

ESTUDIO DE CASO

Potencial invasor del grillo eurasiático *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) en Costa Rica

Andrés Kobe Solares¹  & Luis Ricardo Murillo-Hiller² 

1. Universidad de Costa Rica, Programa de Maestría en Biología, Costa Rica; andres.kobe@ucr.ac.cr
2. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Biología y Ecología Tropical (CIBET), Formerly Museo de Zoología, Costa Rica; luis.murillohiller@ucr.ac.cr

Recibido 05-III-2021 Corregido 21-IV-2021 Aceptado 12-V-2021

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3259>

ABSTRACT. Invasive potential of the Eurasian cricket *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) in Costa Rica.

Introduction: The high nutritional value of insects has led to the consideration of their massive production to complement the production of animal protein. In Costa Rica, the importation of the Eurasian "house cricket", *Acheta domesticus*, for protein production, is not legal for lack of a study of its invasive potential. **Objective:** To analyze the invasive potential of *A. domesticus* and to propose a protocol for the required study. **Methods:** We analyzed the ecological requirements of *A. domesticus* in the ecological categories called "Holdridge life zones" using the Costa Rican cricket *Anurogryllus muticus* as a model. **Results:** Only three Costa Rican life zones can be considered viable for *A. domesticus*. **Conclusions:** *A. domesticus* is unlikely to survive in the field in Costa Rica. Here we present a detailed protocol for a formal study leading to legal importation of the species.

Keywords: Arthropods, culture, hatcheries, protocol, scientific technical study.

RESUMEN. Introducción: El alto valor nutricional de los insectos ha llevado a considerar su producción masiva para complementar la producción de proteína animal. En Costa Rica, la importación del grillo doméstico euroasiático, *Acheta domesticus*, para la producción de proteínas, no es legal por falta de un estudio de su potencial invasor. **Objetivo:** Analizar el potencial invasor de *A. domesticus* y proponer un protocolo para el estudio requerido. **Métodos:** Analizamos los requerimientos ecológicos de *A. domesticus* en las categorías ecológicas denominadas "zonas de vida de Holdridge" utilizando como modelo el grillo costarricense *Anurogryllus muticus*. **Resultados:** Solo tres zonas de vida costarricenses pueden considerarse viables para *A. domesticus*. **Conclusiones:** Es poco probable que *A. domesticus* sobreviva en el campo en Costa Rica. Aquí presentamos un protocolo detallado para un estudio formal que permita su importación legal a Costa Rica.

Palabras clave: Artrópodos, cultivo, criaderos, protocolo, estudio técnico científico.

Al igual que en Costa Rica, en otros países se ha extendido la demanda para la comercialización de fauna, sobresaliendo el interés por los insectos. Este grupo de artrópodos tiene un alto valor en fines de exhibición, investigación, y como fuente de alimento alternativo (Van Huis et al., 2013; von Hackewitz, 2018). Una de las principales razones que ha llevado al aumento en la demanda en insectos es el valor nutricional elevado, con proteínas que, en general, se pueden calificar como de buena calidad (DeFoliart, 1997; Van Huis et al., 2013). Además, el alto crecimiento poblacional humano incrementa a su vez la demanda de alimentos a escala mundial, especialmente las fuentes de proteínas. La producción de harina de pescado, soya y cereales, debe intensificarse, y complementarse mediante el uso de fuentes alternativas (Rumpold & Schlüter, 2013; Apolo-Arévalo & Lannacone, 2015). Los insectos pueden llegar a superar la calidad proteínica de la que proporcionan el pescado, el pollo y cualquier otra fuente. Resulta cada vez más llamativo y quizás viable, el considerar la producción de insectos como el futuro en la producción alimenticia (Van Huis et al., 2013).

Ya están descritos y probados los elementos que hacen viable la producción de insectos para alimento, las consideraciones ecológicas de importar insectos a un país deben ser igual de importantes. Para los gobiernos es fundamental evitar efectos negativos en los ecosistemas nativos (Fiaboe et al., 2012). En esta línea, los insectos han tenido un papel preponderante, pues incentivaron el desarrollo de políticas de control internacional (Rumpold & Schlüter, 2013). En este punto, debe notarse que las primeras iniciativas de control fronterizo sobre especies invasoras emergieron como respuesta a insectos plaga que causaron un enorme perjuicio al sector productivo de Europa y Norteamérica. A mediados del siglo XIX la presencia de la filoxera de la vid (*Daktulosphaira vitifoliae*) en Europa causó la destrucción de gran parte de los viñedos europeos (Rumpold & Schlüter, 2013).

