



Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

GROWTH BEFORE VISUAL RESPONSE AND PROLONGED FEEDING REGIMES IN THE LARVAL BIOREGULATOR MOSQUITOES *GAMBUSIA PUNCTATA* POEY, 1854

CRECIMIENTO ANTE LA RESPUESTA VISUAL Y REGÍMENES PROLONGADOS DE ALIMENTACIÓN EN EL BIORREGULADOR LARVAL DE MOSQUITOS *GAMBUSIA PUNCTATA* POEY, 1854

George Argota-Pérez^{1*}; Rigoberto Fimia-Duarte²; José Iannacone^{3,4} & Pedro M. Alarcón-Elbal⁵

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. george.argota@gmail.com

² Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería. Universidad Ciencias Médicas de Villa Clara. Villa Clara, Cuba. Rigoberto.fimia66@gmail.com

³ Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. joseiannacone@gmail.com

⁴ Escuela Universitaria de Postgrado. Grupo de Investigación Sostenibilidad Ambiental (GISA). Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú

⁵ Instituto de Medicina Tropical & Salud Global (IMTSAG), Universidad Iberoamericana (UNIBE), Santo Domingo, República Dominicana. pedro.alarcon@uv.es

*Corresponding autor: george.argota@gmail.com

ABSTRACT

The aim of study was to evaluate the visual response to prolonged feeding regimes in *Gambusia punctata* Poey, 1854, the larval mosquito bioregulator. The study was conducted under controlled conditions. Five juveniles (<1.7 cm) of *G. punctata* were each exposed in four treatments without replication. One of them consisted in the control (daily feeding: T₁) while the rest consisted of prolonged feeding with a regular interval for seven days (T₂: 7 days, T₃: 14 days and T₄: 21 days). At the end of their regular time intervals, non-commercial fishmeal was supplied to T₁, while the rest of the treatments consumed mosquito larvae of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762). The visual response of juvenile individuals by exposure to food was observed in each experimental treatment where there were statistically significant differences. However, no statistically significant differences were found in the visual response time, after the feeding change occurred. It was concluded that growth is affected when food availability is prolonged and a change in food preference occurs regardless of whether the visual response to food detection and consumption is immediate in juveniles of the *G. punctata* bioregulator.

Keywords: *Aedes aegypti* – bioregulator – supply – total length – visual detection

doi:10.24039/rmh2020141632

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta visual ante regímenes prolongados de alimentación en el biorregulador larval de mosquitos *Gambusia punctata* Poey, 1854. El estudio se realizó bajo condiciones controladas. Se expusieron a 5 juveniles (< 1,7 cm) de *G. punctata* en cuatro tratamientos sin réplica. Uno de ellos consistió en el control (alimentación diaria: T₁) mientras que los restantes consistieron en alimentación prolongada con intervalo regular por siete días (T₂: 7 días, T₃: 14 días y T₄: 21 días). Al transcurrir sus intervalos regulares de tiempo se les suministraron al T₁, harina de pescado no comercial mientras que, el resto de los tratamientos consumió, larvas del mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762). Se observó la respuesta visual de los individuos juveniles por exposición al alimento en cada tratamiento experimental donde hubo diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, no se encontró diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de respuesta visual, después que se produjo el cambio de alimentación. Se concluyó que, el crecimiento se afecta cuando la disponibilidad de alimento se prolonga y ocurre un cambio en la preferencia alimentaria independientemente que, la respuesta visual ante la detección y consumo del alimento sea inmediata en juveniles del biorregulador *G. punctata*.

Palabras clave: *Aedes aegypti* – alimentación – biorregulador – detección visual – longitud total

INTRODUCCIÓN

El crecimiento es un indicador que determina el bienestar en los peces (Agüero *et al.*, 2014; Besson *et al.*, 2016) y para ello se requiere una alimentación adecuada desde las primeras etapas de la vida que permita expresar todo el potencial (Canada *et al.*, 2017). Cuando la alimentación no es un recurso limitante en el medio, los peces se alimentan con la misma frecuencia; sin embargo, al escasear, deben aclimatarse a los regímenes de días de ayuno prolongados (Nikki *et al.*, 2004; Blake *et al.*, 2006, Känkänen & Pirhonen, 2009).

