

DIETA TEXTURIZADA CON AGAR PARA EL DESARROLLO LARVARIO DE TRES ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

J. PEDRO RIVERA¹, EMILIO HERNÁNDEZ¹, JORGE TOLEDO², MIGUEL SALVADOR³
Y ROSARIO SILVA²

¹Subdirección de Desarrollo de Métodos, Programa Moscamed-Moscafrut, (SAGARPA). Central Poniente No.14. C. P. 30700 Tapachula, Chiapas. México. Correo electrónico: *anastrephasp@prodigy.net.mx*

²Departamento de Entomología Tropical. El Colegio de la Frontera Sur. Apdo. Postal 36. C. P. 30700. Tapachula, Chiapas, México.

³Área de Biotecnología. Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera a Puerto Madero. Km. 2.0. Tapachula, Chiapas. C. P. 30700. Tapachula, Chiapas, México. Correo electrónico: *msalvad@hotmail.com*

Resumen. SE EVALUARON TRES TIPOS DE AGARES (LARGEL[®], LARGEL EC[®] Y LARGEL C[®]) COMO AGENTES TEXTURIZANTES EN LA ELABORACIÓN DE UNA DIETA LARVARIA PARA TRES ESPECIES DE MOSCAS DE LA FRUTA (*Anastrepha ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*). Los resultados indicaron que las dietas elaboradas en caliente con los tres tipos de agares en concentraciones de 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%, proporcionaron las condiciones nutrimentales adecuadas para un buen desarrollo larvario de *A. ludens*, sin haber diferencia en la sobrevivencia de huevo a larva; por el contrario, únicamente hubo desarrollo adecuado de *A. obliqua* y *A. serpentina* en las dietas elaboradas con los agares Largel[®] y Largel EC[®].

En las dietas elaboradas a temperatura ambiente con los tres tipos de agares a las concentraciones de 3, 6, 9 y 12%, los resultados indicaron que solo con el agar Largel C[®], la dieta tuvo los requerimientos nutrimentales requeridos por las larvas, lo cual se reflejó en una mayor sobrevivencia larvaria. En cuanto a la fuente de proteína, de acuerdo con los resultados se puede utilizar una dieta que contenga o no una fuente de proteína a base de caseína para la cría de *A. ludens*, a diferencia de *A. obliqua* y *A. serpentina* que requieren de una dieta con mayor cantidad de proteína (caseína) para obtener mayores rendimientos larvarios, aunque existe un límite ya que las altas concentraciones de proteína también llegan a afectar la calidad del insecto producido.

Palabras clave: Dieta larvaria, agar, *Anastrepha* spp., cría masiva.

SUMMARY. THREE TYPES OF AGAR (LARGEL[®], LARGEL EC[®] Y LARGEL C[®]) AS BULKING AGENTS FOR ELABORATION LARVAL DIET WERE EVALUATED FOR THREE SPECIES OF FRUIT FLIES (*Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina*). The results indicated that diets elaborated with hot agar of three types at 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5% provided suitable nutrimental conditions for larval development of *A. ludens*, without difference in survival from egg to larva; on the contrary, only there was a suitable development of *A. obliqua* and *A. serpentina* in diets elaborated with Largel[®] agar and Largel EC[®] agar.

Larval survival percent obtained with diets elaborated at environment temperature with the three agar types at 3, 6, 9 and 12 % indicated that only Largel C[®] diet had the nutrimental requirements for the larvae, which was reflected in a greater larval survival.

In agreement with the protein source results we can use a diet that contain or not a protein source with casein for the rearing of *A. ludens*, while for *A. obliqua* and *A. serpentina* is required a diet with highly protein content (casein) in order to obtain greater larval recovery, although exist a limit since the high protein concentrations also get to affect the quality of the insect produced.

Key words: Larval diet, agar, *Anastrepha* spp., mass rearing.

Las moscas de la fruta constituyen un serio problema en la sanidad de varios productos frutícolas y vegetales (Aluja, 1994). Su presencia en los huertos es motivo de estrictas medidas cuarentenarias, lo

que limita la movilización y comercialización de los frutos hacia los mercados que se ubican en regiones libres de dicha plaga (NOM, 995). Por tales razones están consideradas como plagas de interés

público (NOM, 1995). Motivo por lo que en México se inició la Campaña Nacional Contra Moscas de la Fruta (CNCMF) dirigida hacia las cuatro especies que causan mayor daño en frutos de importancia económica, estas son; la mosca mexicana de la fruta, *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), la mosca de las Indias occidentales, *A. obliqua* (Macquart, 1835), la mosca de la guayaba, *A. striata* (Schiner, 1868), y la mosca de los zapotes, *A. serpentina* (Wiedemann, 1830) (Aluja, 1994, Rull-Gabayet *et al.*, 1996, Reyes *et al.*, 2000).

Las acciones de control realizadas por la campaña permiten producir frutas sanas que cumplen con los estándares internacionales de sanidad e inocuidad (SARH, 1991). Estas acciones de control tienen un enfoque integral, en donde el uso de la Técnica de Insecto Estéril (TIE) es el elemento clave de control (Reyes *et al.*, 2000). La efectividad de esta técnica se fundamenta en la cría, esterilización y liberación ininterrumpida de insectos de calidad en cantidades superiores a las poblaciones naturales de la especie bajo control (Knipling, 1955). Por lo que es necesario contar con dispositivos que permitan la oviposición, colecta de huevos, dietas artificiales y condiciones ambientales controladas de acuerdo a los requerimientos de cada fase biológica, para la producción masiva y económica de insectos con buena calidad (Leppla *et al.*, 1973; Cayol, 2000; Hernández *et al.*, 2004).

Las dietas utilizadas en la cría masiva deben contener los nutrimentos necesarios para que los insectos se desarrollen exitosamente con buena calidad. De todos los ingredientes utilizados en su formulación, el de mayor proporción es el agua, utilizado como vehículo para que las larvas en desarrollo obtengan los nutrimentos requeridos. En segundo lugar están los texturizantes que van de 15 a 26% en la formulación de las dietas.

Las primeras dietas utilizadas en la cría masiva de moscas de la fruta, fueron formuladas utilizando como texturizante polvo de zanahoria (Steiner y Mitchell, 1966), pero debido a su alto costo, se

desarrollaron dietas a base de salvado de trigo y trigo entero (Nadel, 1965; Tanaka *et al.*, 1969). Posteriormente se formularon con bagazo de caña (Peleg y Rhode, 1970; Castañeda, 1983) y harina texturizada de soya (Schwarz *et al.*, 1985).

El uso de geles en las dietas larvarias artificiales es para sustituir a los texturizantes, que por sus características de viscosidad y gelificación, es un agente texturizante adecuado para mantener la disponibilidad de los nutrimentos y permitir el desplazamiento de las larvas, ya que su función es hidratarla y servir de soporte a los insectos mientras se alimentan. El agar se ha utilizado en la elaboración de dietas larvarias de varias especies de insectos como el gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax*) (Coquerel) (Chaudhury y Alvarez, 1999); la mosca del olivo, *Dacus oleae* (Gmel.) (Tsitsipis, 1977), *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Salles, 1992) y *A. obliqua* (Zucoloto *et al.*, 1979; Moreno *et al.*, 1997).

En los laboratorios de cría de moscas de la fruta se han utilizado como agentes texturizantes el polvo de olote (Stevens, 1991; Artiaga-López *et al.*, 2004), bagazo de caña (Katiyar, 1970), bagazo de betabel (Hernández *et al.*, 2003) y polvo de zanahoria (Katiyar, 1970; Steiner y Mitchell, 1966), los cuales podrían contener residuos de pesticidas con resultados negativos para la producción de insectos (Chang *et al.*, 2004); además de generar grandes cantidades de desechos sólidos. Por otro lado, durante el proceso de cría (en la etapa larvaria) se genera y acumula el calor haciendo que se eleve la temperatura, lo que trae como consecuencia una disminución de la supervivencia y del peso de la larva (Manoukas y Tsiropoulos, 1977; Tanaka *et al.*, 1972), por lo que la temperatura de la dieta debe permanecer a 27 °C (Artiaga-López *et al.*, 2004). Aunque existe evidencia de que el calentamiento moderado favorece el desdoblamiento de los nutrimentos complejos, haciéndolos más disponibles para su consumo y digestión, pero

también puede tener efectos negativos como la destrucción de vitaminas, o inducir la formación de complejos que reduzcan la digestibilidad de la dieta (Cohen, 2004).

Las dietas elaboradas con agar pierden rápidamente el calor generado por las larvas y por la fermentación de los ingredientes, propiedad que se podría aprovechar para realizar siembras de huevos que permitan el desarrollo de larvas a altas densidades. Estas dietas requieren menores cantidades de texturizantes, que varía de acuerdo al tipo de agar (Cuadro 1) y a la especie de insecto que se esté criando. También habría una considerable disminución de los residuos sólidos generados.

