

Desarrollo larval de *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) en diferentes dietas y densidades larvales

Larval development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) on different diets and larval densities

ONIEL JEREMÍAS AGUIRRE-GIL¹, FABRICIO IGLESIAS VALENTE¹, LETICIA SERPA DOS SANTOS¹, DANIELA DE LIMA VIANA¹ y ANTONIO CARLOS BUSOLI²

Resumen: A nivel mundial, un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos para el consumo humano se desperdicia, siendo importante la generación de propuestas para el uso sostenible de los mismos. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de cuatro dietas, a base de salvado de arroz, en tres cantidades y tres densidades larvales sobre la duración del periodo larval, porcentaje de viabilidad larval y peso larval de *Chrysomya megacephala*. Los resultados indican que la duración del periodo larval y el porcentaje de viabilidad larval fueron favorecidos con el incremento de salvado de arroz en la dieta. En contraste, el peso larval se redujo con este incremento. En relación con la densidad larval, 5 larvas/g de dieta presentó el mayor porcentaje de viabilidad larval, sin presentar efectos significativos sobre la duración del periodo y peso larval. La duración del periodo larval y el porcentaje de viabilidad larval no difirieron al incrementar la cantidad de dieta, mientras que el peso larval aumentó favorablemente. En relación con la interacción de los factores, la duración del periodo larval disminuyó conforme se incrementó la densidad larval en la dieta con mayor contenido de salvado de arroz, y el peso larval aumentó conforme se incrementó la cantidad de dieta. Finalmente, 5 larvas/g de dieta es la densidad ideal de *C. megacephala*, el peso larval aumenta con la cantidad de dieta y la duración del periodo larval es inversamente proporcional a la densidad larval en la dieta con mayor contenido de salvado de arroz.

Palabras clave: Moscardones. Producción larval. Desarrollo sostenible.

Abstract: Globally, a third of the edible parts of food produced for human consumption are wasted, therefore it is important the generation of proposals for the sustainable use thereof. The objective of this investigation was to determine the influence of four diets, based in rice bran, in three quantities and three larval densities on the duration of larval period, larval viability and larval weight of *C. megacephala*. The results indicate that the duration of larval period and percentage of larval viability were favored when the content of rice bran in the diet was increased. In contrast, the larval weight was decreased. In relation with larval density, 5 larvae/g of diet presented the greatest percentage of larval viability, without significant effects on the duration of larval period and larval weight. The duration of larval period and larval viability did not differ by increasing the quantity of diet, while the larval weight increased favorably. In relation with the interaction of factors, the duration of larval period decreased as the larval density increased, in the diet with the greatest content of rice bran, and the larval weight increased as the quantity of diet increased. Finally, the density of 5 larvae/g of diet is the ideal density of *C. megacephala*, the larval weight increases with the quantity of diet, and the duration of larval period is inversely proportional to the larval density in the diet with the greatest content of rice bran.

Key words: Blowflies. Larval production. Sustainable development.

Introducción

La diversidad de insectos es enorme y su colosal biomasa es, usualmente, desperdiciada. Ellos constituyen una parte importante de la cadena trófica en varios ecosistemas al ser alimento de aves, anfibios, peces y/o ciertos reptiles. Además son excelentes recicladores de materia orgánica en descomposición. Por lo tanto, desde una perspectiva cultural, económica y ambiental, los insectos pueden ser utilizados para convertir desechos orgánicos en biomasa animal rica en proteínas y adecuada para la nutrición de animales pequeños (Ramos-Elorduy 1997).

En condiciones naturales, la mayor parte de insectos presentes en los desechos orgánicos está constituida por dípteros (Di Luise *et al.* 2008). En varios estudios se utilizaron larvas de moscas criadas en restos orgánicos, como parte de la dieta para pollos, peces y ranas, con el fin de reducir los costos de producción comercial de estos animales (Paiva 2001; Cuca *et al.* 1999; Esmail 1996). Otros estudios relacionados demues-

tran que las larvas de la mosca doméstica, *Musca domestica* L., 1758 (Diptera: Muscidae) son una excelente fuente de nutrientes comparados con la harina de soya, carne e incluso pescado (Paiva 2001; Cuca *et al.* 1999).

La familia Calliphoridae también es un importante descomponedor de la materia orgánica de origen vegetal y animal, y alcanza una elevada biomasa debido a su tamaño (Cabral *et al.* 2007; Galante y Marcos-García 1997). Por tal motivo, se seleccionó el moscardón *Chrysomya megacephala* Fabricius, 1794 (Diptera: Calliphoridae). Esta especie es relativamente fácil de mantener en condiciones experimentales y presenta rápida producción de descendientes en un periodo corto de tiempo (Marcondes 2001). Además, es una de las especies con las más altas tasas de asimilación de nutrientes y mejor adaptada para empupar con pesos larvales bajos. *Chrysomya megacephala* es un excelente reciclador de materia orgánica en descomposición (Levot *et al.* 1979) y el peso mínimo de sus larvas pos-alimentadas está en un intervalo de 30,5 - 32,0 mg/larva (Zuben 1998).

¹M. Sc. en Entomología Agrícola. Universidade Estadual Paulista, UNESP Jaboticabal, SP, Brasil. oaguirretm@gmail.com, oniel.gil@posgrad.fcav.unesp.br. Autor para correspondencia. ²Prof. Dr. Titular. Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNESP Jaboticabal, SP, Brasil.

Los adultos de *C. megacephala* tienen tamaño medio, coloración metálica verde azulada y espiráculo mesotorácico oscuro. La posición de los ojos, tipo holóptico en machos y dicóptico en hembras, sugiere la existencia de dimorfismo sexual (Nogarol *et al.* 2009; Oliveira-Costa 2011). El tiempo promedio de desarrollo del primer ciclo ovariano de *C. megacephala* es de 192 ± 32 horas, lo que indica que la primera postura es colocada a los $8 \pm 1,33$ días (Linhares 1988).

Para los moscardones como *C. megacephala*, el estadio larval es el principal periodo en el cual la competencia por recursos limitados es significativa. El resultado de esta competencia se puede reflejar en los parámetros poblacionales, tales como sobrevivencia, fecundidad y tamaño de los adultos resultantes, así como con efectos directos sobre la dinámica poblacional de la especie (Zuben *et al.* 2001).

Actualmente a nivel mundial, el uso sostenible de los desechos orgánicos es ineficiente, puesto que, aproximadamente un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o desperdicia, lo que representa alrededor de 1.300 millones de toneladas al año (FAO 2012). Debido a este desperdicio se están desarrollando propuestas alternativas con el objetivo de aprovechar, de manera sostenible, estos desechos orgánicos, de los cuales, la conversión en biomasa animal rica en proteína es una de ellas.

En este sentido, la propuesta de esta investigación involucra la utilización de salvado de arroz (subproducto de la agroindustria arrocería) para la alimentación y producción de larvas de *C. megacephala*. La utilización del salvado de arroz está enfocada bajo los criterios del desarrollo sostenible, puesto que incluye los factores ambiental, social y económico, es decir, no contamina el ambiente, tiene un gran potencial para la generación de empleo y es barato en comparación con otros insumos.

Este trabajo tuvo por objetivo determinar la influencia de cuatro dietas, a base de salvado de arroz, en tres cantidades y tres densidades larvales sobre la duración del periodo larval, porcentaje de viabilidad larval y peso larval de *Chrysomya megacephala*. Se espera que los parámetros biológicos sean influenciados positivamente y se logre encontrar una combinación adecuada de dieta, densidad larval y cantidad de dieta para la producción de larvas de *C. megacephala* que permita contribuir al uso sostenible de los recursos que son desperdiciados a lo largo de la cadena de suministros de alimentos, principalmente los provenientes de la agroindustria de países en vías de desarrollo.