Aunque están descritos algunos efectos en el crecimiento de los peces según la calidad ambiental del flujo hídrico (Bautista & Ruiz, 2011; Vásquez *et al.*, 2016), y con relación a algunos parámetros como la temperatura (Mazumder *et al.*, 2016; Castillo *et al.*, 2017) y/o la exposición a metales (Ale *et al.*, 2018; Argota *et al.*, 2019; Gashkina *et al.*, 2020), resultan escasos los estudios que refieren a la sinergia que ocurre entre la capacidad de reacción visual y las condiciones de ayuno para peces larvóvoros controladores de mosquitos. La capacidad de reacción visual es un mecanismo de orientación sensorial hacia señales acústicas o químicas (Staaterman *et al.*, 2012; Paris *et al.*, 2013) y como conducta le permite a los peces posicionarse en condiciones favorables e impedir

situaciones adversas como es orientarse hacia el alimento, competir con otros organismos y alcanzar el éxito para evitar la depredación dentro del hábitat (Hall & Clark, 2016; Gouraguine *et al.*, 2017).

Durante las primeras edades de los peces las larvas constituyen una de las principales fuentes de alimentación y cuando se trata de larvas de mosquitos se produce su regulación (Myers *et al.*, 2014; Hammerschlag *et al.*, 2019), pero su privación como cualquier otro tipo de alimento genera cambios fisiológicos y morfológicos como son la capacidad de natación y la propia búsqueda de alimentos (Moyano *et al.*, 2016), y por tanto, pudiera ser sensible en la viabilidad de los peces (Hamre *et al.*, 2013; Izquierdo *et al.*, 2015).

Aunque la *Gambusia punctata* Poey, 1854, ha sido utilizada como monitor ambiental para la predicción cuantitativa ante la exposición a metales pesados en ecosistemas acuáticos (Argota & Iannacone, 2017) otros estudios refieren sus potencialidades como control biológico sobre los mosquitos (Diptera: Culicidae) de importancia higiénica sanitaria (Fimia *et al.*, 2016).

El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta visual ante regímenes prolongados de alimentación en el biorregulador larval *G. punctata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio. Desde julio hasta agosto de 2019 se expusieron a 5 juveniles ($< 1,7$ cm) de *G. punctata* en cuatro tratamientos sin réplica. Uno de ellos consistió en el control (alimentación diaria: T₁) mientras que, los restantes consistieron en alimentación prolongada con intervalo regular por siete días (T₂: 7 días, T₃: 14 días y T₄: 21 días).

Se suministró alimento a voluntad, tres días antes del experimento. En el caso del tratamiento control, consistió en larvas del mosquito (L₃ y L₄) de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762); para los tratamientos restantes fue de harina de pescado seca no comercial.

Al tratamiento control se le continuó con la misma alimentación hasta el día 18 donde se le modificó por harina de pescado seca no comercial. En el caso de los tratamientos T₂, T₃ y T₄, no se les suministró alimentación y al transcurrir sus intervalos regulares de tiempo se les suministraron larvas de mosquitos.

Previamente, las larvas de *A. aegypti* se depositaron en bandejas rectangulares (30 x 15 cm x 5cm) de material de plástico con volumen de 3 L de agua no clorada. Para el mantenimiento de las larvas se les suministró diariamente 0,5 g de harina de pescado seca para su supervivencia.

Se consideró la respuesta visual de los juveniles según el tiempo de detección (seg) y depredación del alimento donde al finalizar el periodo de alimentación prolongada, se les suministró por 72 h, alimentación a voluntad y luego, se midió el

crecimiento de los juveniles (mm).

Se utilizó el programa estadístico profesional Epidat 4.2 para el tratamiento de los datos. Se comparó el valor promedio del tiempo de respuesta visual entre el T₁ con el correspondiente al T₂, T₃ y T₄ mediante la prueba análisis de varianza para la alimentación a voluntad. Después del cambio de alimentación se comparó el tiempo de respuesta visual entre los tratamientos mediante el análisis de varianza factorial, siendo el mismo estadígrafo utilizado para la comparación del crecimiento donde la prueba de Tukey HSD se utilizó para la homogeneidad de grupos. Los resultados se consideraron significativos cuando $p < 0,05$.

