

---

## Viabilidad de huevos y modelo de jaula para la cría artificial masiva de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

---

GARCÍA, JULIANA\* y JOSÉ IANNACONE\*\*

\* Laboratorio de Desarrollo de Métodos de la Unidad de Centros de Producción de Moscas de la Fruta (UCPMF) -La Molina. Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Lima,

Perú  
\*\* Laboratorio de Ecofisiología Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Av. Chepen s/n. Urb. Villa Hermosa. El Agustino. Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@yahoo.es

### Viability of eggs and screen cage model for mass artificial rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

■ **ABSTRACT.** The aim of this study was to determine the viability of eggs and cage model suitable for artificial mass rearing of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann). The results show that the period of maximum oviposition occurs during the first 10 days in Medium cages which allows to obtain the necessary volume of eggs to feed the foot of rearing of *A. fraterculus* in a mass rearing. Considering that a positive relationship was found between the volume of eggs oviposited and the hatchability percentage in a period of 21 days of collection, this period coincides with the highest values of hatching. Among the evaluated cage models: Medium, Large and Mission, Medium model showed the best results when assessing the number of eggs/female/day with an average of 11.4. The cage that showed lower results was Mission model with an average of 4.6 eggs/female/day. The Large cages showed values lower than the Medium cages but the differences were not significant. Good values recorded in the Medium cages were likely due to their structure, with the inside of the cage divided into several compartments, which improves the distribution of adult flies and prevents early mortality due to the overcrowding of the base or the roof of the cage.

**KEY WORDS.** Fecundity. Fertility. Fruit fly. Mass-rearing.

■ **RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo fue determinar la viabilidad de huevos y el modelo de jaula apropiada para la cría artificial masiva de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann). Los resultados muestran que el periodo de máxima oviposición ocurre durante los primeros 10 días en jaulas modelo Mediana, lo cual permite obtener el volumen de huevos necesario para alimentar el pie de cría de *A. fraterculus* en una cría masiva. Considerando que se encontró relación positiva entre el volumen de huevos ovipositados y el porcentaje de eclosión de huevos, en un periodo de 21 días de colecta, este periodo coincide además con los valores de eclosión más altos. Entre los modelos de jaulas evaluadas: Mediana, Grande y Mission; el modelo Mediana mostró los mejores resultados al evaluar el número de huevos/hembra/día con un valor promedio de 11,4. La jaula que mostró

menores resultados fue el modelo Mission, con un valor promedio de 4,6 huevos/hembra/día. Las jaulas grandes mostraron valores menores a las jaulas Medianas, pero las diferencias fueron no significativas. Los buenos valores registrados en las jaulas Medianas posiblemente se deban a la estructura de la jaula, que presentó la cara interna dividida en muchos compartimientos, lo cual mejora la distribución de las moscas adultas y previene la mortalidad temprana por hacinamiento en la base o en el techo de la jaula.

**PALABRAS CLAVE.** Cría masiva. fecundidad. Fertilidad. Mosca de la fruta.

## INTRODUCCIÓN

En muchos países de América Latina, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) es una plaga importante de la fruticultura, porque utiliza el fruto como substrato para la oviposición y para el desarrollo de las larvas. Esta especie causa daños directos e indirectos en la agricultura (Marín, 2002) lo cual se traduce en pérdidas en la producción de frutas y en el comercio internacional por las regulaciones cuarentenarias (Nolasco & Iannaccone, 2008).

En el Perú, *A. fraterculus* es una especie endémica (Korytkowski, 2001) y antes de la aparición de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) o mosca del Mediterráneo en 1956, ocupaba el primer lugar dentro de los dípteros dañinos de los frutos (González *et al.*, 1971). En la actualidad, aunque desplazada por dicha especie, en algunos valles frutícolas del sur del país mantiene su jerarquía como la segunda plaga más importante (Nolasco & Iannaccone, 2008). Algunas características biológicas como la capacidad de dispersión, el ciclo de vida relativamente corto y el alto potencial de reproducción hacen que su presencia cause severas limitaciones para la exportación de productos frutícolas, por ello es objeto de estrictas restricciones cuarentenarias (Malvasi *et al.*, 1994).

Ante este problema en el Perú, se han establecido estrategias de manejo y erradicación de esta plaga. El Programa Nacional de la Mosca de la Fruta (PNMF) tiene como objetivo la reducción significativa de las poblaciones de moscas de la fruta, en los valles frutícolas costeros e interandinos con potencial frutícola exportador hasta alcanzar "áreas libres" (Crovetto & Tirado, 2008). Uno

de los elementos importantes en el manejo integrado de plagas lo constituye el combate autocida el cual, integrado armónicamente con otros métodos de control, facilita la supresión de esta plaga (Aluja, 1993). El combate autocida, que se basa en la técnica del insecto estéril (TIE), es factible una vez abatidas las poblaciones silvestres mediante aspersiones de insecticida cebo (Muñiz & Andrés, 1993; Del Pino & Garrido, 1996). La TIE consiste en liberar masivamente moscas estériles, producidas artificialmente en el laboratorio o en biofábricas para alcanzar el cruzamiento de hembras silvestres con machos de laboratorio esterilizados con irradiación gamma, de tal forma que los huevos no sean viables (Knipling, 1955). De esta manera, se reduce la plaga hasta alcanzar la supresión y/o erradicación (Cáceres, 2002; Cáceres *et al.*, 2007). Para aplicar la TIE en plagas insectiles agrícolas y de salud pública, es necesario implementar una cría masiva efectiva en base a dietas artificiales y condiciones controladas para cada fase biológica (Domínguez *et al.*, 2000; Teal *et al.*, 2004).