El contenido proteínico juega un papel relevante en elaboración de una dieta larval para moscas de la fruta, la deficiencia durante la fase de larvas reduce el peso de la pupa, la emergencia de adultos, incrementa la duración de la fase larval, afecta el tamaño de las hembras y afecta la maduración de oocitos. (Cangussu y Zucoloto, 1997; Chang *et al.*, 2000). También tiene efecto en el desarrollo de órganos sexuales, en el tamaño de los machos y en el tiempo de llamado de apareamiento,

parámetros importantes en cuanto se refiere a la calidad del insecto producido (Kaspi *et al.*, 2002; FAO/IAEA/USDA, 2003).

Las dietas géllicas que se han desarrollado hasta el momento contienen caseína o levadura que les proporciona las vitaminas requeridas y diferentes proporciones de aminoácidos. La levadura torula contiene los mismos aminoácidos que la caseína (Moreno *et al.*, 1997), y además aporta RNA que es un componente requerido en las dietas de insectos particularmente especies del orden Diptera (Reinecke, 1985). La caseína tiene la ventaja de aportar los aminoácidos en forma disponible para el consumo de las larvas. La proporción y variedad de aminoácidos es muy importante, sobre todo si consideramos que el valor nutrimental de las proteínas depende de su contenido de aminoácidos (Chang, 2004a), en donde se ha comprobado que tanto la caseína como la levadura varían en las proporciones de dichos compuestos (Del Valle y Mena, 1982). La determinación de los requerimientos de aminoácidos en crías de moscas de la fruta ha sido problemático, debido a la dificultad que existe para elaborar dietas químicamente definidas (Chang *et al.*, 2001a).

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficiencia de tres tipos de agares como agentes texturizantes y dos fuentes de proteínas (levadura torula y caseína) en la elaboración de dietas para el desarrollo de larvas de tres especies de moscas de la fruta (*Anastrepha ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Moscas de la Fruta de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, en Tapachula, Chiapas y en el laboratorio de Colonización y Cría de Moscas de la Fruta de la Subdirección de Desarrollo de Métodos en las Plantas Moscamed-Moscafrut, ubicado en Metapa de Domínguez, Chiapas.

Cuadro 1

Características físicas de tres agares (Largel, Largel EC y Largel C), utilizados para la elaboración de dietas larvianas para tres especies de moscas de la fruta.

| Características Físicas | Tipo de Agar | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------|----------|
| | Largel | Largel EC | Largel C |
| Humedad (%) | < 12 | = 10 | = 16 |
| Punto de gelificación (°C) | N. D. | = 35 | 34-38 |
| Punto de fusión (°C) | N. D. | = 90 | 85-90 |
| pH | 7-11 | 6.8-7.5 | 6.6-7.3 |
| Fuerza del gel (g / cm ²) | 550-900(1) | = 700(2) | 750(3) |

N. D. = No determinado.

(1) Determinado mediante método no especificado.

(2) Determinado a una concentración de 1.5% a 85 °C.

(3) Determinado a una concentración de 1.5% a 20 °C (Método Nikam).

Material biológico. Los huevos de *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina* fueron obtenidos de las colonias de producción masiva establecidas en la Planta Moscafrut en Metapa de Domínguez, Chiapas.

Selección de agar. Tres tipos de agares denominados: Largel[®], Largel EC[®] y Largel C[®] (Erlic Mexicana S. A de C. V), fueron seleccionados tomando como referencia los resultados obtenidos de estudios previos en la preparación de dietas gélidas formuladas en caliente y a temperatura ambiente para el desarrollo de larvas de las especies de moscas de la fruta antes indicadas.

La dieta de la cual se partió fue desarrollada previamente por Moreno *et al.* (1997). Esta dieta contiene 2.06% de caseína (97% de proteína), 5.0% de harina de maíz (8% de proteína), 4% de levadura torula tipo B (50% de proteína), 6.0% de sacarosa, 0.05% de colesterol, 0.1% de sales de Beck, 0.4% de vitaminas Vanderzant, 0.004% de vitamina A, 0.2% de vitamina C, 0.3% de agar, 0.1% de Metil p-hidroxibenzoato, 0.1% de benzoato de sodio, 0.5% de ácido clorhídrico y 81.2% de agua. De esta formulación se eliminaron las sales de Beck y las vitaminas, dado a que no inducen un incremento de la calidad del insecto producido (Moreno *et al.*, 1997; Chang *et al.*, 2001b). La concentración de proteína se incrementó a 4.25%, tomando como referencia que frutos hospederos de *A. ludens* como el chapote amarillo (*Sargentia greguii*, Watson) contiene 2.9% de proteína y es considerado como un fruto con alto contenido proteínico. Por lo que una dieta considerada con alto contenido de proteína es aquella que contiene dos veces más que dichos frutos (Kaspi *et al.*, 2002).

Las concentraciones de agar fueron seleccionadas en base a las texturas que presentaron las dietas formuladas. Para ello se hicieron observaciones bajo un microscopio (10x), 24 h después de haberse depositados los huevos sobre la superficie de las dietas. Una textura adecuada correspondió para aquella dieta sobre la cual las larvas recién eclosio-

nadas se desplazaron libremente y se introdujeron en la misma para alimentarse.

Para la preparación de la dieta formulada en caliente, se diluyó el agar en el volumen total de agua a utilizar (81.2%) a punto de ebullición. Posteriormente se agregó 0.5% de ácido clorhídrico, y después se adicionaron los demás ingredientes previamente mezclados en seco, 0.1% de benzoato de sodio (Cia. Universal de Industrias, S. A de C. V., México), 1.5% de caseína (97% de proteína, Caseincal^{MR}. Novag Infancia, S. A. de C. V), 5.0% de harina de maíz (9-10.5% de proteína, Maíz Industrializado del Sureste, S. A. de C. V.), 5.5% de levadura torula tipo B (50% de proteína, Lake States Div. Rhineland Paper Co.), 6.0% sacarosa (Ingenio Huixtla, Chiapas, México), 0.05% de colesterol y 0.1% de Metil p-hidroxibenzoato. Los ingredientes fueron mezclados durante 5 minutos utilizando una licuadora de diez litros de capacidad (Modelo LI-12, Cafeteras Internacionales S. A. de C. V.), hasta tener una dieta homogénea que finalmente fue vaciada en los recipientes para dejarse enfriar por 60 minutos a 26 °C.

Se evaluaron los tres tipos de agares y por cada agar se manejaron cuatro concentraciones (1.0, 1.5, 2.0 y 2.5%), lo que dio un total de 12 tratamientos, cada tratamiento estuvo compuesto de 12 repeticiones y en total fueron 144 unidades experimentales, en un arreglo bifactorial. La unidad experimental consistió de recipientes de plástico de 16 x 12x 5 cm en donde se colocaron volúmenes de 300 g de dieta. En todas las unidades experimentales se depositaron 0.1 ml de huevos por especie de mosca de la fruta (aproximadamente 24,200, 16,850 y 15,500 huevos por mililitro para *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*, respectivamente) (Artiaga-Lopez *et al.*, 2004), con una eclosión de 70% aproximadamente estimada a partir de tres lecturas por muestra.

La dieta formulada a temperatura ambiente fue elaborada a una temperatura de 26 °C, los ingredientes y cantidades fueron en las mismas propor-

ciones que se manejaron para la dieta formulada en caliente. Los ingredientes se mezclaron con agua utilizando una batidora de diez velocidades (Kitchen Aid, Modelo K555, Kitchen Aid Inc. Michigan, USA). En ambas formulaciones, el pH de la dieta fue ajustado a 4.3 utilizando un potenciómetro Oakton® tipo Waterproof serie 300 (pH/mV/°C). Una vez preparada la dieta, fue colocada y distribuida en recipientes de plástico de 16 x 12 x 5 cm, en volúmenes de 300 g de dieta. El diseño y el manejo del estudio fueron similares al descrito previamente para la dieta formulada en caliente.

Cada repetición estuvo conformada por una charola con dieta en donde se depositó 0.1 ml de huevos con una pipeta de plástico, distribuyéndolo de manera uniforme sobre la superficie de la dieta. Las charolas con dieta recién sembradas se cubrieron con tela pañalina para evitar infestación de *Drosophila melanogaster* (L.) y posteriormente se acomodaron en un cuarto a 26 ± 1 °C y 90% de H. R., en donde permanecieron hasta que las larvas finalizaron su desarrollo larvario. Las larvas fueron separadas de la dieta, para *A. obliqua* se hizo al octavo día, en el caso de *A. ludens* y *A. serpentina* fue al noveno día. El proceso de separación larvaria se realizó diluyendo la dieta en agua y colando la mezcla con un tamiz del número 14 (número de orificios por centímetro cuadrado). Las larvas recuperadas fueron colocadas en vermiculita húmeda y permanecieron por 24 h en un ambiente de 24 ± 1 °C y 70% H. R., después fueron transferidas a otro cuarto a 26 ± 1 °C donde permanecieron hasta completar el tiempo requerido para el desarrollo de la pupa (14 días).

Los parámetros evaluados fueron de acuerdo a los descritos en el manual de control de calidad para la cría de *C. capitata* (Orozco et al., 1983). Estos fueron transformación de huevo-larva expresado en porcentaje (THL), peso de larva expresado en mg (PL), rendimiento larvario expresado en larvas/g de dieta, peso de pupa expresado en mg (PP) y emergencia de adultos expresado en porcentaje.