Materiales y métodos

Local del experimento. Los experimentos de cría de larvas de *C. megacephala* se desarrollaron en el Laboratorio de Manejo Integrado de Plagas del Departamento de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Jaboticabal, SP, Brasil.

Colecta y cría de manutención de *C. megacephala*. Los adultos de *C. megacephala* se colectaron en las instalaciones de cría de bovinos, ovinos y aves del área experimental de Zootecnia de la Hacienda de Investigación y Enseñanza de la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Jaboticabal, SP, Brasil.

Se utilizó hígado bovino crudo como cebo atrayente de adultos, las moscas se colectaron con una red entomológica de 40 cm de diámetro y se colocaron, individualmente (hembras y machos), en recipientes de plástico de 1.000 ml. Los recipientes se mantuvieron en cámaras climatizadas con temperatura controlada de 25 ± 1 °C, humedad relativa de $60 \pm 10\%$ y fotoperiodo de 12 horas. Luego, fueron transferidos a jaulas de cría en proporción de 5:1 (hembras:macho). Aunque Pires *et al.* (2009), recomiendan para *C. megacephala* 3:1, en este estudio se modificó esta proporción con mejores resultados.

Se proporcionó agua y sacarosa separadamente y *ad libitum* a las hembras colectadas, las cuales se consideraron como la generación parental del experimento. Para conseguir el desarrollo gonotrófico y posterior oviposición de las hembras de *C. megacephala*, se ofreció separadamente, hígado bovino crudo y agua con sacarosa.

A las hembras de la generación F₁ se les ofreció hígado bovino crudo por ocho horas durante el tercer y cuarto día después de la emergencia, y por cuatro horas durante el quinto y sexto día, para así conseguir una maduración uniforme de los ovarios (Linhares 1988). Los machos siempre se alimentaron con hígado bovino crudo y agua con sacarosa. La identificación de los ejemplares se realizó mediante la morfometría geométrica alar de adultos de *C. megacephala* descrita por Vásquez y Liria (2012).

Las larvas de la generación F₂ se utilizaron en los experimentos, puesto que tenían por lo menos una generación en condiciones de laboratorio. Para estimular la oviposición, se colocó dentro de los recipientes de plástico de 1.000 ml hígado bovino crudo contenido en placas Petri de 8 cm de diámetro.

Formación de los tratamientos en estudio. Tan pronto como las moscas ovipositaron, los huevos se trasladaron a recipientes de 250 ml con algodón húmedo en el interior, y luego se pasaron a una cámara climatizada (25 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ HR y fotoperiodo de 12 horas) hasta que los huevos eclosionaron. Posteriormente las larvas neonatas se transfirieron a los recipientes con los diferentes tratamientos utilizando pinceles de punta fina.

Se desarrolló un experimento factorial 4x3x3 completamente al azar constituido por cuatro tipos de dieta, tres densidades larvales y tres cantidades de dieta. Los niveles del factor tipo de dieta fueron A1, A2, A3 y A4. El tipo de dieta A1 (llamado dieta patrón) se basó en la dieta desarrollada por Leal *et al.* (1982), conformada por 1L de agua para 100 g de leche en polvo, 100 g de levadura de cerveza, 8 g de agar, 5 g de caseína y 2 g de nypagin (fungistático). Las dietas A2, A3 y A4 sustituyeron 25%, 50% y 75% de la leche en polvo de la dieta patrón por salvado de arroz, respectivamente. Los niveles del factor densidad larval fueron B1, B2 y B3 con 1; 5 y 10 larvas/g de dieta, respectivamente. Los niveles del factor de cantidad de dieta fueron C1, C2 y C3 con 1; 4 y 8g de dieta, respectivamente. Según las combinaciones de los factores tipo de dieta, densidad larval y cantidad de dieta se obtuvieron 36 tratamientos con cinco repeticiones cada uno.

Evaluación de los parámetros biológicos en estudio. Las evaluaciones se realizaron diariamente, por la mañana. El periodo de incubación de los huevos de *C. megacephala* (n = 13 hembras) se evaluó en horas, desde el momento de la postura hasta la eclosión de los huevos. Las evaluaciones se

realizaron con una frecuencia de dos horas y para el conteo de las larvas se utilizó un estereoscopio y un pincel de punta fina. El porcentaje de viabilidad de los huevos se determinó por la relación entre el número de huevos que eclosionaron dividido por el número total de huevos de cada postura multiplicado por 100.

El periodo larval de *C. megacephala* se midió en días, siendo el inicio determinado por la eclosión del huevo y el final por la formación de la pupa. La viabilidad larval se determinó mediante la relación entre el número de larvas que alcanzaron el estadio de pupa y el número total de larvas utilizadas inicialmente para cada tratamiento. El peso larval se determinó mediante el peso promedio de una muestra de larvas ($n = 5$) de tercer instar que abandonaron la dieta para empupar.

Análisis de datos. Los promedios de la duración del periodo larval (días), viabilidad larval (porcentaje) y peso larval (miligramos) se analizaron mediante la prueba F del análisis de varianza. El análisis de las diferencias se realizó mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($P < 0,05$). Para la ejecución del análisis, los promedios de duración del periodo larval y peso larval se transformaron en $(x + 0,5)^{1/2}$ y la viabilidad larval en $\arcseno [(x + 0,50)/100]^{1/2}$ utilizando el programa estadístico IBM SPSS *Statistics* 20 (IBM Corp. 2011).

Resultados y discusión

Periodo de incubación y viabilidad de los huevos. El periodo de incubación de los huevos de *C. megacephala* fue de $10,12 \pm 1,82$ horas a 25°C , resultados que difieren a los obtenidos por Barros-Cordeiro y Pujol-Luz (2010) y Gabre *et al.* (2005) quienes obtuvieron, respectivamente, periodos de incubación de 15 y 24 horas a 26°C . Estas diferencias pueden ser explicadas al hecho de que la generación F₁ del experimento se crió exclusivamente en hígado bovino crudo y la de los mencionados autores en dieta artificial, lo que posiblemente proporcionó más energía y proteína para el desarrollo del embrión. Otra razón podrían ser las características intrínsecas de estas poblaciones provocadas por adaptaciones al medio en el que se desarrollan en Brasil. Según Guimarães *et al.* (1978), esta especie es la más común en las regiones Oriental y Australasia siendo introducida accidentalmente en las Américas a mediados de los 70.

La viabilidad de huevos fue de 97,3%, resultados que fueron superiores a los encontrados por Zuben (1998) que obtuvo 90,2%; esto probablemente sea debido a que los huevos del experimento se colocaron en algodón húmedo dentro de recipientes plásticos cerrados herméticamente lo que evitó el desecamiento de los huevos y la consecuente muerte del embrión.