Uno de los aspectos que hace posible considerar la cría masiva de *A. fraterculus* es que es una especie polífaga y multivoltina, al igual que otras especies de tefrítidos como *Bactrocera tryoni* (Froggatt), mosca de la fruta de Queensland; *Bactrocera dorsalis* (Hendel), mosca oriental de la fruta; *Bactrocera (Zeugodacus) cucurbitae* (Coquillett), la mosca del melón; *Anastrepha suspensa* (Loew), la mosca del Caribe; *A. ludens* (Loew), la mosca mexicana; *A. obliqua* (Macquart), la mosca de las Indias Occidentales, y *Ceratitis capitata*, la mosca del Mediterráneo (Domínguez *et al.*, 1997;

Braga *et al.*, 2006), las cuales ya son criadas en forma masiva en distintos lugares del mundo. Sin embargo quedan muchos aspectos a considerar, la oviposición es uno de los más críticos en la cría de *A. fraterculus*, ya sea por la dificultad para obtener un número suficiente de huevos viables (con valores de viabilidad superiores al 80%), así como para determinar los tipos de jaulas más apropiados (Salles, 1995; FAO/IAEA/USDA, 2003; López *et al.*, 2006). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad de huevos y el modelo de jaula apropiada para la cría artificial masiva de *A. fraterculus*, a fin de maximizar la fertilidad y la fecundidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las actividades se realizaron en el Laboratorio de Desarrollo de Métodos de la Unidad de Centros de Producción de Moscas de la Fruta (UCPMF) - La Molina, Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Lima, Perú. Se evaluaron dos aspectos: la viabilidad (fertilidad) y producción (fecundidad) de huevos a lo largo de tres semanas de oviposición, y el modelo de jaula que maximizara esos parámetros.

### Fertilidad y fecundidad durante el periodo de máxima oviposición (21 días)

**Armado de jaulas.** Se trabajó con jaulas con las dimensiones siguientes: 1,74 x 0,67 x 0,68 m. (jaulas modelo Mediana, ver más adelante). Cada jaula presentó un panel de oviposición que comprendió una tela roja de 18 hilos en un cm lineal, impregnada con silicona en la cara externa para permitir la colecta de huevos. Se usó una dieta consistente en proteína hidrolizada enzimática (Gludín W40®, Hexa-Química SAC, Lima, Perú) y azúcar en una proporción de 1:3 para alimentar los adultos emergentes (Pison *et al.*, 2006). El agua se proveyó en tubos de PVC (2 pulg.) a los cuales se les colocó una tela absorbente. Se colocaron por jaula 47.200 pupas vivas debidamente sincronizadas a 1 día antes

de la emergencia. Se distribuyó el material biológico equitativamente en la base de la jaula y se colocaron conos de papel en la base de la misma para la expansión y acondicionamiento alar del estado adulto. Se mantuvieron las jaulas debidamente rotuladas en la sala de reproductores a 26°C  $\pm$  1, 65%  $\pm$  5 de humedad relativa, y un fotoperiodo de 10:14 de luz y oscuridad. El periodo de preproducción fue de 7 días para iniciar la colecta de huevos. Cada semana se armaron tres jaulas y los registros se extendieron por seis semanas por lo que la información corresponde a 18 jaulas.

**Colecta de huevos.** Los primeros huevos colectados fueron desechados (primer y segundo día) y la tercera colecta fue registrada como primera, con la finalidad de obtener una mayor cantidad de huevos fértiles debido a que *A. fraterculus* produce los dos primeros días huevos infértiles sin haber copulado (Salles, 1999b; Braga *et al.*, 2006). La colecta se realizó diariamente en la mañana, luego de limpiar los paneles de oviposición; durante 30 min se bajaron los huevos con un fino rocío de agua mediante el uso de una manguera a presión para evitar la deshidratación de los mismos. Se colectaron en baldes para cada jaula. Se midió diariamente el volumen en ml de la cantidad de huevos obtenidos (fecundidad) y se agruparon los correspondientes al promedio de las tres jaulas que se armaban cada semana, durante seis semanas. La duración del periodo de colecta fue de 21 días (Vera *et al.*, 2007).

**Determinación de la viabilidad de huevos al momento de la colecta.** Se tomó una pequeña muestra aleatoria de huevos de cada grupo de jaulas armadas cada semana. Se colocó una tira de paño absorbente dentro de una placa de Petri de plástico, poniendo sobre ella una tira de cartulina negra, ambos humedecidos con agua. Se colocaron 300 de la muestra sobre la tira de cartulina y se alinearon con la ayuda de un pincel de pelo de Martha N°000. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico, se identificó y cuantificó el número de huevos

para determinar el porcentaje de eclosión. Posteriormente se incubaron a  $28^{\circ}\text{C} \pm 1$  y  $90 \pm 5\%$  de humedad relativa. Luego de 120 h, se identificaron y cuantificaron los eclosionados. Los resultados fueron expresados en porcentaje de viabilidad de huevos (fertilidad) por día, siguiendo lo señalado por Hernández *et al.* (2010).