La estimación de dichos parámetros fueron en base a las siguientes ecuaciones:

$$THL (\%) = \frac{(No. de larvas en 1 gramo) \times (gramos de larvas recuperados)}{(No. de huevos en 1 ml) \times (volumen de sembrado)} \times 100$$

$$PL (mg) = \frac{(1000)}{No. de larvas en 1 gramo}$$

RENDIMIENTO (larvas/g dieta) =

$$\frac{(No. de larvas en 1 gramo) \times (gramos de larvas recuperados)}{(gramos de dieta sembrados)}$$

$$PP (mg) = \frac{(1000)}{No. de pupas en 1 gramo}$$

EMERGENCIA (%) =

$$\frac{No. de adultos fuera del pupario}{(No. total de puparios)} \times 100$$

Efecto de la fuente de proteína. Este experimento se realizó con la dieta formulada con la cual se obtuvo mayor producción de larvas en el estudio anterior. A partir de esa formulación se hicieron variaciones en las concentraciones de caseína y levadura torula tipo B.

Para cada especie de mosca se realizó un diseño experimental con dos factores, manejando para la caseína las concentraciones de 0, 1.5, 3.0 y 4.5% y para la levadura torula las concentraciones de 3.5, 5.5, 7.5 y 9.5%. La combinación de estos dos factores dio un total de 16 tratamientos, cada tratamiento estuvo conformado por seis repeticiones y en total fueron 96 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en un recipiente de plástico en donde se depositaron 300 g de dieta. La siembra de los huevos y el manejo de la dieta se realizó en forma similar a como se hizo en los experimentos anteriores. Los parámetros observados fueron los mismos que se indicaron previamente en el estudio anterior.

Análisis de datos. Los datos de peso de larva, peso de pupa y rendimiento larvario de todos los experimentos fueron sometidos a un análisis de

varianza (ANOVA), la separación de medias se hizo de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (SAS Institute, 2003).

Los porcentajes de transformación de huevo-larva y emergencia de adultos fueron transformados a grados del arco-seno en radianes de la raíz cuadrada de la proporción, $X' = \text{Sen}^{-1} \sqrt{X}$ donde X correspondió al valor original como proporción (porcentaje/100) (Underwood, 2005). Con los datos así transformados se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias se hizo de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (SAS Institute, 2003).

Además, los datos de los parámetros del primer experimento fueron ajustados a una regresión polinomial de segundo grado (SAS Institute, 2003).

RESULTADOS

Selección de agar. En la selección de agar para elaborar la dieta en caliente para el caso de *A. ludens*, la emergencia de adultos fue mayor cuando el desarrollo larvario ocurrió en dieta formulada con agar Largel EC® en las concentraciones de 2.5 y 1.0% ($F = 4.07$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$). En los demás parámetros observados no hubo diferencias significativas entre los tres tipos de agares y las concentraciones ($F = 1.09$; g. l. = 11, 132; $P = 0.367$).

Para *A. obliqua*, la THL fue significativamente mayor cuando el desarrollo larvario lo hizo en dieta formulada con el agar Largel® ($F = 17.65$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$), de igual forma que el rendimiento larvario ($F = 16.25$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$) y el peso de pupa ($F = 8.20$; g. l. = 11, 48; $P < 0.001$). El peso de larva fue significativamente mayor ($F = 2.09$; g. l. = 11, 48; $P = 0.040$) cuando se alimentaron en la dieta elaborada con agar Largel EC al 2.0%, y el mayor porcentaje de emergencia de adultos se registró en las pupas provenientes de la dieta elaborada con agar Largel C® ($F = 2.70$; g. l. = 11, 132; $P = 0.004$).

La mayor supervivencia de huevo a larva de *A. serpentina* se observó en las dietas formuladas con los agares Largel® y Largel EC® al 1% ($F = 40.36$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$), el mayor peso de larva se registró con la dieta elaborada con agar Largel EC® al 2% ($F = 5.35$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$), el mayor rendimiento se presentó en la dieta elaborada con agar Largel EC® al 1% ($F = 56.68$; g.l.=11, 132; $P < 0.001$), el mayor peso de pupa fue en dieta con agar Largel C® al 1.5% ($F = 2.34$; g.l. = 11, 132; $P = 0.012$), y la mayor emergencia de adultos se registró en el material biológico recuperado de la dieta elaborada con agar Largel EC® al 2% ($F = 4.95$; g. l. = 11, 132; $P < 0.001$).

Los valores de los diferentes parámetros observados en las tres especies de moscas de la fruta se ajustaron a una regresión polinomial de segundo grado (Figuras 1, 2 y 3).

En *A. ludens* el efecto que tuvieron las concentraciones de los tres tipos de agares en las dietas formuladas sobre el peso de larva, la THL, emergencia de adultos y en el rendimiento fue mínimo comparado con el producido sobre estos mismos parámetros al variar las concentraciones del agar Largel®, donde el mayor peso de larva y la mayor emergencia de adultos se registró en la concentración más alta. Así mismo, la mayor THL y rendimiento larvario se observó en la dieta con menor concentración. El peso de la pupa fue afectado de igual manera al variar las concentraciones en los tres tipos de agares (Figura 1).

Para *A. obliqua*, las dietas formuladas con los agares Largel® y Largel EC® presentan los mayores resultados de THL, rendimiento larvario y emergencia de adultos se obtuvo con la dieta formulada con la menor concentración probada. Por el contrario, el mayor peso larvario y de pupa ocurrió en la dieta formulada con la mayor concentración. La dieta elaborada con la mayor concentración de agar Largel C® se obtuvieron los mayores resultados de THL, rendimiento larvario y emergencia de adultos. Sin embargo, el peso de larva y de pupa

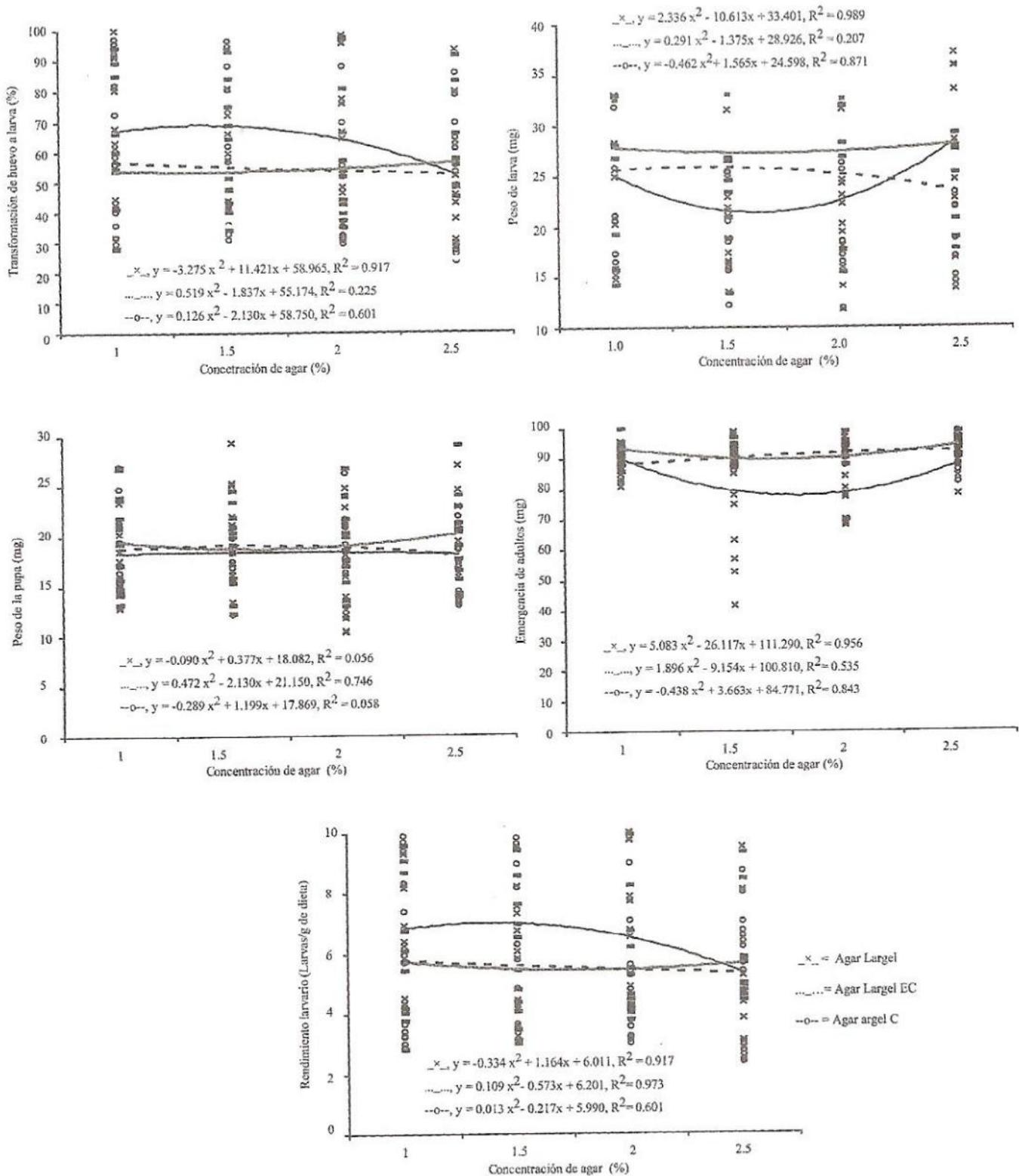


FIGURA 1. Correlación entre la concentración de agar en la dieta larvaria y los parámetros de calidad de *Anastrepha ludens* en dietas elaboradas en caliente.

no fue afectado al variar la concentración de agar (Figura 2).

