa una tendencia de discriminación entre las esferas de colores (verde 60%, naranja 23% y blancas 17%) no fue estadísticamente significativo ($F=2.01$; $gl=2,51$; $p=0.14$). En el caso de las hembras silvestres, ovipositaron más veces en las esferas de color verde (48.05 %) y naranja (44.16 %) y en menor proporción en las blancas (7.79 %). En general los machos (36%) y hembras (24%) mutantes realizaron una menor cantidad de visitas a las esferas que los silvestres (64 y 76% respectivamente).

En machos y hembras de *A. ludens* ha sido registrada una preferencia por los colores verde, amarillo y naranja (Robacker *et al.* 1990, Robacker 1992), y con menor preferencia por el color blanco (Velasco-Pascual & Enkerlin 1980). En los insectos silvestres (aunque no evaluamos el color amarillo) encontramos similar comportamiento de preferencia a los colores verde y naranja con menor preferencia por el color blanco. En los insectos mutantes el patrón de comportamiento fue diferente, los machos y hembras no presentan discriminación a esferas de colores verde, naranja y blanco. Es posible que la mutación podría estar alterando otros aspectos del comportamiento, que no necesariamente están relacionados con el comportamiento visual. En algunos insectos se menciona que la coloración de ojos sirve como medio de comunicación durante el cortejo (Burk 1981). Así, en *C. capitata* la coloración de ojos y las setas orbitales producen las señales visuales masculinas (Eberhard 1994); en *Phytalmia megalotis*, los colores faciales y de ojos contribuyen como advertencia en la exhibición del tamaño entre los machos rivales (Dodson 1997). En el mutante de ojos blancos de *Drosophila* se documenta una disminución del cortejo en gran parte como resultado de su mala agudeza visual (Stuverant 1915, Geer & Verde 1961,

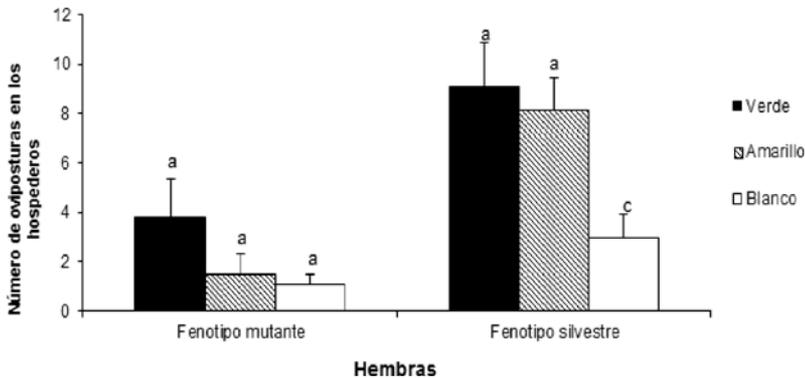


Figura 3. Promedio de oviposiciones por hembras mutantes y tipo silvestre de *A. ludens* en los diferentes colores de esferas. Columnas marcadas con la misma letra no son significativamente diferentes.

citado por Hall 1994). En el caso de *Ceratitits capitata* (Wiedmann) se documenta que machos mutantes con deficiencia visuales muestran diferencias en conducta comparados con machos de cría de tipo silvestre (Briceño 2003). Entonces, la visión es parte importante en la orientación de los insectos, donde variaciones en la coloración de ojos pueden alterar su comportamiento. En la mutante de *A. ludens* es posible que el color de ojos limite la visión de las moscas alterando su orientación, ya que en general los mutantes realizaron menor cantidad de visitas a las esferas que los individuos de la cepa silvestre. En conclusión, los resultados del estudio indicaron que la mutante ojos amarillos de *Anastrepha ludens* presenta posibles deficiencias visuales que dificultan la elección de color, por lo cual no es recomendable el uso de esta cepa para programas de liberación mediante la Técnica del Insecto Estéril.

AGRADECIMIENTOS. A Marco P. Pérez, José L. Zamora, Jesús A. Escobar y Gonzalo I. González (Validación Tecnológica Moscafrut) por su invaluable asistencia técnica. Esta investigación fue apoyada por el Programa Operativo Moscafrut (Acuerdo SAGARPA-IICA).