### Modelo de jaula más adecuado

Los tres modelos de jaulas fueron:

1) Mediana: con dimensiones de 1,74 x 0,67 x 0,68 m. El sustrato o panel de oviposición se encuentra en toda el área de una de las caras de la jaula y está fabricado con una tela de nylon roja de 18 hilos, las otras caras están compuestas por una malla de 7 hilos por cm lineal. La cara interna está dividida en muchos compartimientos.

2) Grande: con dimensiones 2,00 x 2,00 x 0,30 m. El sustrato o panel de oviposición se encuentra en la parte central de la cara frontal y está fabricado con una tela de nylon roja de 18 hilos. Los demás lados están cubiertos por una malla de 18 hilos. La cara interna no estuvo dividida en compartimientos.

3) Mission: con dimensiones de 2,15 x 1,80 x 0,30 m. El sustrato o panel de oviposición se encuentra en forma vertical, en el área central-frontal de la jaula de la cual sobresale una cámara de oviposición a base de una tela de nylon roja de 18 hilos, donde el panel está aislado del contacto directo con el medio ambiente por medio de una puerta de acrílico. La otra cara está compuesta por una malla de 18 hilos y los lados laterales están cubiertos por aluminio.

Cada grupo de tres jaulas se armó semanalmente (teniendo un total de 5 grupos o repeticiones por cada modelo). Se dio la misma densidad para los tres modelos: 1 mosca por cada  $2\text{cm}^2$ . La dieta de los adultos consistió en proteína hidrolizada enzimática y azúcar en una proporción de 1:3. El agua para los adultos se proveyó en tubos de PVC (2 pulg.) a los cuales se les colocó una tela absorbente. La duración del periodo de colecta de huevos fue de 21 días. La colecta fue realizada diariamente en la misma forma a lo indicado en el acápite previo.

### Habilidad de vuelo, porcentaje de emergencia, relación de sexos y número de huevos por hembra por día

Con las pupas procedentes de los tres modelos de jaula se realizaron las siguientes pruebas, que se llevaron a cabo según el Manual de la FAO/ IAEA/ USDA (2003).

**Habilidad de vuelo y porcentaje de emergencia.** Se realizó esta prueba para obtener estimaciones precisas del porcentaje de pupas que producen moscas adultas con capacidad básica para volar. Se realizó bajo las condiciones y procedimientos siguientes: temperatura,  $25\text{C} \pm 1$ ; humedad relativa,  $65\% \pm 5$ ; Fotoperiodo, 10h:14 h de luz:oscuridad. Se acondicionaron tubos de PVC de 10 cm de alto y 8 cm de diámetro externo con una base de cartulina negra para que la luz solo ingrese en la parte superior de los tubos. Se colocó un aro de cartulina negra de 1 cm de ancho y 6 cm de diámetro en la base de los tubos, para proporcionar lugares de descanso para las moscas recién emergidas. Se cubrió el interior de los tubos de PVC con talco sin aroma, para prevenir que las moscas salgan caminando y se golpeó sobre una superficie fina para eliminar el exceso de talco. Se adicionaron 100 pupas (de la muestra extraída) procedentes de cada modelo de jaula dentro del aro de cartulina. Para cada tipo de jaula y lote de pupas (la jaula Mediana empleó un promedio de 47.200 pupas; la Grande usó 71.450 y la Mission, 71.800 pupas) se realizaron 3 repeticiones. Se colocaron los tubos de PVC en jaulas de plexiglás ventiladas de 30 x 40 x 30 cm para la emergencia y habilidad de vuelo de *A. fraterculus*. Después de que las moscas emergieron y empezaron a volar, se eliminaron dos veces al día los adultos que lograron salir de los tubos negros, para evitar así que al caer por inanición dentro del tubo se proporcione un dato erróneo. Una vez que todas las moscas murieron, se contó el número de pupas no emergidas, los adultos medio emergidos, los no voladores, los deformes y, además, el número de moscas voladoras. Estos datos se registraron para calcular el porcentaje de emergencia y habilidad de vuelo. Para el porcentaje de

emergencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%E = T - (PnE + AmE) / 100$$

Donde: % E: Porcentaje de emergencia. T: Número total de pupas. PnE: Pupas no emergidas. AmE: Adultos medio emergidos. Mientras que para el porcentaje de voladoras, la fórmula utilizada fue:

$$\%V = \frac{\text{Número Total de pupas} - (\text{Ad} + \text{AnV} + \text{PnE} + \text{AmE})}{100}$$

Donde: % V: Porcentaje de voladoras. Ad: Adultos con alas deformes. AnV: Adultos no voladores. AmE: Adultos medio emergidos.