La concentración de los tres tipos de agares tuvo poco efecto sobre el peso de larva, peso de pupa y emergencia de adultos en *A. serpentina*. La respuesta de la THL y del rendimiento larvario con los tres agares fue muy similar, donde los mayores resultados se obtuvieron en la dieta elaborada con la menor concentración (Figura 3).

En la etapa de la elaboración de las dietas con los agares a temperatura ambiente (Cuadro 2), únicamente hubo desarrollo larvario en las dietas que contenían agar Largel C® al 3%. Los valores de THL fueron mayores en *A. serpentina*, que los observados en *A. ludens* y *A. obliqua*.

Efecto de la fuente de proteína. En los Cuadros 3, 4 y 5 se presentan los valores de THL, peso de larva, peso de pupa, rendimiento larvario y emergencia de adultos para *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*, respectivamente. Estos resultados fueron obtenidos con las dietas formuladas con agar Largel C® al 3%, utilizando diferentes concentraciones de caseína y levadura como fuente de proteína.

Cuadro 2

Parámetros de desarrollo de *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina* criadas en dieta larvaria texturizada con agar Largel C.

| Parámetros de calidad | Especie de mosca de la fruta | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>A. ludens</i> | <i>A. obliqua</i> | <i>A. serpentina</i> |
| Supervivencia de huevo-larva (%) | 48.9 ± 7.0 | 28.2 ± 22.4 | 62.1 ± 12.5 |
| Peso de larva (mg) | 13.9 ± 1.2 | 17.8 ± 0.8 | 12.9 ± 2.68 |
| Rendimiento (larvas/gramo de dieta) | 4.9 ± 0.7 | 1.5 ± 1.2 | 6.2 ± 1.25 |
| Pupación a las 24 horas (%) | 45.0 ± 7.3 | 89.3 ± 12.3 | 32.3 ± 10.9 |
| Peso de pupa (mg) | 11.6 ± 1.9 | 13.7 ± 0.5 | 11.0 ± 1.0 |
| Emergencia (%) | 89.8 ± 5.8 | 85.4 ± 22.1 | 91.6 ± 3.2 |

En *A. ludens*, el mayor de peso de larva se obtuvo cuando fueron alimentadas con la dieta formulada con la combinación de 1.5% de caseína y 7.5% de levadura, dando una diferencia significativa ($F = 7.91$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$).

La mayor emergencia de adultos se obtuvo en las pupas que fueron procedentes de las dietas formuladas con las combinaciones de 1.5% de caseína y 3.5 ó 5.5% de levadura ($F = 10.93$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$), aunque los valores más altos de THL ($F = 20.18$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$) y rendimiento larvario ($F = 23.55$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$) se registraron en los tratamientos que contenían 0% caseína y 7.5 ó 9.5% de levadura.

En el caso de *A. obliqua*, la mayor THL se obtuvo con las dietas elaboradas con 1.5% de caseína y 3.5% de levadura, 3% de caseína y 3.5% de levadura, así como en aquellas que tuvieron 3% de caseína y 5.5% de levadura, en donde las diferencias fueron significativas ($F = 12.44$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$). También en el peso de larva se presentó una diferencia significativa ($F = 4.90$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$), así como en el rendimiento larvario ($F = 7.86$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$) y en la emergencia de adultos ($F = 10.25$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$).

Para *A. serpentina* en todas las dietas que fueron elaboradas con caseína se encontró una diferencia significativa en los valores de THL ($F = 17.96$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$), peso de larva ($F = 3.37$; g. l. = 15, 80; $P < 0.002$), rendimiento larvario ($F = 10.07$, g. l. = 15, 80; $P < 0.001$), peso de pupa ($F = 5.36$; g. l. = 15, 80; $P < 0.001$) y emergencia de adultos ($F = 26.89$, g. l. = 15, 80; $P < 0.001$). Para esta especie los resultados obtenidos con las dietas elaboradas con la combinación levadura y caseína fueron mayores que los obtenidos con las dietas que contienen únicamente levadura.

DISCUSIÓN

Las dietas a base de agar desarrolladas hasta la actualidad para la cría de moscas de la fruta han

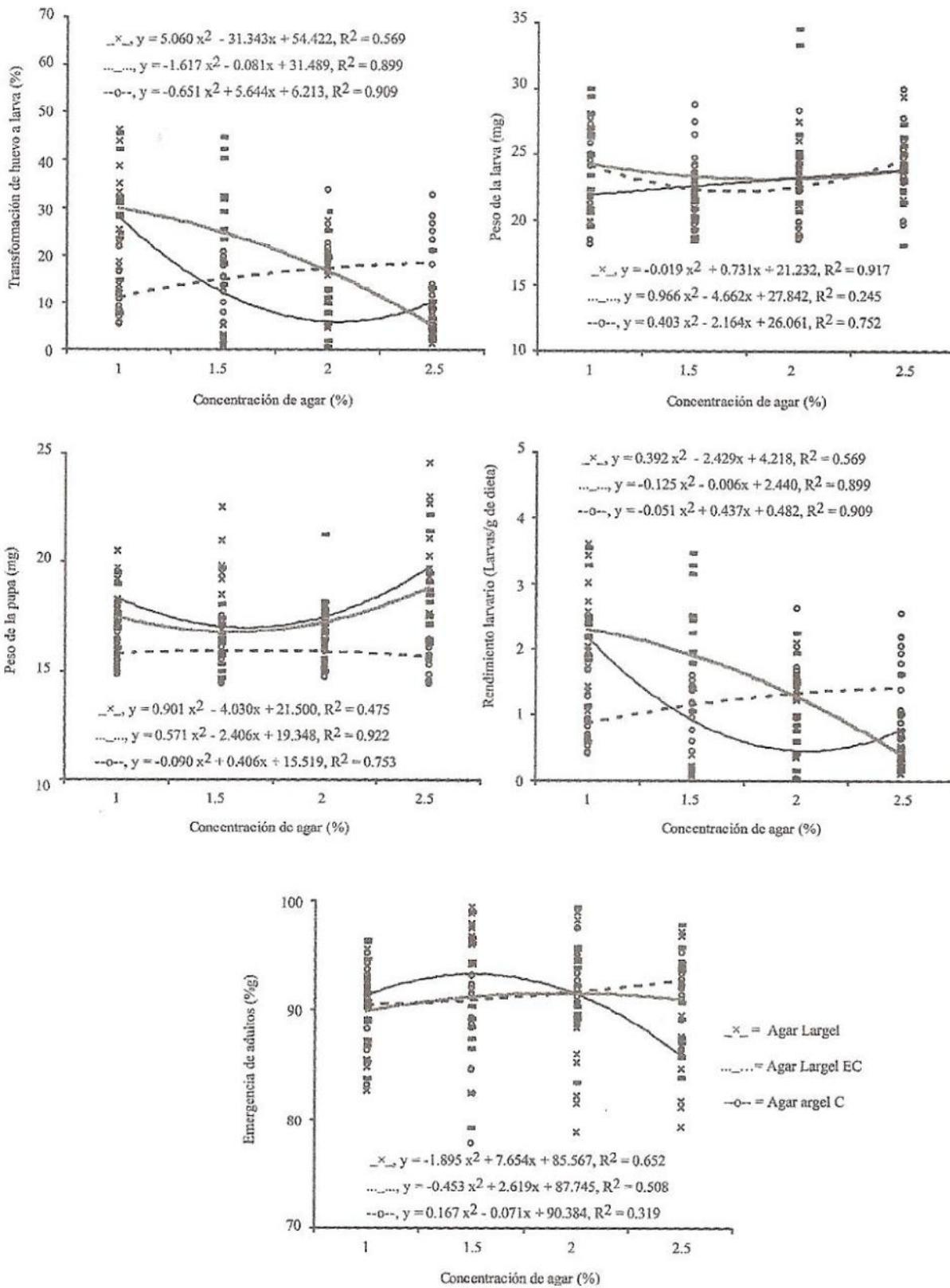


FIGURA 2. Correlación entre la concentración de agar en la dieta larvaria y los parámetros de calidad de *Anastrepha obliqua* en dietas elaboradas en caliente.