Aspectos bioéticos: se consideró para el estudio, aplicar la eutanasia mediante hipotermia inmediata, inhibiéndose la función biológica para luego medir con un pie de rey (0,05 mm) el crecimiento total.

RESULTADOS

Se observa la respuesta visual de los individuos juveniles por exposición al alimento en cada tratamiento experimental donde hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba t-Student con los valores promedio de respuesta visual cuando la alimentación fue a voluntad (24,49; $P = 0,000$). Sin embargo, no se encontró diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de respuesta visual (TRV), después que se produjo el cambio de alimentación (CA) ($F = 1,87$; $P = 0,21$) (tabla 1).

Tabla 1. Tratamiento = T / tiempo de respuesta visual (segundos) = TRV / alimentación a voluntad = AV / cambio de alimentación = CA / tres mediciones / letra a = homogeneidad de grupos (Tukey).

T	TRV (seg)	
	AV	CA
Control	1,2 ± 0,48	1,5 ± 0,55 a
T ₁		2,0 ± 0,71 a
T ₂	1,4 ± 0,58	2,2 ± 0,48 a
T ₃		2,6 ± 0,55 a

Se observa el crecimiento de los individuos juveniles después de finalizado el experimento donde existió diferencias estadísticamente

significativas entre los tratamientos ($F = 185,71$; $P = 0,00$) (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamiento = T / crecimiento = C (mm) / tres mediciones.

T	C	Tukey HSD
Control	1,60 ± 0,01	a
T ₁	1,36 ± 0,11	a
T ₂	0,80 ± 0,07	b
T ₃	0,66 ± 0,09	c

Letras: significan homogeneidad de grupos.

DISCUSIÓN

El tiempo de respuesta visual al detectar y consumirse el alimento en los individuos juveniles de *G. punctata* fue superior cuando se cambió la dieta, pero se consideró muy breve con relación a la alimentación a voluntad. La causa, probablemente se debe a la influencia del bajo requerimiento acumulado de calorías por el periodo de alimentación restringido al que fueron sometieron los individuos, y cuando existe una condición extrema, se produce un daño grupal (Argota *et al.*, 2019). Aunque el tiempo de respuesta visual para la detección y consumo de alimentos puede ser inmediato, el crecimiento de los individuos se afectó. Asimismo, en el tratamiento control, al parecer hubo rechazo al cambio de alimentación con preferencia a las larvas de mosquitos pues, el T₁ al dejar de alimentarse con la harina de pescado seca no comercial, hubo tendencia al crecimiento compensatorio y trascurridas las 72 h con alimentación a voluntad ante el suministro de larvas de mosquitos, fue estadísticamente similar al tratamiento control.

No parece existir duda de que los individuos del género *Gambusia* Poey, 1854, al estar muy adaptados a varios ecosistemas (Lamatsch *et al.*, 2015), soportan amplios rangos alimentarios (Fong & Garcés, 1977), aunque su preferencia son las larvas de los mosquitos culícidos (Oriol *et al.*, 2012; Carlson *et al.*, 2015; Global Invasive Species Database GISD, 2015). Aunque se describe que la exposición prolongada influye de forma negativa en el peso corporal, contenido de lípidos musculares y la madurez (Escobar *et al.*, 2020), se

observó en el estudio la recuperación del crecimiento cuando la dieta resultó de preferencia.

La principal limitación del estudio fue no evaluarse algunos biomarcadores para valorarse, si los periodos prologados de alimentación generan oxidación a las membranas lipídicas, proteínas, ácidos nucleicos y alteración celular redox. Otra limitación en el estudio fue la disponibilidad de recursos influyendo en las réplicas para el control de posibles variaciones dentro de las mediciones experimentales.

Se concluye que el crecimiento se afecta cuando la disponibilidad de alimento se prolonga y ocurre un cambio en la preferencia alimentaria independientemente de que la respuesta visual ante la detección y consumo del alimento sea inmediata en juveniles del biorregulador *G. punctata*. Los depredadores suelen ser unos de los primeros eslabones tróficos en desaparecer si las condiciones del medio acuático fluctúan drásticamente y la alimentación como recurso indispensable es limitante, puede influir en la supervivencia de la *G. punctata* reduciéndose el control vectorial de plagas como el mosquito *A. aegypti*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero, CH, Hernández, DR, Roux, JP, Sánchez, S & Santinón, JJ. 2014. Growth and survival of *Rhamdia quelen* larvae reared in ponds after different periods of intensive larviculture. Revista Veterinaria, vol. 25, pp. 34-39.