**Relación de sexos.** Se tomó una muestra de 100 pupas en una placa petri pequeña (3 repeticiones). Una vez que todas las moscas hubieron emergido y muerto se contó el número de adultos hembras y machos. Se expresaron los resultados en porcentaje utilizando las fórmulas siguientes:

$$\%H = \frac{N^{\circ}H}{N^{\circ}AE} \times 100$$

$$\%M = \frac{N^{\circ}M}{N^{\circ}AE} \times 100$$

Donde: %H=Porcentaje de hembras. %M=Porcentaje de machos. N°H = Número de hembras. N°M = Número de machos. N°AE = Número de adultos emergidos.

**Número de huevos por hembra por día (Fecundidad).** Para determinar el número de huevos por hembra por día, en cada tipo de jaula se calculó primero el número de hembras voladoras y el número de huevos puestos con las siguientes fórmulas.

N°Hembras voladoras = Número de pupas vivas x % Voladoras x %Hembras.

N°Huevos = volumen de huevos en mL x 20.000. Este dato fue obtenido del control de calidad previo realizado con esta especie.

El número de huevos por hembra por día se determinó con la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ Huevos por hembra por día} = \frac{N^{\circ}HV}{N^{\circ}días \text{ de colecta}} \times \frac{N^{\circ}Hvs}{N^{\circ}Hvs}$$

Donde: N° HV = Número de hembras voladoras. N°Hvs = Número de huevos puestos.

### Análisis de datos

Se realizó un análisis de correlación entre la viabilidad (fertilidad) y el volumen de huevos

por día (fecundidad) de *A. fraterculus*. Se determinó el periodo más adecuado de colecta de huevos, empleando el análisis de regresión lineal y su coeficiente de determinación ( $r^2$ ). Con el fin de asegurar la normalidad de los datos se empleó la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se evaluó si existían diferencias en los promedios de viabilidad y del volumen de huevos en 21 días de exposición, empleando un ANOVA. En los tres modelos de jaula, se analizó si existieron diferencias significativas en el volumen de huevos (mL) y en el número de huevos/día a través de un ANOVA. Se comparó, en los tres modelos de jaula, el número total de individuos emergidos, voladores, hembras y hembras voladoras de *A. fraterculus* por día empleando el ANOVA. Para todas las pruebas se usó la prueba de Tukey *a posteriori*. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 18,0 para el cálculo de la estadística descriptiva e inferencial.

## RESULTADOS

El volumen de huevos ovipositados (fecundidad) y el porcentaje de viabilidad de huevos (fertilidad) de *A. fraterculus* de la UCPMF, obtenidos a lo largo de un periodo de 21 días de postura, se muestran en la Tabla I. Se observa que el volumen de huevos tiene una tendencia decreciente a partir del cuarto día de postura; el porcentaje de viabilidad también muestra una tendencia a disminuir, pero de manera menos notoria a partir del quinto día. Se encontraron diferencias significativas en el promedio de viabilidad de los huevos ( $F = 2,67$ ;  $P = 0,001$ ) entre el día 3 vs el día 21, con una disminución del 25,3% (Tabla I). El promedio del volumen de huevos también presentó diferencias significativas entre los días evaluados ( $F = 18,49$ ;  $P = 0,000$ ), principalmente entre el día 4 vs el día 21, con un 91,4% en la reducción del volumen de huevos (Tabla I). Se observó un alto valor en el coeficiente de determinación entre el volumen de huevos (y) y el porcentaje de viabilidad (x) ( $r^2 = 0,86$ ), lo que indica un buen ajuste en la ecuación de la recta de regresión lineal de  $y = 1,5938x$

**Tabla I.** Porcentaje de viabilidad y volumen de huevos de *Anastrepha fraterculus* durante 21 días de colecta. Se empleó un estimado de 47.200 pupas vivas.

Días	Viabilidad		Volumen de huevos	
	X±EE	Significancia	X±EE	Significancia
1	65,8±3,8	ab	15,3±2,2	bcde
2	69,8± 3,1	ab	23,5±4,6	efg
3	72,8±3,4	b	28,3±2,8	fg
4	70,6±2,7	ab	34,0±4,9	g
5	72,7±2,3	b	30,5±2,4	fg
6	69,6±2,0	ab	28,2±2,9	fg
7	67,7±1,4	ab	24,6±1,6	efg
8	70,6±1,8	ab	22,5±2,8	defg
9	69,8±2,5	ab	21,5±1,7	cdef
10	67,4±0,9	ab	22,4±2,6	cdef
11	69,2±2,1	ab	20,1±1,3	cdef
12	67,3±4,3	ab	15,5±1,1	bcde
13	62,1±5,7	ab	13,2±1,3	abcde
14	59,6±3,9	ab	11,8±1,2	abcd
15	60,3±3,1	ab	10,8±1,0	abc
16	62,2±2,6	ab	8,1±0,7	ab
17	62,3±2,1	ab	6,3±1,1	ab
18	58,4±2,5	ab	5,9±0,7	ab
19	56,8±4,6	ab	4,8±0,8	ab
20	58,8±4,7	ab	3,5±0,6	a
21	54,4±6,8	a	2,9±0,7	a
	65,4±0,8		16,8±0,9	

\*Las letras iguales junto a los promedios en una misma columna indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $P > 0,05$ ). X = Promedio. EE = Error estándar.