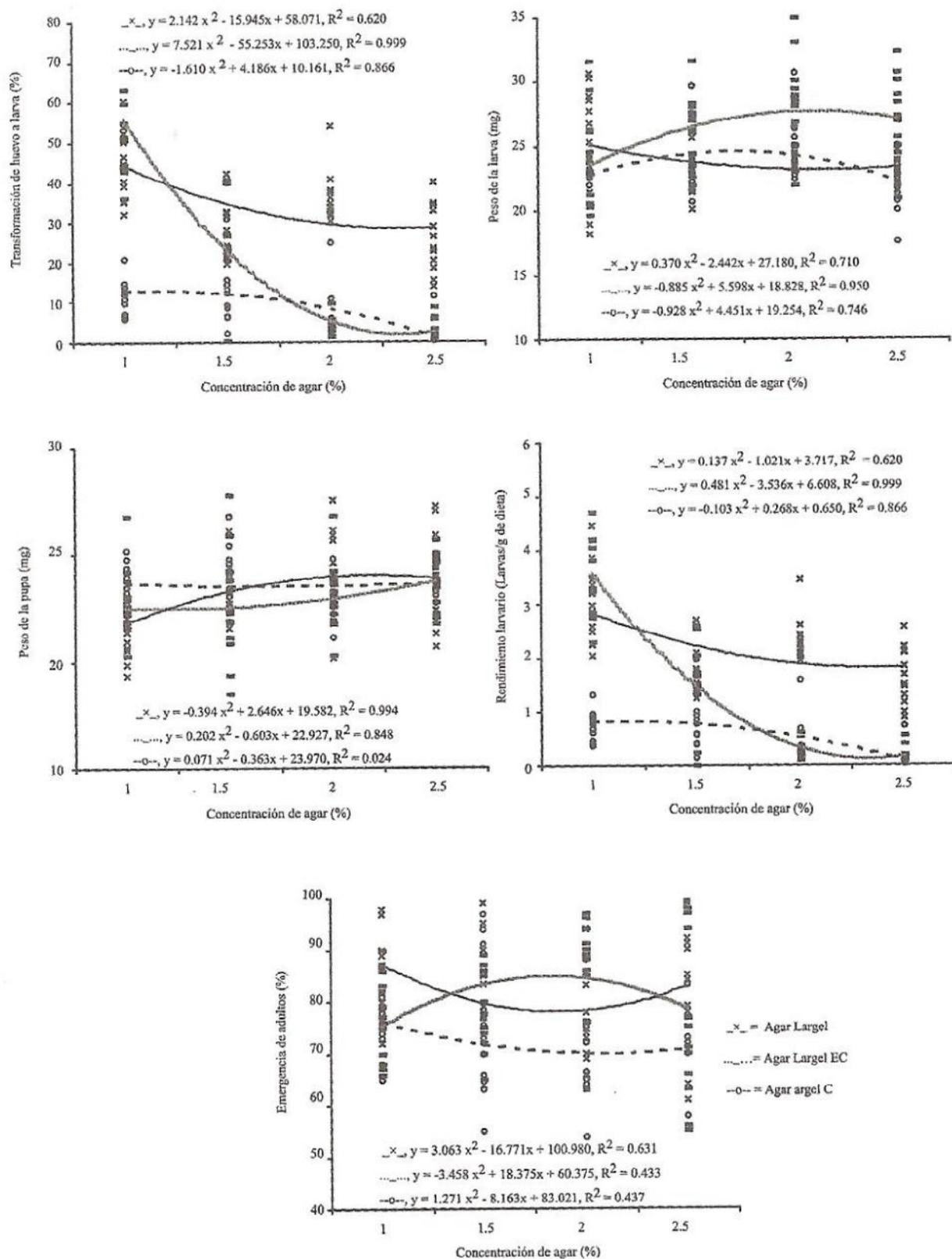


FIGURA 3. Correlación entre la concentración de agar en la dieta larvaria y los parámetros de calidad para *Anastrepha serpentina* en dietas elaboradas en caliente.

Cuadro 3

Efecto de la concentración de caseína y levadura torula sobre el desarrollo de *A. ludens* en dieta larvaria texturizada con agar Largel C.

| Caseína (%) | Levadura (%) | Supervivencia huevo-larva (%) | Peso larva (mg) | Rendimiento (Larvas/g de dieta) | Peso de pupa (mg) | Emergencia (%) |
|-------------|--------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 3.5 | 7.3 ± 3.6 bcd | 12.2 ± 4.8 de | 0.07 ± 0.0 b | 14.2 ± 1.4a | 60.8 ± 8.1 ab |
| 0 | 5.5 | 22.7 ± 33.7 bcd | 13.6 ± 4.5 de | 0.22 ± 0.3 b | 14.3 ± 1.4a | 54.8 ± 23.1 abc |
| 0 | 7.5 | 79.8 ± 13.7 a | 19.7 ± 4.2 abcd | 0.80 ± 0.1 a | 13.4 ± 1.5 a | 62.5 ± 12.1 ab |
| 0 | 9.5 | 80.5 ± 15.2 a | 18.4 ± 4.1 bcde | 0.81 ± 0.1 a | 15.6 ± 1.5 a | 49.5 ± 10.8 abc |
| 1.5 | 3.5 | 20.5 ± 12.1 abc | 15.3 ± 1.2 cde | 0.21 ± 0.1 b | 13.3 ± 1.0 a | 74.5 ± 7.1 a |
| 1.5 | 5.5 | 22.0 ± 8.9 ab | 14.5 ± 2.8 cde | 0.22 ± 0.1 b | 14.5 ± 1.2 a | 74.3 ± 2.2 a |
| 1.5 | 7.5 | 8.5 ± 20.3 e | 27.6 ± 4.3 a | 0.09 ± 0.2 b | 14.1 ± 1.5 a | 62.8 ± 1.1 ab |
| 1.5 | 9.5 | 1.7 ± 1.4 de | 22.8 ± 0.0 abc | 0.02 ± 0.0 b | 13.8 ± 1.7 a | 21.3 ± 15.4 d |
| 3 | 3.5 | 71.0 ± 22.1 a | 13.6 ± 3.3 de | 0.71 ± 0.2 a | 15.4 ± 1.6 a | 63.5 ± 5.6 ab |
| 3 | 5.5 | 72.3 ± 21.3 a | 15.6 ± 6.2 cde | 0.72 ± 0.2 a | 13.0 ± 0.8 a | 58.0 ± 12.9 ab |
| 3 | 7.5 | 15.6 ± 31.3 bcde | 22.9 ± 2.6 abc | 0.16 ± 0.3 b | 14.7 ± 1.1 a | 31.0 ± 11.5 cd |
| 3 | 9.5 | 77.2 ± 15.3 a | 19.5 ± 8.0 abcd | 0.77 ± 0.1 a | 13.5 ± 1.7 a | 46.1 ± 3.6 abc |
| 4.5 | 3.5 | 1.9 ± 1.0 de | 24.6 ± 1.5 ab | 0.02 ± 0.0 b | 15.4 ± 1.1 a | 68.6 ± 10.2 a |
| 4.5 | 5.5 | 3.7 ± 3.0 cde | 20.5 ± 2.9 abcd | 0.04 ± 0.0 b | 15.0 ± 2.0 a | 38.1 ± 11.5 bc |
| 4.5 | 7.5 | 0.5 ± 0.2 e | 16.4 ± 3.2 bcde | 0.01 ± 0.0 b | 15.6 ± 1.5 a | 67.6 ± 19.6 ab |
| 4.5 | 9.5 | 0.5 ± 0.1 e | 10.6 ± 2.5 e | 0.01 ± 0.0 b | 13.5 ± .0 a | 50.0 ± 8.9 abc |

Los valores promedios en cada columna seguidos por una misma letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

sido gélicas, preparadas disolviendo el agar en agua caliente y posteriormente adicionando los nutrientes (Salles, 1992; Tsitsipis, 1977; Chan *et al.*, 1990, Moreno *et al.*, 1997; Zucoloto *et al.*, 1979, Chang, 2004b; Chang *et al.*, 2001b; Saldanha y Silva, 1999). Los parámetros de transformación de huevo a larva y de rendimiento larvario, así como los parámetros que describen la calidad de las moscas criadas (peso de larva y pupa) indicaron que las dietas géllicas elaboradas con los tres tipos de agares (Largel®, Largel EC® y Largel C®) registraron la textura y calidad nutrimental óptima para el desarrollo de larvas en cantidad y calidad requeridas para establecer crías a gran escala.

El calentamiento moderado de las dietas incrementa la disponibilidad y digestibilidad de las proteínas (Cohen, 2004). Este hecho explica en parte que los parámetros de desarrollo y calidad observados en *A. ludens* y *A. obliqua* producidas

con dietas géllicas y olote de maíz sean similares (Artiaga-López *et al.*, 2004). Las dietas géllicas que requieren de agar disuelto en agua caliente son poco prácticas para su utilización a nivel masivo, por lo que están en desventajas comparadas con las dietas elaboradas solamente mezclando los ingredientes (i.e. polvo de olote). Con los agares Largel® y Largel C® se elaboró una dieta con buena textura, en donde las larvas perforaron y se desplazaron, pero no hubo altos rendimientos larvarios, a diferencia de la dieta formulada con el agar Largel EC® en donde se observó un buen desarrollo larvario de *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*. Aunque el valor de SHL registrado para *A. obliqua* indicó que no es una dieta adecuada para dicha especie.