- Ale, A, Bacchetta, C, Rossi, AS, Galdopórpura, J, Desimone, MF, de la Torre, FR, Gervasio, S & Cazenave, J. 2018. *Nanosilver toxicity in gills of a neotropical fish: Metal accumulation, oxidative stress, histopathology and other physiological effects*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 148, pp. 976-984.
- Argota, PG & Iannacone, OJ. 2017. *Predicción cuantitativa mediante biomarcadores de uso permanente como nuevo criterio para biomonitores en ecotoxicología acuática*. *The Biologist (Lima)*, vol. 17, pp. 141-153.
- Argota, PG, Iannacone O & Fimia DR. 2019. *Exposición ecotoxicológica al plomo en sedimentos e influencia del factor de bioconcentración ante la variación de la temperatura sobre la actividad acetilcolinesterasa cerebral en la especie *Gambusia punctata**. *The Biologist (Lima)*, vol. 17, pp. 315-325.
- Argota, PG, Iannacone, OJ & Fimia, DR. 2019. *Teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental: primera parte*. *The Biologist (Lima)*, vol. 17, pp. 179-189.
- Bautista, CJC & Ruiz, VJM. 2011. *Calidad de agua para el cultivo de *Tilapia* en tanques de geomembrana*. *Revista Fuente*, vol. 3, pp. 10-14.
- Besson, M, Vandeputte, M, van Arendonk, JAM, Aubin, J, de Boer, IJM, Quillet, E & Komen, H. 2016. *Influence of water temperature on the economic value of growth rate in fish farming: The case of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) cage farming in the Mediterranean*. *Aquaculture*, vol. 462, pp. 47-55.
- Blake, RW, Inglis, SD & Chan, KHS. 2006. *Growth, carcass composition and plasma growth hormone levels in cyclically fed rainbow trout*. *Journal of Fish Biology*, vol. 69, pp. 807-817.
- Canada, P, Conceição, LEC, Mira, S, Teodósio, R, Fernandes, JMO, Barrios, C, Millán F, Pedroche, J, Valente, LMP & Engrola, S. 2017. *Dietary protein complexity modulates growth, protein utilisation and the expression of protein digestion-related genes in Senegalese sole larvae*. *Aquaculture*, vol. 479, pp. 273-278.
- Carlson, JM, Hyde, ER, Petrosino, JF, Manage, ABW & Primm, TP. 2015. *The host effects of *Gambusia affinis* with an antibiotic-disrupted microbiome*. *Comparative Biochemistry & Physiology*, vol. 178, pp. 163-168.
- Castillo, VS, Ponce, PJ, Arambul, ME, Lopez, GC, Arredondo, FJL & Spanopoulos, HM. 2017. *The combined effects of salinity and temperature on the proximate composition and energetic value of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869)*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 45, pp. 1054-1058.
- Escobar, AS, Felip, A, Mazón, MaJ, Ballester, LG, Pérez, SJ, Thrandur, BB, Zanuy, S & Carrillo, M. 2020. *Long-term feeding of a maintenance ration affects the release of *Igf-1* and *leptin*, and delays maturation in a male teleost fish, *Dicentrarchus labrax* L*. *Aquaculture*, vol. 57, pp. 1-14.
- Fimia, DR, Iannacone, J, Alarcón-Elbal, PM, Hernández, CN, Armiñana, GR, Cepero, RO, Cabrera, GAM & Zaita, FY. 2016. *Potencialidades del control biológico de peces y copépodos sobre mosquitos (*Diptera: Culicidae*) de importancia higiénico-sanitaria en la provincia de Villa Clara, Cuba*. *The Biologist (Lima)*, vol. 14, pp. 371-386.
- Fong, GA & Garcés, GG. 1997. *Notas sobre la alimentación de *Gambusia punctulata*, Poey (*Cyprinodontiformes: Poeciliidae*) en un hábitat marino*. *Biodiversidad de Cuba Oriental*, vol. 2, pp. 54-58.
- Gashkina, NA, Moiseenko, TI & Kudryavtseva, LP. 2020. *Fish response of metal bioaccumulation to reduced toxic load on long-term contaminated lake Imandra*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 191, pp. 1-9.
- Global Invasive Species Database: GISD. 2015. *Perfil de especie *Gambusia affinis*; Base de datos mundial de especies invasoras*, World Fish Database.
- Gouraguine, A, Díaz, GC, Reñones, O, Otegui, DS, Palmer, M, Hinz, H, Catalán, I, Smith, D & Moranta, J. 2017. *Behavioural response to detection of chemical stimuli of predation, feeding and schooling in a temperate juvenile fish*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 486, pp. 140-147.