Tabla 1. Promedio (\pm SE) del periodo, viabilidad y peso larval de *C. megacephala* criadas en cuatro tipos de dieta, tres densidades larvales y tres cantidades de dieta. Jaboticabal, Brasil 2012/2013.

| Tratamientos | Periodo larval ¹ (días) | Viabilidad larval ² (%) | Peso larval ¹ (mg) |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Tipo de dieta (A) | | | |
| Dieta patrón (A1) | 5,64 \pm 0,07 d | 82,62 \pm 2,75 a | 34,10 \pm 1,30 a |
| 25% salvado arroz (A2) | 8,79 \pm 0,21 b | 47,52 \pm 5,12 b | 26,70 \pm 1,50 b |
| 50% salvado arroz (A3) | 10,82 \pm 0,20 a | 21,00 \pm 3,46 c | 26,40 \pm 1,30 b |
| 75% salvado arroz (A4) | 7,61 \pm 0,23 c | 39,75 \pm 4,44 b | 21,80 \pm 1,10 c |
| Densidad larval (B) | | | |
| 1 larva/g (B1) | 7,65 \pm 0,33 a | 37,13 \pm 5,16 c | 27,70 \pm 1,50 a |
| 5 larvas/g (B2) | 7,73 \pm 0,27 a | 62,29 \pm 4,04 a | 29,50 \pm 1,50 a |
| 10 larvas/g (B3) | 7,93 \pm 0,35 a | 45,31 \pm 3,75 b | 26,60 \pm 1,00 a |
| Cantidad de dieta (C) | | | |
| 1 g (C1) | 6,92 \pm 0,41 b | 39,14 \pm 5,52 b | 24,10 \pm 1,60 c |
| 4 g (C2) | 8,01 \pm 0,29 a | 52,00 \pm 3,79 a | 27,40 \pm 1,00 b |
| 8 g (C3) | 8,10 \pm 0,28 a | 52,74 \pm 4,08 a | 31,20 \pm 1,40 a |
| Test F | | | |
| A | 276,75* | 71,69* | 18,72* |
| B | 6,25NS | 26,33* | 0,04NS |
| C | 5,66* | 10,53* | 9,11* |
| A x B | 12,87* | 4,89* | 5,65* |
| A x C | 5,07* | 5,27* | 2,21NS |
| B x C | 11,52* | 3,16* | 5,43* |
| A x B x C | 5,88* | 3,52* | 2,14* |
| Desviación estándar | 0,3600 | 0,0185 | 0,0046 |
| CV (%) | 12,65 | 18,97 | 1,76 |

¹ Para el análisis los datos se transformaron en $(x+0,5)^{1/2}$.

² Para el análisis los datos se transformaron en $\arcseno [(x + 0,50)/100]^{1/2}$.

Promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente en el test de Tukey a 5% de probabilidad.

* Las diferencias son significativas a un nivel de 5% de probabilidad en la prueba de F del ANOVA.

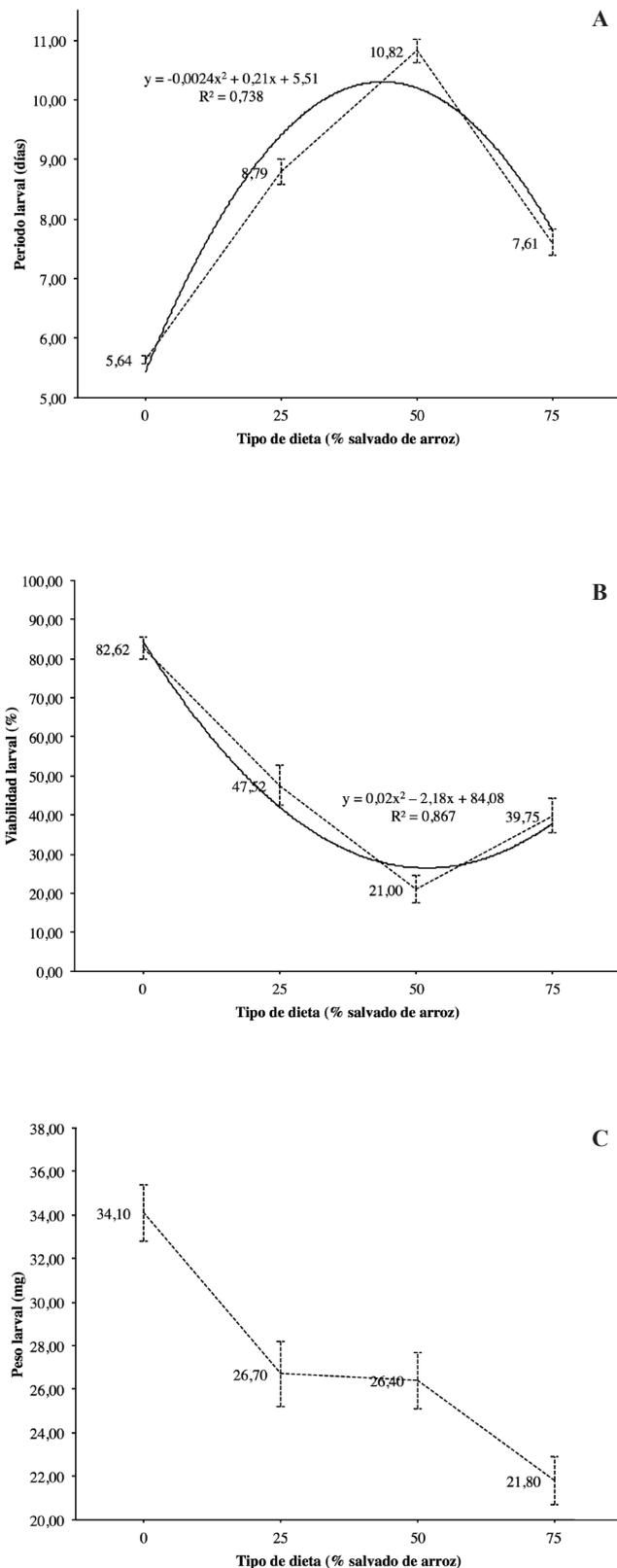


Figura 1. Efecto del tipo de dieta sobre la duración del periodo (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

Las moscas ovipositaron aproximadamente a las 17:00, dos horas más tarde a las observadas por Zuben (1998) y Herzog *et al.* (1992).

Efecto del tipo de dieta, densidad larval y cantidad de dieta sobre el desarrollo larval de *C. megacephala*

Efecto del tipo de dieta. En la dieta patrón, las larvas de *C. megacephala* tuvieron la menor duración del periodo larval (5,64 días), la mayor viabilidad larval (82,62%), y el mayor peso larval (34,10 mg) (Tabla 1).

En tal sentido, según el análisis de regresión de la variable duración del periodo larval de *C. megacephala* ($y = -0,0024x^2 + 0,21x + 5,51$, $R^2 = 0,738$), los resultados indican que la duración del periodo larval disminuye conforme se aumenta el porcentaje de salvado de arroz. De esta manera se alcanzó el máximo valor en la dieta con 50% de salvado de arroz, a partir del cual la duración del periodo larval disminuyó (Fig. 1A). Este análisis indica que al alimentar larvas de *C. megacephala* con dieta a base de 100% de salvado de arroz, la duración del periodo larval disminuiría a un tiempo que sería comparable al obtenido en la dieta patrón.

En el caso de la viabilidad larval, esta variable disminuyó drásticamente al incrementar el porcentaje de salvado de arroz en la dieta. Es así que alcanzó solo 21% de viabilidad larval en la dieta con 50% de salvado de arroz, mientras que en la dieta con 75% de salvado de arroz alcanzó 39,75% (Fig. 1B). De acuerdo con el análisis de regresión ($y = 0,02x^2 - 2,18x + 84,08$, $R^2 = 0,867$), la tendencia de la variable viabilidad larval es opuesta a la duración del periodo larval. Según este análisis, se alcanzaría una viabilidad larval de 66,08% en una dieta con 100% de salvado de arroz, situación ideal para la obtención de mayor cantidad de larvas en menor tiempo. Asimismo, existe una correlación de Pearson negativa significativa ($r = -0,544$, $P < 0,01$) entre las variables duración del periodo larval y porcentaje de viabilidad larval de *C. megacephala*.

Las dietas con 25% y 50% de salvado de arroz no presentaron diferencias significativas en relación con el peso larval (Fig. 1C). El peso larval en la dieta con 75% de salvado de arroz fue 36% menor con respecto al peso larval de la dieta patrón (Tabla 1), indicando que la sustitución de la leche por salvado de arroz afecta negativamente la ganancia de peso de las larvas.