Con la dieta formulada en frío, el mayor rendimiento para *A. ludens* fue de 4.9 larvas/gramo de dieta contra 3.95 larvas/gramo de dieta de cría masiva, aunque el peso de pupa y porcentaje de

Cuadro 4

Efecto de la concentración de caseína y levadura torula sobre el desarrollo de *A. obliqua* en dieta larvaria texturizada con agar Largel C.

| Caseína (%) | Levadura (%) | Supervivencia huevo-larva (%) | Peso de larva (mg) | Rendimiento (Larvas/g de dieta) | Peso de pupa (mg) | Emergencia (%) |
|-------------|--------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|
| 0 | 3.5 | 12.8 ± 3.7 abcd | 12.2 ± 2.4 d | 0.13 ± 0.0 bcd | 17.2 ± 1.3 abcd | 72.3 ± 16.7 ab |
| 0 | 5.5 | 11.2 ± 3.2 abcd | 16.1 ± 1.7 cd | 0.11 ± 0.0 bcd | 16.3 ± 1.0 bcd | 50.2 ± 22.7 bc |
| 0 | 7.5 | 3.2 ± 1.3 defgh | 17.2 ± 2.7 bcd | 0.03 ± 0.0 d | 16.4 ± 0.4 bcd | 81.4 ± 9.5 a |
| 0 | 9.5 | 0.9 ± 0.4 h | 16.0 ± 2.9 cd | 0.01 ± 0.0 d | 17.0 ± 0.7 abcd | 76.5 ± 12.6 a |
| 1.5 | 3.5 | 21.2 ± 12.5 abc | 15.3 ± 1.2 cd | 0.21 ± 0.1 abc | 16.4 ± 0.9 bcd | 74.5 ± 7.4 ab |
| 1.5 | 5.5 | 8.6 ± 18.5 bcdef | 16.5 ± 3.0 bcd | 0.09 ± 0.0 cd | 15.9 ± 0.4 d | 68.6 ± 1.8 ab |
| 1.5 | 7.5 | 16.2 ± 14.7abcde | 18.5 ± 1.8 abcd | 0.16 ± 0.1 bcd | 18.5 ± 1.3 a | 77.3 ± 4.0 a |
| 1.5 | 9.5 | 3.2 ± 3.6 fgh | 17.6 ± 3.8 bcd | 0.03 ± 0.0 d | 17.9 ± 0.4 abc | 59.2 ± 9.7 ab |
| 3 | 3.5 | 27.9 ± 8.3 ab | 21.9 ± 9.3 abc | 0.28 ± 0.0 ab | 17.1 ± 0.8 abcd | 86.8 ± 1.9 a |
| 3 | 5.5 | 35.1 ± 25.0 a | 19.3 ± 1.2 abcd | 0.35 ± 0.2 a | 17.8 ± 0.9 abc | 77.8 ± 7.4 a |
| 3 | 7.5 | 5.2 ± 2.3 cdefg | 19.0 ± 2.7 abcd | 0.05 ± 0.0 cd | 18.5 ± 0.2 a | 83.7 ± 7.9 a |
| 3 | 9.5 | 7.7 ± 3.4 abcdef | 19.8 ± 3.9 abcd | 0.08 ± 0.0 cd | 18.5 ± 0.8 a | 74.7 ± 4.9 ab |
| 4.5 | 3.5 | 3.5 ± 1.9 defgh | 27.0 ± 11.4 a | 0.04 ± 0.0 cd | 18.7 ± 0.5 a | 86.5 ± 10.4 a |
| 4.5 | 5.5 | 2.7 ± 1.4 efgh | 19.5 ± 3.2 abcd | 0.03 ± 0.0 d | 18.1 ± 0.9 ab | 59.8 ± 12.2 ab |
| 4.5 | 7.5 | 1.7 ± 1.5 gh | 25.3 ± 3.4 ab | 0.02 ± 0.0 d | 17.9 ± 1.6 abc | 32.2 ± 13.5 c |
| 4.5 | 9.5 | 6.4 ± 3.3 bcdf | 25.6 ± 2.2 ab | 0.06 ± 0.0 cd | 16.1 ± 0.7 cd | 37.1 ± 24.8 c |
| 4.5 | 9.5 | 87.0 ± 14.3 a | 27.9 ± 5.8 abc | 0.87 ± 0.1 a | 19.1 ± 5.1 bcd | 46.3 ± 19.8 ab |

Los valores promedios en cada columna seguidos por una misma letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

Cuadro 5

Efecto de la concentración de caseína y levadura torula sobre el desarrollo de *A. serpentina* en dieta larvaria texturizada con agar Largel C.

| Caseína (%) | Levadura (%) | Supervivencia huevo-larva (%) | Peso de larva (mg) | Rendimiento (Larvas/g de dieta) | Peso de pupa (mg) | Emergencia (%) |
|-------------|--------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|
| 0 | 3.5 | 1.3 ± 0.6 d | 16.2 ± 2.4 bc | 0.01 ± 0.0 d | 17.0 ± 3.4 cd | 14.0 ± 8.7 c |
| 0 | 5.5 | 0.5 ± 0.1 d | 14.4 ± 0.1 c | 0.01 ± 0.0 d | 16.5 ± 2.5 cd | 13.5 ± 4.3 c |
| 0 | 7.5 | 24.2 ± 18.1 cd | 15.0 ± 5.7 c | 0.24 ± 0.1 cd | 18.2 ± 3.5 bcd | 64.6 ± 18.7 ab |
| 0 | 9.5 | 37.9 ± 37.0 bcd | 17.2 ± 4.1 abc | 0.38 ± 0.3 bcd | 17.2 ± 2.6 cd | 82.8 ± 7.1 ab |
| 1.5 | 3.5 | 79.9 ± 26.0 ab | 22.9 ± 2.9 abc | 0.80 ± 0.2 ab | 20.4 ± 3.4 bcd | 89.8 ± 5.0 a |
| 1.5 | 5.5 | 88.6 ± 15.0a | 27.0 ± 7.3 abc | 0.89 ± 0.1 a | 23.5 ± 6.1 abcd | 90.7 ± 4.9 a |
| 1.5 | 7.5 | 67.8 ± 25.0abc | 26.5 ± 6.0 abc | 0.68 ± 0.2 abc | 19.7 ± 5.4 bcd | 77.7 ± 7.3 ab |
| 1.5 | 9.5 | 68.4 ± 21.8 abc | 22.5 ± 2.1 abc | 0.68 ± 0.2 abc | 18.6 ± 2.8 bcd | 62.8 ± 10.8 ab |
| 3 | 3.5 | 91.9 ± 2.6 a | 31.1 ± 5.2 abc | 0.92 ± 0.0 a | 21.4 ± 5.8 bcd | 47.5 ± 35.9 b |
| 3 | 5.5 | 83.7 ± 8.7 ab | 29.6 ± 2.1 abc | 0.84 ± 0.0 ab | 15.0 ± 3.0 d | 3.5 ± 2.1 d |
| 3 | 7.5 | 84.0 ± 17.9 ab | 34.6 ± 15.3 ab | 0.84 ± 0.1 ab | 31.4 ± 5.0 a | 94.0 ± 5.3 a |
| 3 | 9.5 | 60.2 ± 39.9 abc | 36.3 ± 21.7 a | 0.60 ± 0.4 abc | 27.9 ± 5.2 ab | 71.3 ± 18.8 ab |
| 4.5 | 3.5 | 47.6 ± 27.7 abcd | 34.7 ± 9.4 ab | 0.48 ± 0.2 abcd | 25.7 ± 6.1 abc | 77.8 ± 31.5 ab |
| 4.5 | 5.5 | 43.4 ± 21.6 abcd | 27.9 ± 7.7 abc | 0.43 ± 0.2 abcd | 25.2 ± 8.0 abc | 83.3 ± 19.4 ab |
| 4.5 | 7.5 | 92.1 ± 44.6 a | 26.2 ± 7.7 abc | 0.92 ± 0.4 a | 23.5 ± 4.9 abcd | 56.2 ± 28.5 ab |
| 4.5 | 9.5 | 87.0 ± 14.3 a | 27.9 ± 5.8 abc | 0.87 ± 0.1 a | 19.1 ± 5.1 bcd | 46.3 ± 19.8 ab |

Los valores promedios en cada columna seguidos por una misma letra no son diferentes significativamente (Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

emergencia de adultos fueron menores. Por el contrario, *A. obliqua* registró el menor rendimiento larvario en la dieta gélida en comparación con el rendimiento registrado en el proceso de cría masiva normal, siendo de 1.5 y 3.35 larvas/gramo de dieta, respectivamente.

Las diferencias observadas en los resultados obtenidos en cada dieta se debió a las diferencias químicas y físicas de los agares utilizados en su elaboración, ya que cada agar está sujeto a un determinado proceso de extracción y purificación. Dicho proceso determina el grado de pureza de un agar y como consecuencia la calidad y sus propiedades, que también tienen un efecto en la disponibilidad de la proteína (Aguilar *et al.*, 1998).