**Tabla II.** Variación en el volumen de huevos y en el número de huevos por hembra de *Anastrepha fraterculus* por día en los tres modelos de jaulas.

Modelo de jaula	Volumen de huevos (mL) en 21 días		Número de huevos por hembra/día	
	X±EE		X±EE	
Grande	304,9±33,3	a	8,6±1,1	a
Mediana	260,2±13,6	ab	11,4±0,5	a
Mission	187,3±13,2	b	4,6±0,2	b
F	2,27		8,19	
Significancia	< 0,001		< 0,001	

\*Las letras iguales junto a los promedios en una misma columna indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $P > 0,05$ ). X = Promedio. EE = Error estándar.

**Tabla III.** Variación en el promedio del número de individuos emergidos, voladores, hembras y hembras voladoras procedentes de los tres modelos de jaulas a partir de 25 mL de pupas.

Modelo de jaula	Número de individuos			
	Emergidos X±EE	Voladores X±EE	Hembras X±EE	Hembras voladoras X±EE
Grande	169.521,8±7.666,2 a	145.459,0±7.552,2 a	84.530,6±3.267,1 b	72.493,8±3.105,3 a
Mediana	111.197,0±5.900,9 b	98.988,8±7.307,9 b	52.403,4±2.037,5 c	46.510,6±2.500,7 b
Mission	189.254,0±4852,3 a	169.841,0±8.504,1 a	91.989,0±1.252,2 a	82.447,6±3.116,9 a
F	11,34	6,84	14,35	14,03
Significancia	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

\*Las letras iguales en una misma columna junto a los promedios indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $P > 0.05$ ). X = Promedio. EE = Error estándar.

– 87,035. Ambas variables presentaron una correlación positiva ( $r = 0,92$ ).

Para el modelo de jaula, se utilizaron como indicadores los índices de producción (volumen de huevos (mL) y N° de huevos/hembra/día). En la Tabla II, se observa que no existen diferencias estadísticas en el volumen de huevos y en el número de huevos/hembra/día entre las jaulas modelos Grande y Mediana, pero sí entre estas y las jaulas Mission. Se advierte que por 25 mL de pupas de cada uno de los tres modelos de jaula, el número de individuos emergidos y voladores no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las Grande y las Mission, mientras que las jaulas Mediana tienen valores menores y estadísticamente diferentes a los otros dos modelos (Tabla III). En cuanto al número de hembras, las tres jaulas mostraron diferencias, los valores más altos se obtuvieron en la Mission. Sin embargo, en las hembras voladoras, solo las jaulas Mediana mostraron diferencias significativas. Entre los modelos Grande y Mission no hubo diferencias entre los promedios de las mismas (Tabla III).

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se logró un periodo de oviposición de 10 días para obtener la fecundidad y fertilidad de huevos adecuados y óptimos que alimenten el pie de cría de *A. fraterculus*. Entre los tres modelos de jaulas evaluadas, la Mediana mostró los mejores

resultados al evaluar el número de huevos/hembra/día. En contraste, la jaula que mostró los valores más bajos fue el modelo Mission.

El número de huevos/hembra siempre va a ser mayor a menores niveles de producción, esto es debido, según Vera *et al.* (2007), a que las hembras confinadas en jaulas pequeñas, bajo condiciones de poco estrés y no conglomeradas producen un mayor número de huevos/hembra. En este trabajo, se obtuvieron valores de porcentaje de eclosión entre el 54,4% (día 21 de colecta) al 72,7% (día 5 de colecta), mientras que González *et al.* (1971) encontró un 45% de eclosión de huevos en tela roja con silicona. Jaldo *et al.* (2001) obtuvieron un 84 % de eclosión de *A. fraterculus*, utilizando tela blanca con silicona en jaulas de metal de 0,96 x 0,60 x 0,30 m con 8.500 pupas vivas.

Se observó una correlación positiva entre el volumen de huevos y el porcentaje de viabilidad de los mismos por día, a lo largo de 21 d de exposición, con una reducción del 25,3% y del 91,4% para viabilidad y volumen de huevos, respectivamente. Vera *et al.* (2007) no observaron ninguna correlación entre estas dos variables ( $r = 0,08$ ;  $P > 0,05$ ), pero sí encontraron una disminución del 13,5% y del 69,1% para la viabilidad (fertilidad) y el volumen de huevos (fecundidad) de *A. fraterculus*, respectivamente, en 28 días de evaluación.

Vera *et al.* (2007) obtuvieron un 86% de eclosión, utilizando 10.000 pupas por jaula e

indican que la alta humedad favorece la alta recuperación de pupas. Liedo *et al.* (2007) no encontraron diferencias en la emergencia de adultos y en la habilidad del vuelo, pero sí en la competitividad de los machos o en el comportamiento de apareamiento de *C. capitata* cuando emplea plexiglas para proporcionar una mayor superficie horizontal, en comparación a otras dos condiciones de cría masiva.