En un trabajo similar, Leal *et al.* (1982), mencionan que las diferencias en el crecimiento de *Chrysomya chloropyga* Wiedemann, 1818 (Diptera: Calliphoridae) en el mismo tipo de dieta se debe a la calidad de la proteína de la leche en polvo. De acuerdo con esta afirmación, se puede decir que la duración del periodo larval, el porcentaje de viabilidad larval y el peso larval en la dieta patrón fueron los más favorecidos debido a la calidad y cantidad de la proteína contenida en la leche en polvo (Nestlé Ninho®) que es 26,13%, más de lo que contiene el salvado de arroz que es 16,99% (Lacerda *et al.* 2010).

En el caso de la dieta con 75% de salvado de arroz, la duración del periodo larval disminuyó y la viabilidad larval aumentó, probablemente, como consecuencia de la rápida descomposición de este tipo de dieta, lo que obligó a las larvas a desarrollarse en el menor tiempo posible; esto puede haber ocurrido porque las larvas de *C. megacephala* están adaptadas a alimentarse de fuentes proteicas de rápida descomposición (Carvalho y Zuben 2006; Gomes *et al.* 2006).

Efecto de la densidad larval. La duración del periodo larval y el peso larval de *C. megacephala* no difirieron estadísticamente en las tres densidades (Tabla 1, Figs. 2A, C). La via-

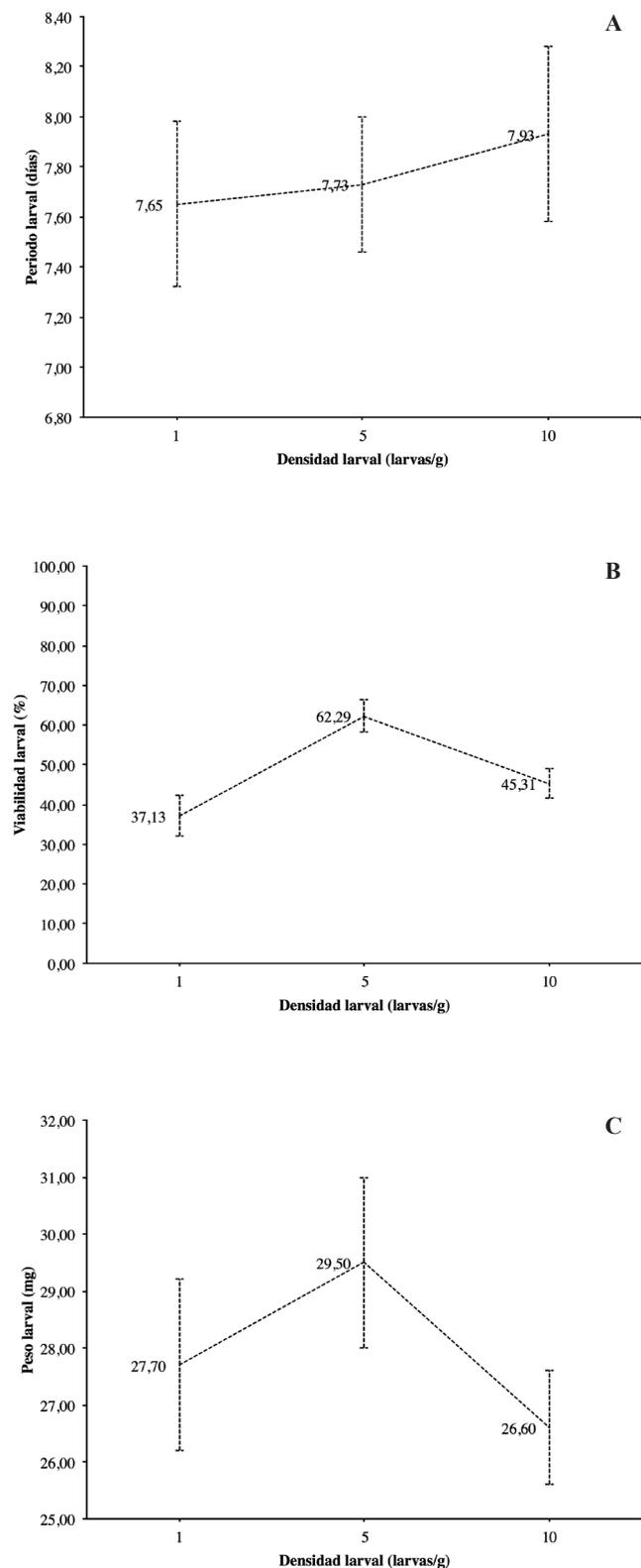


Figura 2. Efecto de la densidad larval sobre la duración del periodo larval (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

bilidad larval fue mayor en la densidad de 5 larvas/g de dieta con 62,29% (Tabla 1, Fig. 2B).

La densidad ideal de larvas de *C. megacephala* y *C. rufifacies* Macquart, 1842 (Diptera: Calliphoridae) es de 8 y 10

larvas/g de hígado bovino crudo, respectivamente (Goodbrod y Goff 1990). En este sentido, Goodbrod y Goff (1990), Zuben (1995) e Ireland y Turner (2005) mencionan que el comportamiento agregado de *C. megacephala* proporciona efectos benéficos a las larvas, puesto que existe una densidad mínima que ayuda a la degradación y asimilación eficiente de nutrientes del recurso alimenticio; esto como consecuencia de la secreción conjunta de enzimas salivales y proteolíticas propias de las larvas sobre la región agregada que ayuda en el inicio de la degradación.

Los resultados encontrados por Goodbrod y Goff (1990) indican que existe una relación inversa entre la densidad larval y la duración del periodo larval de *C. megacephala*, y que 8 larvas/g de hígado bovino crudo sería la densidad óptima, mientras que Shiao y Yeah (2008) encontraron que en densidades por encima de 5 larvas/g de pescado crudo, la duración del periodo larval de *C. megacephala* comienza a disminuir.

Nuestros resultados no muestran una clara correlación entre la densidad larval y la duración del periodo larval, como los encontrados por Goodbrod y Goff (1990) y Shiao y Yeah (2008). Esta diferencia puede ser debido a que la dieta utilizada por estos autores fue a base de tejido de origen animal crudo de rápida descomposición a la cual las larvas de *C. megacephala* están adaptadas a alimentarse (Carvalho y Zuben 2006; Gomes *et al.* 2006).

El periodo larval y el peso larval de *C. megacephala* alimentadas con dieta a base de salvado de arroz, que es de origen vegetal, no fueron afectados por la densidad larval (Tabla 1), lo que no descarta la posibilidad de que se puedan seleccionar poblaciones de *C. megacephala* que consigan adaptarse eficientemente a este recurso (o cualquier otro) que es desperdiciado, con el objetivo de desarrollar una cadena productiva que utilice de manera sostenible los recursos.

Por otro lado, mayor porcentaje de individuos sobrevivieron en la densidad de 5 larvas/g de dieta, esto probablemente se debe a que la densidad de 5 larvas/g formó la densidad mínima ideal que favoreció el desarrollo larval de *C. megacephala* en estos tipos de dieta como explican Goodbrod y Goff (1990) e Ireland y Turner (2005).

Efecto de la cantidad de dieta. El periodo larval más corto de *C. megacephala* fue de 6,92 días en la cantidad de dieta de 1 g (Tabla 1, Fig. 3A). La duración del periodo larval se estabilizó al aumentar la cantidad de dieta, esto posiblemente porque mayores cantidades de dieta de origen vegetal no estimulan a las larvas a desarrollarse más rápidamente, condición que sería diferente a lo que ocurre en dietas de origen animal, en la cual, la rápida descomposición del recurso estimulan la reducción del periodo larval (Carvalho y Zuben 2006; Gomes *et al.* 2006).

Por otro lado, la mayor viabilidad larval de *C. megacephala* se obtuvo en las cantidades de dieta de 4 y 8 g con 52% y 52,74%, respectivamente (Tabla 1). Estos resultados indican que la viabilidad larval aumenta rápidamente y llega a un punto de estabilidad, en este caso 52% aproximadamente, incluso aumentando la cantidad de dieta (Tabla 1, Fig. 3B).