Las dietas que se utilizan para la cría de tefrítidos, generalmente contienen levadura torula (*Candida utilis* (Henneberg) Lodder y Kreger-Van Rij) (Tanaka *et al.*, 1969; Peleg y Rhode, 1970; Zümreoglu *et al.*, 1979; Schwarz *et al.*, 1985, Singh *et al.*, 1988; Chan *et al.*, 1990; Stevens, 1991, Vargas *et al.*, 1994; Moreno *et al.*, 1997; Artiaga-López *et al.*, 2004), y levadura de cerveza (Tzanakakis y Economopoulos, 1967; Zucoloto, 1987; Salles, 1992; Cangussu y Zucoloto, 1997), las cuales proporcionan la mayor cantidad de nutrientes esenciales para el desarrollo larvario de dichas especies (Moreno *et al.*, 1997). Por el contrario, la caseína ha sido utilizada en menor intensidad (Cangussu y Zucoloto, 1997; Moreno *et al.*, 1997), y los resultados obtenidos en este trabajo indicaron un menor potencial para utilizarlo en la elaboración de dietas larvales.

La diferencia entre la levadura torula y la caseína radica en la alanina y serina que están presentes en la levadura. Estos dos aminoácidos son fundamentales para el desarrollo de las larvas de las moscas de la fruta (Del Valle y Mena, 1982). Estudios realizados con *C. capitata*, indicaron que dichos aminoácidos se ubican en el grupo de los no esenciales para esta especie, ya que se demostró que los puede sintetizar a partir de otros aminoácidos utilizando sus propias rutas metabólicas (Chang

et al., 2001b; Cohen, 2004). La caseína contiene cinco veces más metionina y tres veces más prolina y tres veces menos cantidad de cistina que la levadura torula (Moreno *et al.*, 1997). En nuestra dieta formulada con agar en frío, las deficiencias de cistina, alanina y serina fueron compensadas por la harina de maíz que los contiene en altas concentraciones (Wright, 1987).

Los aminoácidos presentes en la levadura torula y la harina de maíz deben estar en las cantidades requeridas para producir moscas de buena calidad (Moreno *et al.*, 1997). La diferencia entre los parámetros de las moscas de la fruta cuando se utilizan diferentes fuentes y proporciones de proteína (caseína y levadura) corresponden a la diferencias que se observan cuando se utilizan diferentes frutos hospederos para que se lleve a cabo el desarrollo larvario (Leyva *et al.*, 1991).

El análisis de correlación indicó que *A. ludens* fue favorecida a medida que la concentración de levadura fue mayor, mientras que en *A. obliqua* y *A. serpentina* ocurrió lo contrario. Las altas concentraciones de caseína afectaron de manera adversa el desarrollo larvario de las tres especies, es probable que las cantidades excesivas de proteína o aminoácidos libres propicien que la dieta sea más vulnerable al desarrollo de microorganismos y como consecuencia de ello sea perjudicial e ineficiente para el desarrollo de los insectos como ha sido reportado previamente para otras especies de moscas de la fruta (Manoukas, 1975).

La emergencia de adultos que se observó en todos los tratamientos, en general fueron bajos comparados con los estándares de calidad establecidos en la cría masiva de la planta de Metapa de Domínguez, Chiapas, que corresponden a 93, 79 y 70% para *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*, respectivamente (Artiaga-López *et al.*, 2004). A excepción de cuando se utilizaron para *A. obliqua* las dietas formuladas con la combinaciones de 3% caseína con 7.5% levadura, 3% caseína con 3.5 % levadura, 3% caseína con 7.5 % levadura y 4.5%

caseína con 3.5% levadura, con las cuales se obtuvieron >80% de emergencia. Mientras que en *A. serpentina* se obtuvieron emergencias mayores al 94% con las dietas formuladas con las combinaciones de 0% caseína y 9.5% levadura, 1.5% caseína y 3.5 % levadura, 1.5% caseína y 5.5% levadura, 3% caseína y 7.5% levadura; y 4.5% caseína y 5.5% levadura.

Las moscas de la fruta no requieren de altas concentraciones de proteína, ya que sus frutos hospederos raramente exceden del 1% (Moreno *et al.*, 1997), por lo tanto las larvas son eficientes en el aprovechamiento de estas, dado que sus cuerpos acumulan cantidades mayores a las encontradas en los frutos hospederos (Del Valle y Mena, 1982). Aunque las dietas artificiales contienen cantidades mayores de proteína que los frutos, los nutrientes presentes en frutos se encuentran de forma más digerible y asimilable que los de una dieta artificial, donde existen componentes más complejos y de difícil digestión que solo son aprovechados parcialmente por las larvas (Cohen, 2004).

Las larvas de *A. obliqua* tuvieron un óptimo desarrollo en la dieta gélida con 2% de proteína (Moreno *et al.*, 1997), aunque en este trabajo los mayores resultados se obtuvieron con concentraciones de 4 al 8%, con lo que se obtuvo más del 60% de THL, un porcentaje de pupación mayor a 55%, un peso promedio de pupa de 18.3 mg, y una emergencia de adultos mayor a 40%. Por otro lado quedó demostrado que las bajas concentraciones de proteína afectan la emergencia de adultos y el peso del adulto, por tanto es necesario tomar como factor importante la fuente de proteína y el grado de disponibilidad para la alimentación larvaria, ya que las diferencias son muy marcadas entre 2% de proteína proveniente de caseína y 2% de proteína proveniente de levadura, por ser de diferente naturaleza (Moreno *et al.*, 1997). Por otro lado, se demostró que *A. obliqua* y *A. serpentina* requieren de caseína en la dieta, a diferencia de *A. ludens* que

puede prescindir de ella.

Rovelo y Molina (1999) destacaron el inconveniente de los altos costos y del método de elaboración para la adopción de una dieta gélida a nivel masivo y mencionaron que la dieta a base de olote y harina de maíz disminuyeron significativamente los costos de operación. Aunque con este tipo de dieta habría que agregar los costos por manejo de residuos sólidos que son significativamente altos en comparación de los que habría con una dieta formulada a base de agar, ya que para la elaboración de la dieta solo se requiere del 3% de texturizante diluido perfectamente en agua al momento de separar las larvas de la dieta; mientras que en la dieta que se utiliza actualmente se adiciona entre 16 al 18% de polvo de olote, el cual no es consumido por la larva y no se disuelve en agua.

En conclusión, se desarrolló una dieta texturizada con agar que permite el desarrollo larvario en forma óptima y de calidad de tres especies de moscas de la fruta (*A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*), aunque se requiere que la dieta sea enriquecida con caseína para incrementar la calidad nutricional que requieren las larvas y mejorar la calidad del insecto producido.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo proporcionado por el Ing. Antonio Villaseñor, Director del Programa Moscamed en Chiapas. Al Ing. Julio Domínguez Gordillo, Subdirector de la Planta Moscafrut. Al Q.F.B. Alfredo Espinosa y al Lic. Rafael Pineda de AGARMEX e HISPANAGAR por el apoyo para el desarrollo de una dieta texturizada con agar. Al personal técnico del Departamento de Colonización y Cría de la Planta Moscamed-Moscafrut; en especial a Bigail Bravo, Orlando Estrada, Margoth García y Eliézer Rivera, por su apoyo técnico. Al personal técnico del Laboratorio de Moscas de la Fruta, de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