La jaula que mostró el mejor resultado fue la Mediana en relación al número de huevos/hembra/día, posiblemente uno de los factores que influyó fue la estructura de la jaula, que presentó la cara interna dividida en muchos compartimientos, lo cual mejora la distribución de las moscas adultas y previene la mortalidad temprana por hacinamiento en la base o en el techo de la jaula. En una cría masiva con *C. capitata*, que empleó plexiglas para proporcionar una mayor superficie horizontal a 2.200 moscas/jaula, se encontró un incremento en la tasa de fecundidad al aumentar la colonización. Sin embargo, no fue diferente a los otros dos sistemas de cría masiva (Liedo *et al.*, 2007).

A pesar de existir diferencias en cuanto al número de moscas hembras entre los tres modelos de jaulas, las Mediana mostraron  $11,4 \pm 0,5$  huevos por hembra/día, lo cual es importante si se requiere producir millones de moscas semanales para implementar la TIE. Vera *et al.* (2007) encontraron de igual forma, 11 a 15 huevos/hembra/día. En este estudio, se utilizó una densidad de 0,5 mosca por cada  $\text{cm}^2$  para incrementar la producción de huevos, a pesar de la recomendación de Moreno (1993) que indica una densidad máxima por jaula no mayor a  $0,2$  adultos  $\text{cm}^{-2}$ , lo cual pudo haber afectado el volumen y viabilidad de los huevos. La densidad de adultos de tefrítidos por jaula puede variar según la especie y es un factor crítico en la sobrevivencia y la fecundidad, que debe ser estudiado para determinar el tamaño de la jaula y los niveles de población a confinar (Jaldo *et al.*, 2001; FAO/IAEA/USDA, 2003; Liedo *et al.*, 2007; Vera *et al.*, 2007).

Liedo & Carey (1994) y Del Pino & Garrido (1996) recomendaron un especial cuidado en la colonia de reproductores de

tefrítidos para minimizar los efectos adversos en la calidad de las moscas, y que no alteren los resultados de volumen y eclosión de los huevos.

Un factor limitante e importante en una cría masiva exitosa de tefrítidos es la necesidad de desarrollar una técnica que pueda promover una oviposición efectiva y facilitar la colecta de huevos que garanticen una máxima fertilidad (Salles, 1999a). A pesar de que en el modelo de jaula Mediana se obtuvo una oviposición efectiva, los huevos necesitan ser colectados manualmente en cortos periodos para evitar la deshidratación de los mismos, actividad que debería ser reemplazada por un mecanismo automatizado, para producir millones de pupas que se requieren en la implementación de la TIE. Durante la caracterización del proceso de adaptación de *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) a condiciones de cría masiva, el número de huevos/hembra/día y el porcentaje de viabilidad mostraron una alta inestabilidad, como resultado de la selección-adaptación de los insectos a las condiciones de cría artificial (Pinson *et al.*, 2006).

Para desarrollar una cría masiva efectiva de un determinado insecto, es necesario monitorear cada fase biológica de su desarrollo porque todo el proceso de colonización y cría genera cambios en varios atributos biológicos del insecto (Liedo & Carey, 1994; López *et al.*, 2006). Al visualizar el número de huevos/hembra de *A. fraterculus* procedente de los tres modelos de jaulas, en comparación al número normal de huevos por hembra para esta misma especie en condiciones naturales, puede llegar hasta 30 huevos/hembra/día.

La fecundidad y fertilidad de *A. fraterculus* fueron evaluados durante 21 días (primeras tres semanas), el cual es el óptimo sugerido para la cría masiva al representar el 90% de la colecta total de huevos (Vera *et al.*, 2007). Sin embargo, Vera *et al.* (2007) registran en estas tres semanas una caída en la producción de huevos de aproximadamente un 44,7%. Mientras que en este trabajo, la caída respecto a la primer semana es bastante mayor (91,4%). Pudiera ser que, en este caso, sea más operativo mantener



dos semanas en cría una jaula, en lugar de tres; considerando los costos de personal y recursos-varios que implica la colecta y acondicionamiento de huevos.

En este trabajo, se ha usado un alimento estándar para adultos de mosca de la fruta, el cual también es un factor importante para optimizar la cría (Jaldo *et al.*, 2001; Teal *et al.*, 2004). Braga *et al.* (2006) emplearon una dieta compuesta por proteína hidrolizada de maíz más proteína hidrolizada enzimática y azúcar (3:1:3). Esta dieta incrementó el número de huevos/hembra/día, los espermatozoides en la espermateca y el porcentaje de viabilidad de huevos. Además, hubo una menor mortandad y un mayor promedio de duración de la cópula, comparado con la dieta estándar de adultos basada en proteína hidrolizada más azúcar (1:3). Otros autores que han empleado una mezcla de levadura hidrolizada, proteína de maíz y azúcar (1:1:4), reportaron valores de eclosión de huevos del 84,4% (Vera *et al.*, 2007).

La característica de la ventilación de la jaula es importante, dependiendo de la especie de mosca de la fruta; por ejemplo, para el caso de la cría masiva de una cepa sensible a la temperatura de sexado genético de *C. capitata* tsl, se utilizan jaulas que permitan una mayor ventilación con una densidad de un adulto cada 1,7 cm<sup>2</sup>.