El peso larval de *C. megacephala* fue mayor en la cantidad de dieta de 8 g con 31,20 mg (Tabla 1, Fig. 3C). En este caso, los resultados indican que el peso larval aumenta con el incremento de la cantidad de dieta ofrecida, siendo que mayor cantidad de alimento disponible permite a las larvas alcanzar pesos mayores, situación que es favorable para la producción de larvas.

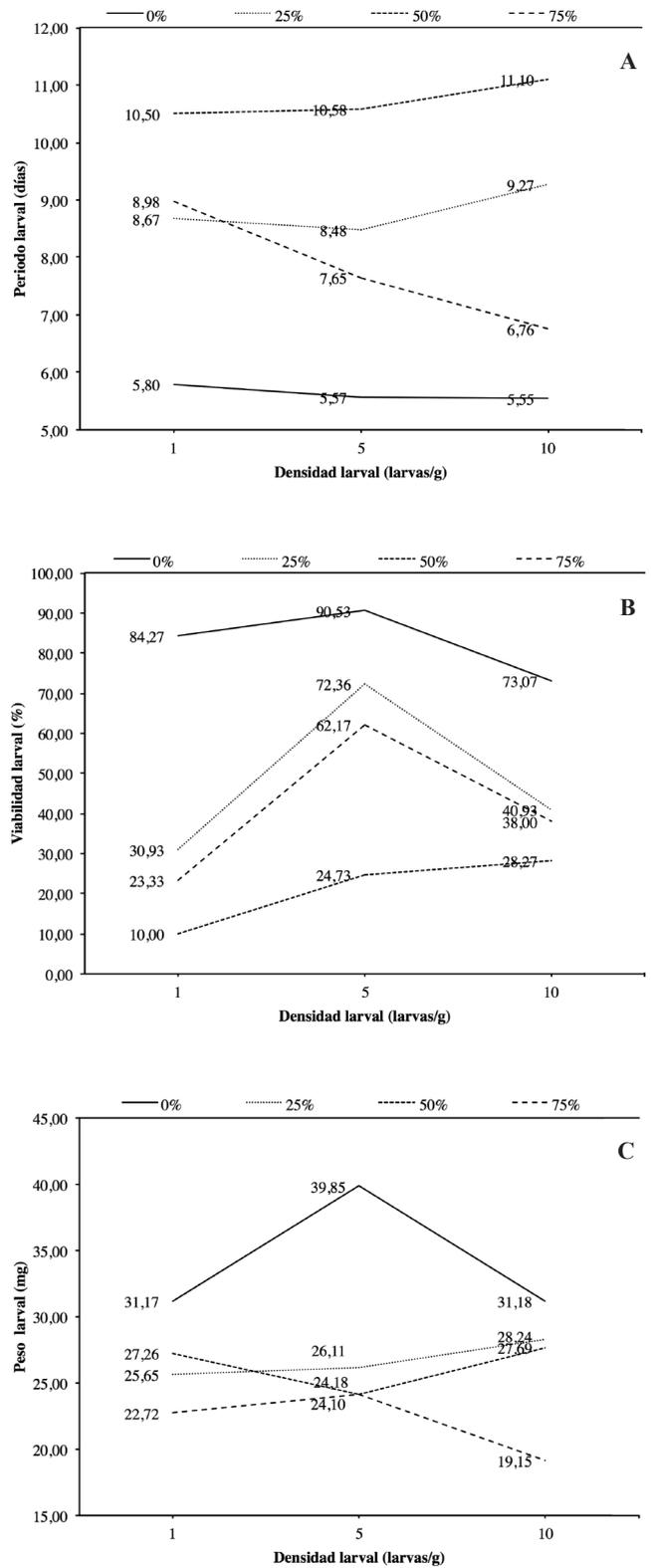
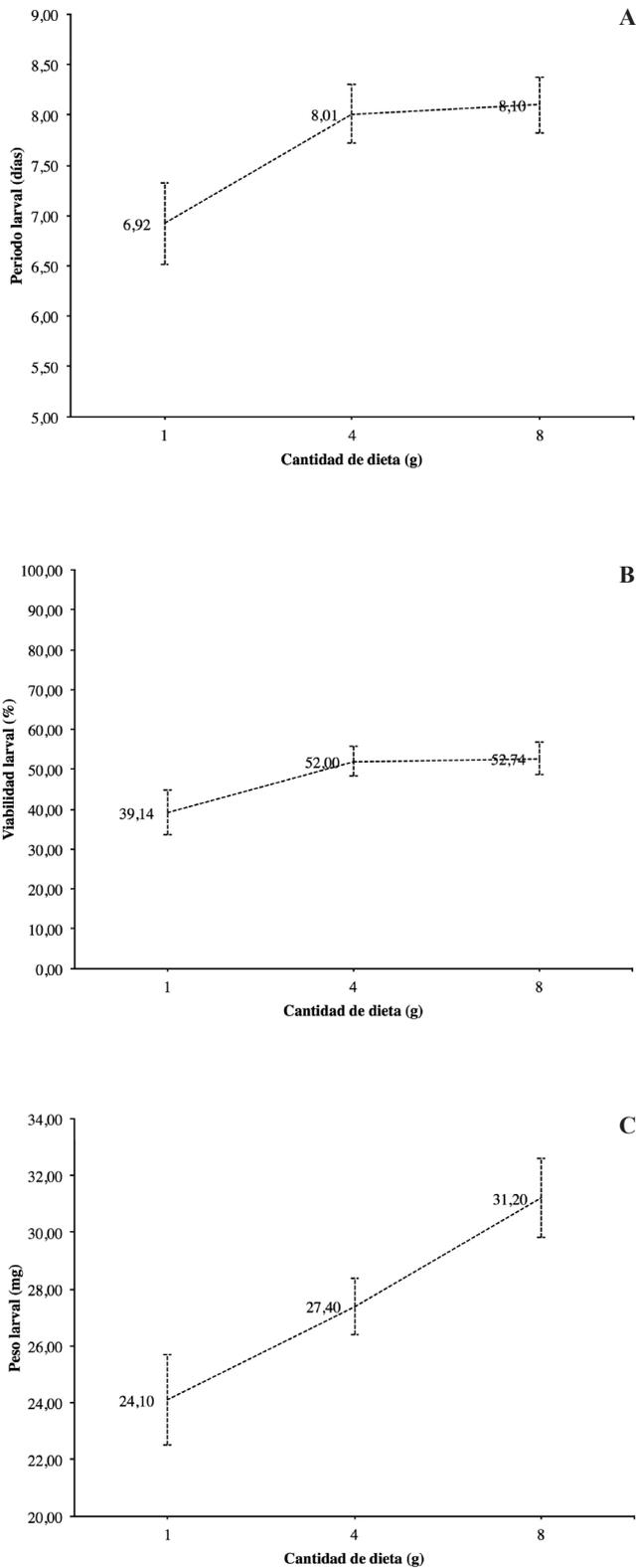


Figura 3. Efecto de la cantidad de dieta sobre la duración del periodo (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

Figura 4. Interacción del tipo de dieta dentro de la densidad larval y su efecto sobre la duración del periodo (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

Cabe resaltar que una de las características por las cuales *C. megacephala* fue escogida para este estudio es que tiene una de las más altas tasas de asimilación de nutrientes y el menor peso larval requerido para empupar (Levot *et al.*

1979), esta característica permite explicar la sobrevivencia de un mayor número de larvas y peso larval en condiciones de mayor cantidad de alimento disponible (4 y 8 g de dieta).