LITERATURA CITADA

- Agee, H. R., Boller, E., Remund, U., Davis, J. C. & Chambers, D. L. 1982. Spectral sensitivities and visual attractant studies on the Mediterranean fruit flies, *Ceratitits capitata* (Wiedemann), the olive fly, *Dacus oleae* (Gmelin), and the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi* (L.): color trap reflectance, compound eye electrophysiology. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 93: 403-412.
- Aluja, M., Hendrichs, J. & Cabrera, M. 1983. Behavior and interaction between *Anastrepha ludens* (L.) and *Anastrepha obliqua* (M) on field caged mango tree. I. Lekking behavior and male territoriality, pp: 122-133. In: Cavalloro, R. (Ed). *Fruit flies of economic importance. CEC/IBOC Symposium*. Athens, Greece.
- Aluja, M., Díaz-Fleischer, F., Papaj, D., Lagunes, G. & Sivinski, J. 2001. Effects of age, diet, female density, and the host resource on egg load in *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 47: 975-988.
- Briceño, R. D. 2003. Sexual behavior of mutant strains of the medfly *Ceratitits capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista de Biología Tropical*, 51: 763-768.
- Byers, J. A. 2006. Analysis of insect and plant colors in digital images using java software on the Internet. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 865-874.
- Burk, T. 1981. Signaling and sex in Acalyprate flies. *Florida Entomologist*, 64: 30-43.
- Cytrynowicz M., Morgante, J. S. & de Souza, H. M. L. 1982. Visual responses of South American fruit *Anastrepha fraterculus* and Mediterranean fruit flies, *Ceratitits capitata*, to colored rectangles and spheres. *Environmental Entomology*, 11: 1202-1210.
- Dodson, G. N. 1997. Resource defense mating system in antlered flies, *Phytalmia* spp. (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 90: 496-504.
- Drew, R. A. I., Prokopy, R. J. & Romig, M. C. 2003. Attraction of fruit flies of the genus *Bactrocera* to colored mimics of host fruit. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 107: 39-45.
- Drew R. A. I., Dorji, C., Romig, M. C. & Loday, P. 2006. Attractiveness of various combinations of colors and shapes to females and males of *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) in a commercial mandarin grove in Bhutan. *Journal of Economic Entomology*, 99: 1651-1656

- Eberhard, W. G.** 1994. Evidence for widespread courtship during copulation in 131 species of insects and spiders, and implications for cryptic female choice. *Evolution*, 48: 711-733.
- Epsky, N. D. & Heath, R. R.** 1998. Exploiting the interactions of chemical and visual cues in behavioral control measures for pest tephritid fruit flies. *Florida Entomologist*, 81: 273-282.
- Hall, J. C.** 1994. The mating of a fly. *Science*, 64: 1702-1714.
- Hernández, E., Artiaga, T. & Domínguez, J.** 2005. Métodos para la colonización y cría de moscas de la fruta. pp. 21: 155-170. In: *Memorias del XVI curso internacional sobre moscas de la fruta*. Metapa de Domínguez, Chiapas, México.
- Katsoyannos, B. I.** 1989. Response to shape, size and color, pp: 307-324. In: Robinson, A. S. & Hooper, G.H.S. (Eds). *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol. 3A. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Liedo, P.** 1983. *Mexican fruit fly Anastrepha ludens (Loew): response to visual stimuli in the presence of pheromonal compounds*. M. Sc. Thesis. University of Southampton, U.K. 69 pp.
- Little, T. M. & Jackson, H.** 1989. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Edit. Trillas. México, D.F.
- McInnis D.O., Tan, S., Lim, R., Komatsu, J. & Albrecht, C.** 2004. Development of a pupal color based genetic sexing strain of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 97: 1026-1033.
- Meza, J. S., Zepeda, C. S., Domínguez, J. C. & Orozco, D.** 2004. New mutant in the Mexican Fruit fly (*Anastrepha ludens*) and their possible role in the genetic sexing. p. 91. In: *5th meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere*. Florida, USA.
- Niyazi, N., Caceres, C., Delprat, A., Wornoayporn, V., Ramírez, E., Franz, G. & Robinson, A. S.** 2005. Genetics and mating competitiveness of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) strains carrying the marker *Sergeant*, *Sr*². *Annals of the Entomological Society of America*, 98: 119-125.
- Quintero, J. L., Meza, J. S., Orozco, D., Figueroa, M. S. & Cruz-López, L.** 2009. Biología y comportamiento sexual del mutante ojos amarillos de *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 25: 9-20.
- Robacker, D. C., Moreno, D. S. & Wolfenbarger, D. A.** 1990. Effects of trap color, height, and placement around trees on capture of Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 83: 412-419.
- Robacker, D. C.** 1992. Effects of shape and size of colored traps on attractiveness to irradiated, laboratory-strain Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 75: 230-240.
- Rössler, Y.** 1979. The genetic of the Mediterranean fruit fly a white pupae mutant. *Annals of the Entomological Society of America*, 72: 583-585.
- Saul, S. H. & Combs, Mc. S. D.** 1992. Light eye color mutants as genetic markers for released populations of Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 1240-1245.
- Sivinski, J.** 1990. Colored spherical traps for capture of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. *Florida Entomologist*, 73: 123-128.
- SAS Institute** 1998. StatView version 5.0.1 for Windows.
- Suárez, L., Molina, A., Murúa, F., Acosta, J. C., Moyano, B. & Escobar, J.** 2007. Evaluación de colores para la oviposición de *Ceratitidis capitata* (Diptera, Tephritidae) en Argentina. *Revista Peruana de Biología*, 14: 291-293.
- Velasco-Pascual, H. & Enkerlin, D.** 1980. Efectos del color en trampas para captura de la mosca Mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew). *Folia Entomológica Mexicana*, 43: 11-12.
- Yamada, M. S. & Selivon, D.** 2001. *Rose*, an eye color mutation in a species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 94: 592-595.