El color de malla roja es el más favorable para la oviposición de *A. fraterculus* (González *et al.*, 1971). Este color fue el utilizado en el presente trabajo. Vera *et al.* (2007) empleó un panel transparente de policarbonato y obtuvo muy buenos resultados para diversos parámetros de control de calidad y cría de *A. fraterculus*. Otra especie que se cría masivamente en el Perú para hacer liberaciones es *C. capitata*, la cual oviposita a través de la malla que cubre las paredes laterales de la jaula y el huevo cae posteriormente a un colector con agua (López *et al.*, 2006). Esto no es factible para *A. fraterculus*, debido a que la hembra tiene un robusto ovipositor que necesita un sustrato de oviposición más sólido que le permita tener un estímulo mecánico mayor, para lo cual se utiliza una tela con orificios

mas pequeños que *C. capitata*; además, esta tela está cubierta con un aislante con silicona para evitar que la humedad se introduzca en la jaula, lo cual provocaría la proliferación de microorganismos y la muerte de la moscas (Domínguez *et al.*, 1997).

A pesar de que la jaula Mission es usada en numerosos países para evitar el desecamiento de los huevos, las jaulas que resultaron más factibles para la cría fueron las Mediana. Este último modelo resultó más práctico para desechar el material, para reemplazar el panel de oviposición y para el armado de las jaulas. En el modelo Mission, se ha realizado la cría artificial de *A. ludens* y de *A. obliqua* en la planta Moscafrut en México. La colonia de *A. obliqua* estuvo compuesta por 945.000 hembras que produjeron 147 millones de huevos/semana y 1 millón de huevos/jaula por día. Cada jaula Mission presentó un panel de tela organza de color blanco con una capa delgada de silicona y se colocaron 90,000 pupas por jaula. Se les suministró azúcar y proteína hidrolizada en proporción 3:1 (Artiaga-López *et al.*, 2002). Para *A. ludens*, se registró una densidad de 110.000 moscas por jaula en Mission, Texas (EUA) y 140,000 en Metapa, Chiapas (México), en jaulas de 1,5 m x 1,4 m x 0,3 m (Domínguez *et al.*, 1997). Se requiere a futuro profundizar mecanismos automatizados para la mejora de la jaula Mediana, con el fin de evitar el desecamiento de los huevos y producir millones de pupas requeridas para la implementación de la TIE. Para hidratar los huevos de *A. fraterculus* también pudiera agregarse un gel (fursellerone, que se prepara mezclando 10 L de agua con 900 g de fursellerone, para luego mezclarlo con 35 L de agua caliente).

## CONCLUSIONES

Se determinó un periodo de oviposición de 10 días, para obtener el volumen de huevos y el porcentaje de viabilidad adecuado y óptimo que alimente el pie de cría de *A. fraterculus* en una cría masiva. Entre los modelos de jaulas evaluadas, la Mediana mostró los mejores resultados al evaluar el índice de producción número de