Efecto de interacción del tipo de dieta y la densidad larval

Periodo larval. Los periodos larvales más cortos de *C. megacephala* se alcanzaron en las interacciones de la dieta patrón dentro de las tres densidades larvales (Fig. 4A). La interacción

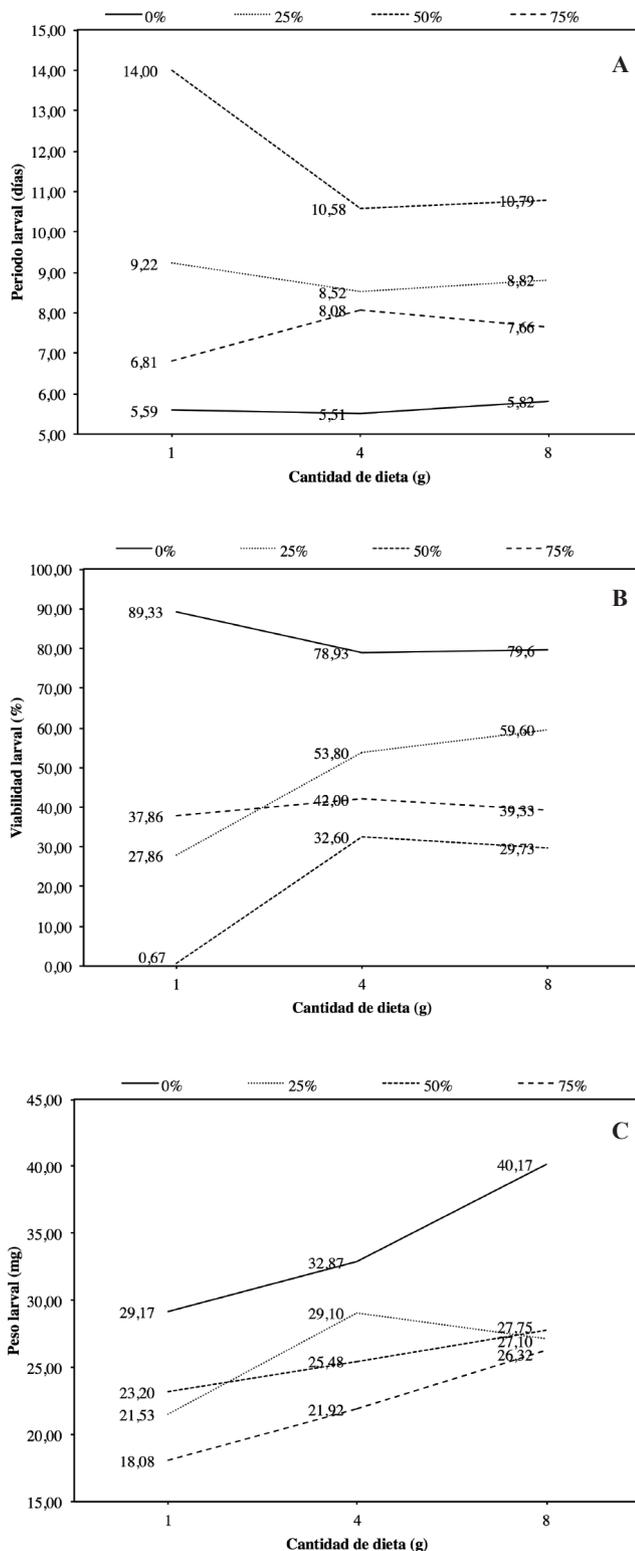


Figura 5. Interacción del tipo de dieta dentro de la cantidad de dieta y su efecto sobre la duración del periodo (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

del tipo de dieta con 75% de salvado de arroz dentro de las densidades larvales indica que la duración del periodo larval de *C. megacephala* disminuye conforme se aumenta la densidad larval (Fig. 4A). Específicamente, esta interacción corrobora con los resultados encontrados por Goodbrod y Goff (1990) y Shiao y Yeah (2008) en el que determinaron que existe una relación inversa entre el periodo larval y la densidad larval de *C. megacephala*. Suponemos que esto se debe a que en dietas con altos porcentajes de salvado de arroz, las larvas de *C. megacephala* secretan enzimas salivales y proteolíticas más específicas; buscando adaptarse y aprovechar al máximo el recurso alimenticio en el cual se desarrollan, como es característico de esta especie (Levot *et al.* 1979).

Viabilidad larval. Los más altos porcentajes de viabilidad larval de *C. megacephala* se presentaron en la interacción de la dieta patrón dentro de las densidades larvales (Fig. 4B). La interacción de la dieta patrón dentro de la densidad de 5 larvas/g de dieta alcanzó los valores más altos de viabilidad larval, porque probablemente la leche en polvo fue más fácil de digerir por las larvas de *C. megacephala* (Leal *et al.* 1979) que el salvado de arroz. Estudios realizados sobre la nutrición larval de *C. megacephala* y especies relacionadas resaltan la importancia de la flora bacteriana del sustrato alimenticio sobre el crecimiento de estos moscardones (Ireland y Turner 2005; Goodbrod y Goff 1990). De acuerdo con estos estudios, *C. megacephala* no presenta la flora bacteriana suficiente para la degradación eficiente de la celulosa, hemicelulosa y lignina contenida en tejidos vegetales, como lo presentan insectos como las termitas, cucarachas, escarabajos entre otros (Sun y Zhou 2009).

Peso larval. Los valores más altos del peso larval de *C. megacephala* se obtuvieron en la interacción de la dieta patrón dentro de las densidades larvales (Fig. 4C). Los resultados de esta interacción indican que el aumento del porcentaje de salvado de arroz en las dietas afecta negativamente la ganancia de peso de las larvas, este fenómeno puede ser atribuido a los problemas de la digestión de la fibra contenida en el salvado de arroz, 16,99% de fibra alimentaria (Lacerda *et al.* 2010).

En general, la interacción de estos factores refuerza los resultados encontrados anteriormente que indican a la densidad de 5 larvas/g de dieta como la densidad mínima ideal para la producción de larvas bajo las condiciones de este estudio, densidad mínima ideal que debe existir para cada sustrato como indican Goodbrod y Goff (1990) e Ireland y Turner (2005), y por presentar los más altos porcentajes de viabilidad larval y peso larval, superando el periodo crítico de larvas neonatas (Shiao y Yeah 2008), incluso con el aumento del porcentaje de salvado de arroz en la dieta.

Efecto de interacción del tipo de dieta y la cantidad de dieta

Periodo larval. Los periodos larvales más cortos de *C. megacephala* se alcanzaron en la interacción de la dieta patrón dentro de las cantidades de dieta (Fig. 5A). La duración del periodo larval en la interacción de la dieta patrón, dieta con 25% y con 75% de salvado de arroz dentro de las densidades larvales no difirieron estadísticamente, indicando que el aumento de la cantidad de dieta no afecta la duración del periodo larval de estas combinaciones. La relativa estabilidad

de la duración del periodo larval en las dietas patrón y con 25% de salvado de arroz dentro de las cantidades de dieta; probablemente se debe al alto porcentaje de leche en polvo en la dieta, que es de fácil y rápida digestión según explica Leal *et al.* (1979).

Viabilidad larval. La interacción de la dieta patrón dentro de la cantidad de dieta presentó los más altos porcentajes de viabilidad larval de *C. megacephala* (Fig. 5B). Los porcentajes de viabilidad larval en las interacciones de la dieta patrón y la dieta con 75% de salvado de arroz dentro de las cantidades de dieta no difirieron estadísticamente, indicando que el aumento de la cantidad de dieta no afecta el porcentaje de viabilidad larval de estas combinaciones. En general, los porcentajes de viabilidad larval son bajos en las dietas conteniendo salvado de arroz, esto probablemente porque las larvas neonatas, las más susceptibles según Shiao y Yeah (2008), tuvieron problemas en el inicio de la degradación de estas dietas, puesto que no están adaptadas a alimentarse de dietas de origen vegetal, lo que no descarta la posibilidad de seleccionarse poblaciones adaptadas a dietas basadas en tejido de origen vegetal.