- Hall, AE & Clark, TD. 2016. *Seeing is believing: metabolism provides insight into threat perception for a prey species of coral reef fish*. *Animal Behaviour*, vol. 115, pp. 117-126.
- Hammer, MP, Bice, CM, Hall, A, Frears, A, Watt, A, Whiterod, NS, Beheregaray, L, B, Harris, JO & Zampatti, BP. 2013. *Freshwater fish conservation in the face of critical watershortages in the southern Murray–Darling Basin, Australia*. *Marine and Freshwater Research*, vol. 64, pp. 807–821.
- Hammerschlag, N, Schmitz, OJ, Flecker, AS, Lafferty, K, Sih, A, Atwood, T, Gallagher, A, Irschick, D, Skubel, R & Cooke, S. 2019. *Ecosystem function and services of aquatic predators in the anthropocene*. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 34, pp. 369-383.
- Izquierdo, MS, Turkmen, S, Montero, D, Zamorano, MJ, Afonso, JM, Karalazos, V & Fernández-Palacios, H. 2015. *Nutritional programming through broodstock diets to improve utilization of very low fishmeal and fish oil diets in gilthead sea bream*. *Aquaculture*, vol. 449, pp.18–26.
- Känkänen, M & Pirhonen, J. 2009. *The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish Coregonus lavaretus L.* *Aquaculture*, vol. 288, pp. 92-97.
- Lamatsch, DK, Adolfsson, S, Senior, AM & Christiansen, G. 2015. *A transcriptome derived female- Specific marker from the invasive western mosquito fish (Gambusia affinis)*. *Plos-One*, vol. 10, pp. 1-16.
- Mazumder, KS, Das, KS, Bakar, Y & Ghaffar, AM. 2016. *Effects of temperature and diet on length-weight relationship and condition factor of the juvenile Malabar blood snapper (Lutjanus malabaricus Bloch & Schneider, 1801)*. *Biomed Research International*, vol. 17, pp. 580-590.
- Moyano, M, Illing, B, Peschutter, P, Huebert, KB & Peck, MA. 2016. *Thermal impacts on the growth, development and ontogeny of critical swimming speed in Atlantic herring larvae*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, vol. 197, pp. 23-34.
- Myers, JT, Yule, DL, Jones, ML, Quinlan, HR & Berglund, EK. 2014. *Foraging and predation risk for larval cisco (Coregonus artedi) in Lake Superior: A modelling synthesis of empirical survey data*. *Ecological Modelling*, vol. 294, pp. 71-83.
- Nikki, J, Pirhonen, J, Jobling, M & Karjalainen, J. 2004. *Compensatory growth in juvenile rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum), held individually*. *Aquaculture*, vol. 235, pp. 285-296.
- Oriol, VN, Araguas, R, Fernández, CR, Diez, D & García, J. 2012. *SPN diversity in introduced populations of the invasive Gambusia holbrooki*. *Ecology of Freshwater Fish*, vol. 21, pp. 100-108.
- Paris, CB, Atema, J, Irisson, JO, Kingsford, M, Gerlach, G & Guigand, CM. 2013. *Reef odor: a wake up call for navigation in reef fish larvae*. *PLoS One*, vol. 8, pp. 1-8.
- Staaterman, E, Paris, CB & Helgers, J. 2012. *Orientation behavior in fish larvae: a missing piece to Hjort's critical period hypothesis*. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 304, pp. 188-196.
- Vásquez, QW, Talavera, NMa & Inga, GM. 2016. *Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi-intensiva de trucha (Oncorhynchus mykiss) en jaulas flotantes en la laguna Arapa-Puno*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 81, pp. 15-28.

Received June 2, 2020.
Accepted June 19, 2020.