huevo/hembra/día con un valor promedio de  $11,4 \pm 0,5$ . En cambio, la jaula que mostró los valores más bajos es el modelo Mission con un valor promedio de  $4,6 \pm 0,2$  huevos/hembra/día.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALUJA, M. 1993. *Manejo integrado de la mosca de la fruta*. Ed. Trillas, México D.F.
- ARTIAGA-LÓPEZ, T., E. HERNÁNDEZ, J. DOMÍNGUEZ-GORDILLO, D. S. MORENO & D. OROZCO-DÁVILA. 2002. Mass-production of *Anastrepha obliqua* at the Moscafruit Fruit Fly Facility, Mexico. *En: Proceedings of the 6th International Symposium on fruit flies of economic importance*, Stellenbosch, South Africa, 6-10 May 2002.
- BRAGA, S. R., C. CÁCERES, A. ISLAM, V. WORNAYPORN & W. ENKERLIN. 2006. Improving mass rearing technology for South American fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Caatinga* 19: 310-316.
- CÁCERES, C. 2002. Mass rearing of temperature sensitive genetic sexing strains in the mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). *Genetica* 116: 107-116.
- CÁCERES, C., D. MCINNIS, T. SHELLY, E. JANG, A. ROBINSON & J. HENDRICH. 2007. Quality management systems for fruit fly (Diptera: Tephritidae) sterile insect technique. *Fla. Entomol.* 90: 1-9.
- CROVETTO, C. D. R. & M. M. A. TIRADO. 2008. *Sistema de Información para el control y erradicación de mosca de la fruta*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Sistemas, Lima, Perú.
- DEL PINO, G. A. A. & A. GARRIDO. 1996. Evaluación de puesta de *Ceratitis capitata* Wied., con temperaturas variables en campo y constantes en laboratorio. *Bol. San. Veg. Plagas* 22: 401-410.
- DOMÍNGUEZ, J., D. CASTELLANOS & M. MORENO. 1997. *Memorias del curso regional sobre moscas de la fruta y su control en áreas grandes con énfasis en la técnica del insecto estéril*. Centro Internacional de capacitación en moscas de la fruta (CICMF). Metapa de Domínguez, Chiapas, México.
- DOMÍNGUEZ, J., D. CASTELLANOS, O. E. HERNANDEZ & A. MARTINEZ. 2000. Métodos de cría masiva de moscas de la fruta. *En: Memorias del XIII Curso Internacional sobre Moscas de la Fruta*. Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta (CICMF). Metapa de Domínguez, Chiapas, México. pp. 399-414.
- FAO/ IAEA /USDA, 2003. Manual for Product quality control and shipping procedures for sterile mass-reared tephritid fruit flies. Version 5,0. IAEA. Vienna. Austria.
- GONZÁLEZ, J., C. VARGAS & B. JARA. 1971. Estudios sobre la aplicación de la técnica de machos estériles en el control de la mosca sudamericana de la fruta, *Anastrepha fraterculus* (Wied.). *Rev. Per. Entomol.* 14: 66-86.
- HERNÁNDEZ, E., J. P. RIVERA, D. OROZCO-DÁVILA, M. SALVADOR & J. TOLEDO. 2010. An artificial larval diet for rearing of *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.* 93: 167-174.
- JALDO, H., M. GRAMAJO & E. WILLINK. 2001. Mass rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae): A preliminary strategy. *Fla. Entomol.* 84:716-718.
- KNIPLING, G. F. 1955. Possibilities of insect control of eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.* 48: 459-462.
- KORYTKOWSKI, C. A. 2001. Situación actual del género *Anastrepha* Shiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) en el Perú. *Rev. Per. Entomol.* 42: 97-158.
- LIEDO, P. & J. R. CAREY. 1994. Mass rearing of *Anastrepha* (Diptera:Tephritidae) fruit flies: a demographic analysis. *J. Econ. Entomol.* 87: 176-180.
- LIEDO, P., S. SALGADO, A. OROPEZA & J. TOLEDO. 2007. Improving mating performance of mass-reared sterile mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) through changes in adult holding conditions: demography and mating competitiveness. *Fla. Entomol.* 90: 33-40.
- LÓPEZ, S. N., M. VISCARRET, S. LANZAVECCHIA, S. GOENAGA & J. L. CLADERA. 2006. Producción masiva y simultánea de machos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) y parasitoides *Dichasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 65: 99-108.
- MALAVASI, A. S., G. G. ROHWER & D. S. CAMPBELL. 1994. Fruit fly free areas: strategies to develop them. *En: Calkins, C. O., W. Klassen & P. Liedo (eds), Fruit flies and the Sterile Insect Technique*. CRC Press. Boca Raton, Florida, pp. 165-180.
- MARÍN, M. 2002. *Identificación y caracterización de moscas de las Frutas en los departamentos del valle del Cauca, Tolima y Quindío*. Universidad de Caldas. Programa de Agronomía. Colombia. [www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/mosca\\_fruta](http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/mosca_fruta) leído el 24 de enero del 2008.
- MORENO, D. S. 1993. *Rearing of Anastrepha obliqua in the subtropical agricultural research laboratory crop quality and fruit insect research*, USDA-ARS, Weslaco, Texas.
- MUÑIZ, M. & M. P. ANDRÉS. 1993. Reproducción en condiciones controladas de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae) en función de su actividad sexual. *Bol. San. Veg. Plagas*. 19: 597-607.
- NOLASCO, N. & J. IANNACONE. 2008. Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) en trampas McPhail en Piura y en Ica, Perú. *Acta Zool. Mex.* 24(3): 33-44.
- PINSON, E., L. TEJADA, J. TOLEDO, W. ENKERLIN, H. CELEDONIO-HURTADO, J. VALLE, J. PÉREZ & P. LIEDO. 2006. Caracterización de la adaptación de *Anastrepha serpentina* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) a condiciones de cría masiva. *Folia Entomol. Mex.* 45: 97-112.
- SALLES, L. A. B. 1995. *Bioecología e controle da Mosca-das Frutas Sul-Americana*. Pelotas, EMBRAPA- CPACT. Brasil.
- SALLES, L. A. B. 1999a. *Rearing of Anastrepha fraterculus* (Wiedemann). *In The South American fruit fly, Anastrepha fraterculus* (Wied.); *advances in artificial rearing, taxonomic status and biological studies*. *En: Proc. workshop org. by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agr. and held in Viña del Mar, Chile, 1-2 November 1996*.
- SALLES, L. A. B. 1999b. *Biology of Anastrepha fraterculus*. *In The South American fruit fly, Anastrepha fraterculus* (Wied.); *advances in artificial rearing, taxonomic status and biological studies*. *En: Proc. workshop org. by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agr. and held in Viña del Mar, Chile, 1-2 November 1996*.
- TEAL, E.A.T., J. M. GAVILANES-SLONE & B. D. DUEBEN. 2004. Effects of sucrose in adult diet on mortality of male of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.* 87: 487-491.
- VERA, T., S. ABRAHAM, A. OVIEDO & W. WILLINK. 2007. Demographic and quality control parameters of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) maintained under artificial rearing. *Fla. Entomol.* 90:53-57.