Peso larval. Los valores más altos del peso larval de *C. megacephala* se obtuvieron en la interacción de la dieta patrón dentro de las cantidades de dieta (Fig. 5C). El peso larval en la dieta con 25% y 75% de salvado de arroz indica, gráficamente, que el peso de las larvas aumenta linealmente conforme se incrementa la cantidad de dieta. Suponemos que esto se debe a que mayores cantidades de dieta involucran mayores cantidades de leche en polvo, el cual podría ser utilizado, en primera instancia, para el desarrollo de las larvas neonatas que son las más susceptibles (Shiao y Yeah 2008) y que posteriormente, cuando ya más desarrolladas y en ausencia de leche en polvo, estas son obligadas a aprovechar el salvado de arroz de la dieta, puesto que *C. megacephala* es una especie que intenta aprovechar al máximo los nutrientes del recurso del cual se alimenta (Levot *et al.* 1979).

Efecto de interacción de la densidad larval y la cantidad de dieta

Periodo larval. Los periodos larvales más cortos de *C. megacephala* se alcanzaron en la interacción de la cantidad de dieta de 1 g dentro de las densidades larvales (Fig. 6A). Observaciones durante la ejecución del experimento revelaron que la dieta con 1 g se deshidrató más rápidamente que las demás, en todas las densidades, generando una situación similar al de la rápida descomposición de tejidos de origen animal, obligando a las larvas a desarrollarse en el menor tiempo posible antes de la completa desecación de la dieta. Para el caso de la interacción de las densidades de 1 y 5 larvas/g dentro de las cantidades de dieta, los resultados indican que la duración del periodo larval se mantuvo estable con el aumento de la cantidad de dieta de 4 a 8 g, mientras que en el caso de la densidad de 10 larvas/g de dieta indican que el periodo larval aumenta conforme se incrementa la cantidad de dieta, demostrando que la competencia intraespecífica excesiva puede provocar un efecto negativo sobre la duración del periodo larval de *C. megacephala*.

Viabilidad larval. Los más altos porcentajes de viabilidad larval de *C. megacephala* se obtuvieron en la interacción de la densidad de 5 larvas/g de dieta dentro de las cantidades de

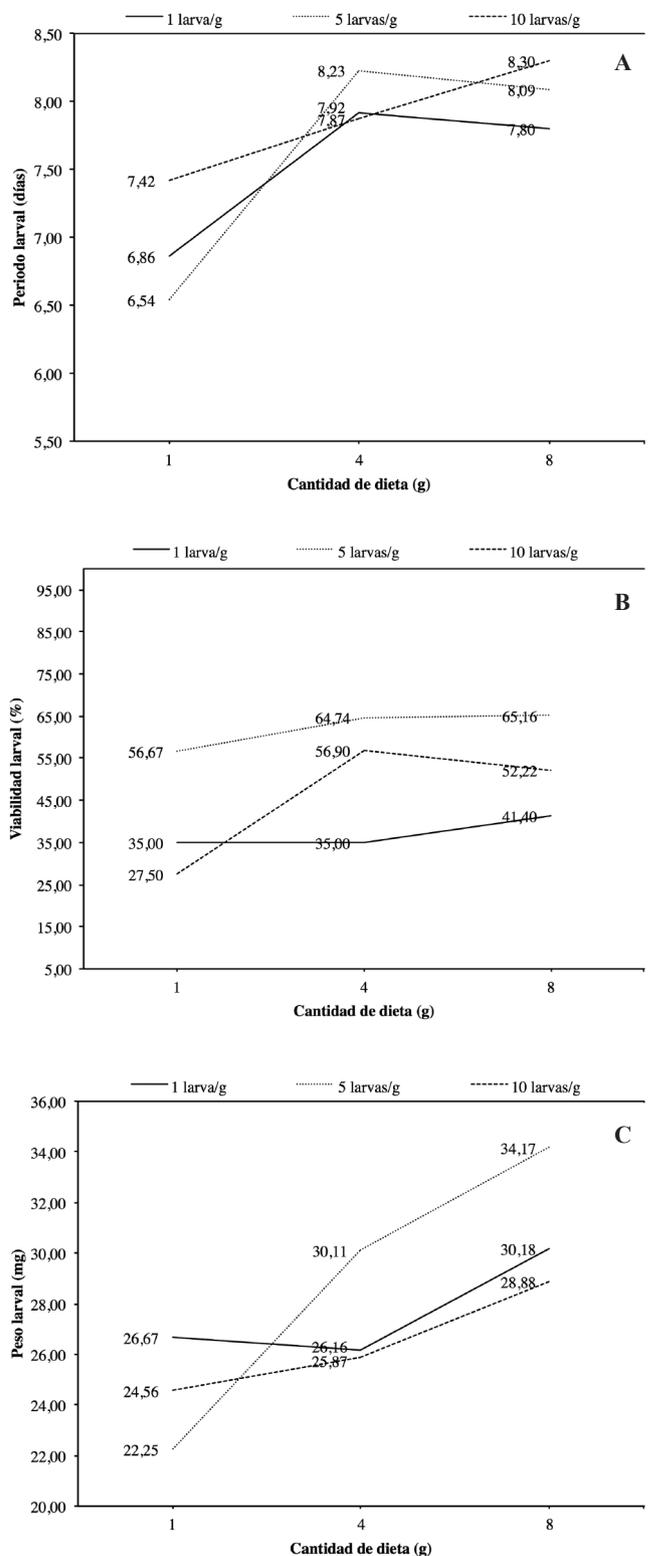


Figura 6. Interacción de la cantidad de dieta dentro de la densidad larval y su efecto sobre la duración del periodo (A), porcentaje de viabilidad (B) y peso larval (C) de *C. megacephala*.

dieta (Fig. 6B). Los resultados de esta interacción indican que la densidad de 5 larvas/g de dieta formó la densidad mínima larval necesaria para el normal desarrollo de las larvas de *C. megacephala* según mencionan Goodbrod y Goff (1990) e Ireland y Turner (2005).

Peso larval. El mayor peso larval de *C. megacephala* se obtuvo en la interacción de la densidad de 5 larvas/g de dieta dentro de la cantidad de dieta de 8 g (Fig. 6C). Gráficamente, la interacción de estos factores indica que el peso larval aumenta conforme se incrementa la cantidad de dieta, lo cual es benéfico en términos de ganancia de peso de larvas en un periodo de tiempo aceptable.

En general, los resultados encontrados en este trabajo son complejos y variables en todas las interacciones. Resultados similares a los nuestros fueron encontrados por Zuben *et al.* (2000), quienes mencionan que la competencia puede depender tanto de la densidad larval como de la cantidad de alimento proporcionado.

Finalmente, la combinación de los factores tipo de dieta, densidad larval y cantidad de dieta puede ser aprovechada y ajustada de acuerdo con la oferta o demanda de la producción de larvas y disponibilidad de los recursos. El salvado de arroz, aunque tiene altas concentraciones de carbohidratos, proteínas y vitaminas, y menor costo en relación con la leche en polvo, no fue un componente nutricional óptimo para el normal desarrollo de larvas de esta población de *C. megacephala*, pero se podrían seleccionar poblaciones u otras especies de insectos más adaptadas a la alimentación con salvado de arroz, puesto que actualmente se está perdiendo mucho recurso alimenticio que podría ser aprovechado de manera sostenible.