Por lo tanto, comprender el potencial invasor de una especie termina siendo un requisito antes de lograr importarla. Ortópteros (grillos y saltamontes) son un orden de insectos donde se han centrado investigaciones que buscan comprender el potencial de dispersión. Un caso reciente es el del grillo japonés enterrador *Velarifictorus micado*, introducido al este de los Estados Unidos en 1959; Bowles (2018) indica un aumento en su ámbito de distribución, incluyendo parte del norte del país. De manera interesante, él recalca la incidencia de la especie cerca de asentamientos humanos, con pocos ejemplares hallándose en zonas remotas, sugiriendo un bajo o nulo impacto en los ecosistemas.

Una especie que se encuentra actualmente distribuida a nivel mundial es el grillo doméstico *Acheta domestica* (Gryllidae). Esta especie se ha comercializado, para usarse como alimento de animales en condiciones de cautiverio, incluyendo herpetofauna y arácnidos (Pino-Moreno et al., 2014; Arias et al., 2016; Quirós-Blanco et al., 2019). También, la implementación de proyectos de aprovechamiento de grillos para producción de harina, se ha intensificado, buscando complementar o reemplazar la producción de harina de pescado o soya (Parajulee et al., 1993; Santurino et al., 2016; von Hackewitz, 2018).

A. domestica es una especie con metamorfosis incompleta, consta de huevo, ninfa y adulto. Dentro de las 24 a 48 horas posteriores al apareamiento, las hembras de los grillos ponen sus huevos en un área húmeda y con buen sustrato. A una temperatura óptima, los huevos eclosionarán después de 11 a 15 días y comenzarán el ciclo como ninfas nuevamente (Roe et al., 1985; Apolo-Arévalo & Lannacone, 2015; von Hackewitz, 2018). El ciclo de vida rápido, permite contar con ejemplares reproductores en cuestión de semanas y su reproducción constante facilita alcanzar números significativamente productivos (Van Huis et al., 2013). La especie ya ha sido identificada como introducida en Costa Rica (importada de forma no legal posiblemente) para ser utilizada como alimento vivo para animales de cautiverio, pero se desconocen casos de invasión o de asociación a ecosistemas locales (Hanson, 2016).



Con el establecimiento de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 de 1992, Costa Rica reguló los elementos que involucran a la fauna silvestre, tanto nacional como exótica. Resalta el especial interés en prever y prevenir impactos de cualquier tipo, por parte de fauna exótica sobre los ecosistemas nacionales (Hanson, 2016), por lo que la autorización para importar fauna requiere de seguimiento de los estatutos y consideraciones que establece la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Existe, por supuesto, un gran interés en el país por la comercialización de fauna, ya sea viva, de partes o derivados, en particular todos aquellos aprovechables en la alimentación (Santurino et al., 2016).

En Costa Rica se ha buscado establecer proyectos de producción masiva de *A. domesticus* como fuente alternativa en producción de harinas con vías de exportación (Pino-Moreno et al., 2014), recientemente logrando producción y comercialización local (Quirós-Blanco et al., 2019). Sin embargo, la importación de cargamentos de grillos con este fin, de momento no es posible, debido a que de acuerdo al artículo 115 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre los criadores comerciales de artrópodos que deseen importar deben presentar un estudio técnico-científico sobre el potencial invasor de la especie. El reglamento indicó como derogatoria y transitoria la publicación del protocolo para el estudio técnico-científico, pero a la fecha no ha sido publicado. Este estudio analiza el potencial invasor *A. domesticus* y propone un protocolo para el requerido estudio técnico-científico, empleando como modelo el grillo costarricense *Anurogryllus muticus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Realizamos una revisión bibliográfica entre agosto y octubre de 2020, empleando las bases de datos JSTOR y Science Direct, con material publicado entre 1982 y hasta 2020. Las palabras claves consideradas fueron "Cricket", "Cicle", "Development", "Reproduction" y "Survival" obteniendo información sobre condiciones ambientales requeridas para el desarrollo (ciclo de vida) y sobrevivencia de *A. domesticus* en condiciones naturales y de laboratorio. Al mismo tiempo se obtuvo la misma información de condiciones naturales para especies nacionales de la familia Gryllidae, con la finalidad de comparar las condiciones y determinar grados de similitud.

Para proponer el modelo de estudio revisamos el atlas climatológico del Instituto Meteorológico Nacional (2019) y establecimos condiciones de simulación por zonas de vida *sensu* Holdridge (Sasa et al., 2010) viables o potenciales para el desarrollo de *A. domesticus*.