LITERATURA CITADA

- AGUILAR, R. R., J. E. AVALOS Y L. E. AGUILAR ROSAS. 1998. Uso de algas marinas en México. *Ciencia y Desarrollo*. 143: 66-73.
- ALUJA, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology*. 39: 155-178.
- ARTIAGA-LÓPEZ, T., E. HERNÁNDEZ, J. DOMÍNGUEZ-GORDILLO, D. S. MORENO, AND D. OROZCO-DÁVILA. 2004. Mass-production of *Anastrepha obliqua* at the Moscafrut Fruit Fly Facility, Mexico, pp. 389-392. In: B. N. Brian [ed.]. *Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit Fly of Economic Importance*. Heriotdale, Johannesburg, South Africa.
- CANGUSSU, J. A., AND F. S. ZUCOLOTO. 1997. Effect of protein sources on fecundity, food acceptance, and sexual choice by *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista Brasileira de Biología*. 57: 611-618.
- CAYOL, J. P. 2000. Changes in sexual behavior and life history traits of tephritid species caused by mass-rearing processes, pp. 843-860. In M. Aluja, and A. L. Norrbom. [eds.]. *Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- CASTAÑEDA, A. C. 1983. *Evaluación de la determinación del tamaño de partícula adecuado del bagazo de caña de azúcar como inerte en la dieta larvaria de la mosca del Mediterráneo (Ceratitis capitata)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Centro América. 87 p.
- CHAN, JR, H. T., J. D. HANSEN AND S. Y. T. TAM. 1990. Larval diets from different protein sources for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 83: 1954-1958.
- CHANG, C. L., R. KURASHIMA, AND C. P. ALBRECHT. 2000. Effect of limiting concentration of growth factors in mass rearing diets for *Ceratitis capitata* larvae (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 93: 898-903.
- CHANG, C. L., C. P. ALBRECHT, AND R. KURASHIMA. 2001a. Adult reproductive capacity of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a chemically defined diet. *Annals of the Entomological Society of America*. 94: 702-706.
- CHANG, C. L., R. KURASHIMA AND C. P. ALBRECHT. 2001b. Larval development of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a meridic diet. *Annals of the Entomological Society of America*. 94: 433-437.
- CHANG, C. L. 2004a. Effect of amino acids on larvae and adult of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 97: 529-535.
- CHANG, C. L. 2004b. Dosage effects between dietary niacin and other B vitamins on larval development of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 97: 536-540.
- CHANG, C. L., C. CACERES AND E. B. JANG. 2004. A novel liquid larval diet and its rearing system for melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 97: 524-528.
- CHAUDHURY, M. F. AND L. A. ALVAREZ. 1999. A new starch-grafted gelling agent for screwworm (Diptera: Calliphoridae) larval diet. *Journal of Economic Entomology*. 92: 1138-1141.
- COHEN, A. C. 2004. *Insect Diets. Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton. 324 pp.
- DEL VALLE, F. R. AND M. H. MENA. 1982. An investigation into insect protein. *Journal of Food Process. Preserv.* 6: 99-110
- FAO/IAEA/USDA/2003. Manual for Product Quality Control and Shipping Procedures for Sterile Mass-Reared Tephritid Fruit Flies. Version 5.0. *International Atomic Energy Agency*, Viena, Austria 85 pp.
- HERNÁNDEZ, E., T. ARTIAGA-LÓPEZ Y J. DOMÍNGUEZ-GORDILLO. 2003. Métodos para la colonización y cría de moscas de la fruta, pp. 169-184. En: E. Hernández e Y. Gómez S. [eds.]. *Memorias del XV Curso Internacional Sobre Moscas de la Fruta*. Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta. Metapa de Domínguez, Chis, México.
- HERNÁNDEZ, E., T. ARTIAGA, AND S. FLORES. 2004. Development of an artificial oviposition device for *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae), pp. 393-398. In B. N. Brian [ed.]. *Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*. 6-10 May 2002, Heriotdale, Stellenbosch, South Africa.
- KASPI R., S. MOSSINSON, T. DREZNER, B. KAMENSKY AND B. YUBAL. 2002. Effect of larval diet on development rate and reproductive maturation of male and female Mediterranean fruit flies. *Physiological Entomology*. 27: 29-38.
- KATIYAR, K. P. 1970. Comparación de dietas de zanahoria y de bagazo para la cría de larvas de moscas del Mediterráneo. *Turrialba*. 20: 217-222.
- KNIPLING, E. F. 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economic Entomology*. 48: 459-462.
- LEPPLA, N. C., J. L. CARLYLE AND T. C. CARLYSLE. 1973. Effect of surface sterilization and automatic collection on *Cabbage looper* eggs. *Journal of Economic Entomology*. 67: 33-36.
- LEYVA, J. L., H. W. BROWNING AND F. E. GILSTRAP. 1991. Development of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) in several host fruit. *Environmental Entomology*. 20: 1160-1165.
- MANOUKAS, A. G. AND G. J. TSIROPOULOS. 1977. Effect of density upon larval and pupal yield of the olive fruit fly. *Annals of the Entomological Society of America*. 70: 414-416.
- MANOUKAS, A. G. 1975. Protein hidrolizate-free larval diets for rearing the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmelin) and the nutritional role of Brewer's yeast, pp. 219-228. In: *FAO/IAEA Symposium on the "Sterility Principle for Insect Control"*. July 1974. Viena, Austria.
- MORENO, D. S., D. A. ORTEGA-ZALETÁ, AND R. L. MANGAN. 1997. Development of artificial larval diets for West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. 90: 427-434.
- NADÉL, D. J. 1965. Mass-reared technique for the Mediterranean fruit fly, pp. 14-17. In: *Advances in Insect Control by the Sterile Male Technique*. Technical Report Series No. 44. IAEA.

- NOM [Norma Oficial Mexicana]. 1995. NOM-023-FITO-1995. Por los que se establece la Campaña Nacional Contra moscas de la fruta. *Publicado en Diario Oficial de la Federación 11 de febrero de 1999*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). Mexico, D. F.
- OROZCO-DÁVILA, D., A. SCHWARZ-GEHRKE Y A. PÉREZ-ROMERO. 1983. Manual de procedimientos de control de calidad. Programa Mosca del Mediterráneo. SARH. 139 p.
- PELEG, B. A., AND R. H. RHODE. 1970. New larval medium and improved pupal recovery method for Mediterranean fruit fly in Costa Rica. *Journal of Economic Entomology*. 63: 1319-1321.
- REINECKE, J. P. 1985. Nutrition: Artificial diets, pp. 391-419. In: G. A. Kerkut, and L. I. Gilbert [eds.]. *Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology*. Pergamon Press.
- REYES, F. J., G. SANTIAGO M. AND P. HERNÁNDEZ M. 2000. The Mexican fruit fly eradication programme. pp. 377-380. In: K. H. Tan [ed.]. *Area-Wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests*, Penerbit Universiti Sains Malaysia, Penang.
- RULL-GABAYET, J. A., J. REYES-FLORES AND W. ENKERLIN-HOEFLICH. 1996. The Mexican national fruit fly eradication campaign: Largest fruit fly industrial complex in the world. pp. 561-563. In: B. A. McPherson and G. J. Steck [eds.]. *Fruit Fly Pests. A World Assessment of their Biology and Management*. St. Lucie Press.
- ROVELO M., R. E. Y E. R. MOLINA G. 1999. *Desarrollo de una dieta larvaria a base de un gel alimenticio para la cría masiva de Anastrepha ludens (Loew)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México. 53 p.
- SALDANHA L., A. AND N. M. SILVA. 1999. Semi-artificial rearing of the larvae of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) in Manaus, Amazonas Brazil. *Florida Entomologist*, 82: 82-87.
- SALLES L., A. B. 1992. Metodología de críaco de *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratorio. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*. 21: 479-486.
- [SARH] SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS. 1991. *Campaña de erradicación de las moscas de la fruta mediante el uso del control integrado de plagas para el saneamiento y mejoramiento de la producción frutícola de México*. Resumen Ejecutivo, Documento de la Campaña. México, D. F.
- SAS INSTITUTE. 2003. *JMP Statistical, Discovery Software, Version 5.0.1*. SAS Institute Inc., Carg., North Carolina.
- SCHWARZ G. A., A. ZAMBADA, D. OROZCO, J. L. ZAVALA AND C. O. CALKINS. 1985. Mass rearing of the Mediterranean fruit fly at Metapa, México. *Florida Entomologist*. 68: 467-477.
- SINGH, P., N. C. LEPPLA AND F. ADAMS. 1988. Feeding behavior and dietary substrates for rearing larvae of the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. *Florida Entomologist* 71: 380-384.
- STEINER, L. F. AND S. MITCHELL. 1966. Tephritid fruit flies, pp. 555-583. In: C. N. Smith [ed.]. *Insect colonization and mass production*. London Academic Press N. Y.
- STEVENS, L. 1991. Manual of Standard Operating Procedures (SOP) for the Mass-Rearing and Sterilization of the Mexican Fruit Fly, *Anastrepha ludens* (Loew). USDA-APHIS, South Central Region, Mission Texas. 39 pp.
- TANAKA, N., L. F. STEINER, K. OHINATA AND R. OKAMOTO. 1969. Low cost larval rearing medium for mass production of oriental and Mediterranean fruit flies. *Journal of Economic Entomology*. 63: 967-968.
- TANAKA, N., R. A. HART, R. Y. OKAMOTO AND L. F. STEINER. 1972. Control of the excessive metabolic heat produced in diet by a high density of larvae of the Mediterranean fruit fly. *Journal of Economic Entomology*. 65: 866-867.
- TSITSIPIS, J. A. 1977. Larval diets for *Dacus oleae*: The effect of inert materials cellulose and agar. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 22: 227-235.
- TZANAKAKIS, M.E. AND A. P. ECONOMOPOULOS. 1967. Two efficient larval diets for continuous rearing of the olive fruit fly. *Journal of Economic Entomology*. 60: 660-663.
- UNDERWOOD A., J. 2005. Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis. *Cambridge University Press*. 504 pp.
- VARGAS, R. I., S. MITCHELL, C. HSU, AND W.A. WALSH. 1994. Laboratory evaluation of diets of processed corncob, torula, yeast, and wheat germ on four developmental stages of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. 87: 91-95.
- WRIGHT, K. N. 1987. Nutritional proprieties and feeding value of corn and its by-products, pp. 447-478. In: S.A. Watson and P. E. Ramstad [eds.]. *Corn Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota. USA.
- ZUCOLOTO, F. S., S. PUSCHEL AND C. M. MESSAGE. 1979. Valor nutritivo de algumas dietas artificiais para *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Boletim de Zoologia*, São Paulo, 4: 75-80.
- ZUCOLOTO F. S. 1987. Feeding habits of *Ceratitis capitata*: can larvae recognize a nutritionally effective diet?. *Journal of Insect Physiology*. 33, 349-353.
- ZÜMREOGLU, A., N. TANAKA AND E. J. HARRIS. 1979. The need for wheat germ in larval diets of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) of non-nutritive bulking material. *Turkiye Bitki Koruma Dergisi* 3: 131-138.