Conclusiones

La duración del periodo larval de *C. megacephala* en la dieta con 75% de salvado de arroz es inversamente proporcional a la densidad larval. La densidad ideal de larvas es 5 larvas/g de dieta y el peso larval aumenta con la cantidad de dieta.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a la Fundación Ford, a la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES), al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y a la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Literatura citada

- BARROS-CORDEIRO, K. B.; PUJOL-LUZ, J. R. 2010. Morfología e duração do desenvolvimento pós-embrionário de *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) em condições de laboratório. *Papeis Avulsos de Zoologia* 50 (47): 709-717.
- CABRAL M. M. O.; MENDONÇA, P. M.; GOMES, C. M. S.; BARBOSA FILHO, J. M.; QUEIROZ, M. M. C.; MELLO, R. P. 2007. Biological activity of neolignans on the postembryonic development of *Chrysomya megacephala*. *Fitoterapia* 78: 20-24.
- CARVALHO, M. H.; ZUBEN, C. J. 2006. Demographic aspects of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) adults maintained under experimental conditions: Reproductive rate estimates. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (3): 457-461.
- CUCA, G. M.; BERRECIL, P. C.; BRAVO, M. H.; BIXLER, C. E.; PEREZ, H. A. 1999. Estimación de la energía metabolizable y utilización de larva de mosca (*Musca domestica* L.) en la alimentación de pollos de engorde. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal* 7: 39-51.
- DI LUISE, E.; MAGNI, P.; STAITI, N.; SPITALERI, S.; ROMANO, C. 2008. Genotyping of human nuclear DNA recovered from the gut of fly larvae. *Forensic Science International* 1: 591-592.
- ESMAIL, S. H. M. 1996. Fly pupae as a protein source. *Misset - World Poultry* 12 (10): 69-70.
- FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo: Alcance, causas y prevención. Roma, Italia. 33 p.
- GABRE, R. M.; ADHAM, F. K.; CHI, H. 2005. Lifetable of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). *Acta Oecologica* 27: 179-183.
- GALANTE, E.; MARCOS-GARCÍA, M. A. 1997. Detritívoros, coprófagos y necrófagos. pp. 57-64. En: Melic, A.; Miñano, J.; Melic, D. (Eds.). *Los artrópodos y el hombre*. Boletín de la SEA. No. 20. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 468 p.
- GOMES, L.; GOMES, G.; OLIVEIRA, H. G.; SANCHES, M. R.; ZUBEN, C. J. 2006. Influence of photoperiod on body weight and depth of burrowing in larvae of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera, Calliphoridae) and implications for forensic entomology. *Revista Brasileira de Entomologia* 50 (1): 76-79.
- GOODBROD, J.; GOFF, M. 1990. Effects of larval population density on rates of development and interactions between two species of *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in laboratory culture. *Journal of Medical Entomology* 27 (3): 338-343.
- GUIMARÃES, J. H.; PRADO, A. P.; LINHARES, A. X. 1978. Three newly introduced blowfly species in Southern Brazil (Diptera: Calliphoridae). *Revista Brasileira de Entomologia* 22: 53-60.
- HERZOG, J. D. A.; MILWARD-AZEVEDO, E. M. V.; FERREIRA, Y. L. 1992. Observações preliminares sobre o ritmo horário de oviposição de *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 21: 101-106.
- IBM CORP. 2011. IBM® SPSS® Statistics. Versión 20.0. Disponible en: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>. [Fecha revisión: 11 diciembre 2012].
- IRELAND, S.; TURNER, B. 2005. The effects of larval crowding and food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*. *Forensic Science International* 159:175-181.
- LACERDA, D. B. C. L.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, M. V. L.; SILVA-LOBO, V. L.; CAMPOS, M. R. H.; SIQUEIRA, B. S. 2010. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 40 (4): 521-530.
- LEAL, T. T. S.; PRADO, A. P.; ANTUNES, A. J. 1982. Rearing the larvae of blowfly *Chrysomya chloropyga* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) on oligidic diets. *Revista Brasileira de Zoologia* 1: 41-44.
- LEVOT, G. W.; BROWN, K. R.; SHIPP, E. 1979. Larval growth of some calliphorid and sarcophagid Diptera. *Bulletin of Entomological Research* 69: 469-475.
- LINHARES, A. X. 1988. The gonotrophic cycle of *Chrysomya megacephala* (Diptera, Calliphoridae) in the laboratory. *Revista Brasileira de Entomologia* 32: 383-392.
- MARCONDES, C. B. 2001. *Entomologia Médica e Veterinária*. Editora Atheneu, São Paulo. 432 p.
- NOGAROL, L. R.; GOMES, L.; CAETANO, F. H. 2009. Microscopia electrónica de varredura dos olhos compostos de *C. albiceps* (Diptera: Calliphoridae). *Acta Microscopica* 18: 431-432.
- OLIVEIRA-COSTA, J. 2011. *Entomologia Forense: Quando os insetos são vestígios*. Editora: Millennium, Campinas. 520 p.
- PAIVA, D. P. 2001. Produção de larvas de moscas para alimentação de galinhas e pássaros. *Embrapa Suínos e Aves* 3 (1): 1-4.
- PIRES, S. M.; CARCAMO, M. C.; ZIMMER, C. R.; RIBEIRO, P. B. 2009. Influência da dieta no desenvolvimento e investimento reprodutivo de *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794)

- (Diptera: Calliphoridae). Arquivos do Instituto Biológico 76 (1): 41-47.
- RAMOS-ELORDUY, J. 1997. Insects: A sustainable source of food? Ecology of Food and Nutrition 36: 247-276.
- REIS, S. F.; STANGENHAUS, G.; GODOY, W. A. C.; ZUBEN, C. J.; RIBEIRO, O. B. 1994. Variação em caracteres bionômicos em função de densidade larval em *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria* (Diptera, Calliphoridae). Revista Brasileira de Entomologia 38: 33-46.
- SHIAO, S.; YEH, T. 2008. Larval competition of *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae): Behavior and ecological studies of two blowfly species of forensic significance. Journal of Medical Entomology 45 (4): 785-799.
- SUN, J. Z.; ZHOU, X. J. 2009. Utilization of lignocelluloses feeding insects for viable biofuels: an emerging and promising area of entomological science. pp. 251-291. En: Liu, T.; Kang, L. (Eds.). Recent advances in entomological research from molecular biology to pest management. Higher Education Press. Beijing. China. 500 p.
- VASQUEZ, M.; LIRIA, J. 2012. Morfometría geométrica alar para la identificación de *Chrysomya albiceps* y *C. megacephala* (Diptera: Calliphoridae) de Venezuela. Revista de Biología Tropical 60 (3): 1249-1258.
- ZUBEN, C. J. 1998. Comportamento de oviposturas individuais, porcentagem de eclosão e peso larval mínimo para pupação em populações de *Chrysomya megacephala* (F.). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 27 (4): 525-533.
- ZUBEN, C. J.; STANGENHAUS, G.; GODOY, W. A. C. 2000. Competição larval em *Chrysomya megacephala* (F.) (Diptera: Calliphoridae): Efeitos de diferentes níveis de agregação larval sobre estimativas de peso, fecundidade e investimento reprodutivo. Revista Brasileira de Biologia 60: 195-203.
- ZUBEN, C. J.; ZUBEN, F. J.; GODOY, W. A. C. 2001. Larval competition for patch y resources in *Chrysomya megacephala* (Dipt., Calliphoridae): Implications of the spatial distribution of immatures. Journal of Applied Entomology 125: 537-541.

Recibido: 16-sep-2013 • Aceptado: 16-feb-2015

Citación sugerida:

- AGUIRRE-GIL, O. J.; VALENTE, F. I.; SANTOS, L. S.; VIANA, D. L.; BUSOLI, A. C. 2015. Desarrollo larval de *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) en diferentes dietas y densidades larvales. Revista Colombiana de Entomología 41 (1): 48-57. Enero-Junio 2015. ISSN 0120-0488.