RESULTADOS

Condiciones ambientales: En el país la subfamilia Gryllinae es representativa, en términos de diversidad, particularmente su abundancia (Lee & Loher, 1995; Otte, 2006). De las especies consideradas dentro de la subfamilia, es notorio que para la Estación Biológica La Selva (Sarapiquí, Costa Rica) Otte (2006) describió seis especies con características similares a *A. domesticus*. El grillo de cola corta *Anurogryllus muticus*, resulta la especie de mayor abundancia y con mayor probabilidad de poder ser colectada para estudios de laboratorio, por lo que fue seleccionada para proponerse como modelo de estudio.

El grillo de cola corta *A. muticus* se encuentra en zonas bajas-medias de altitud (Apéndice digital Tabla 1) en bosques húmedos bajos y bosques húmedos premontanos (Otte, 2006). Para su reproducción las hembras pueden poner de 100 a 120 huevos en el fondo de una galería a una profundidad de 20 a 25 cm. En un periodo de hasta 20 días nacen las ninfas y la maduración es de varias semanas (Lee & Loher, 1995).



Como contraste en las técnicas reproductivas de estas dos especies de la subfamilia Gryllinae, la oviposición de *A. domesticus* se da sobre el sustrato en sitios semihúmedos, mientras que en *A. muticus* se da en madrigueras u orificios de 20cm de profundidad, aumentando la sensación de humedad hasta en un 5%.

Modelo de estudio técnico-científico: De acuerdo a Sasa et al. (2010) en Costa Rica se encuentran 12 zonas de vida *sensu* Holdridge (Apéndice digital Tabla 2), sin embargo, únicamente seis cuentan con condiciones viables para *A. muticus* y potenciales para *A. domesticus* solo tres. Estas son el Bosque Seco Bajo, Bosque Semihúmedo Bajo y Bosque Semihúmedo Premontano, por ende, estas zonas de vida serán utilizadas para la simulación del estudio.

Comprender la importancia de estas zonas de vida es crítico antes de establecer el modelo de estudio del potencial de invasión, principalmente al estar en consideración la zona de vida más extensa del país, el Bosque semi húmedo bajo. El modelo de estudio se basa en un experimento de laboratorio (Haldar et al., 1999) donde se simulan las condiciones de temperatura media, humedad media, sustrato y vegetación principal de cada zona de vida, siendo tres tratamientos experimentales y un grupo control con los parámetros establecidos por Lee y Loher (1995) para estudios de *A. muticus*.

Se deben recolectar a lo largo del país en zonas de altitud baja media (0 a 1,200 msnm) grupos de *A. muticus*, hasta alcanzar por lo menos 200 ejemplares (Otte, 2006), con proporción sexual cerca de 1:3 macho:hembra. Los ejemplares deben ser llevados a laboratorio, donde se almacenan en grupos de 50 individuos (35 hembras y 15 machos) en cajas plásticas de capacidad mínima de 65L, las tapas deben ser adaptadas con malla para facilitar la ventilación. Para evitar escape de ejemplares, se emplea vaselina clara, la cual se unta a los costados superiores de la caja. El sustrato debe cubrir el 40% del contenedor, para permitir a las hembras realizar sus galerías de oviposición.

El grupo control será marcado con plumón permanente en la esquina superior derecha como C1 emplea como sustrato tierra húmeda y debe combinarse con 15 a 20% de arena clara, lo que mantiene la humedad, pero evita se concentre en el fondo. Al ser control, no se usa vegetación nativa, sino que se emplean cartones de huevo como refugio, que se colocan en un costado de la caja, llegando a una altura máxima de un tercio de la caja. Se les alimenta *ad libitum* mediante lechuga o repollo. La temperatura debe ser de 26-27°C con una humedad de 60 a 70%.

El primer tratamiento se marca como T1 y consiste en simular el bosque seco bajo, por lo que de sustrato se emplea tierra (35%) con arena (35%) y hojarasca (30%). La temperatura es regulada mediante calentadores eléctricos para mantenerse entre 24-25°C y la humedad se regula por aspersión manteniendo de 35-45%. La vegetación a emplear puede ser hojas de *Anacardium excelsum* (espavel) y/o *Enterelobium cyclocarpum* (guanacaste), se puede emplear plántulas o brotes de *Byrsonima crassifolia* (nanche) (Janzen & Chavarría, 1991).

El segundo tratamiento se marca como T2 y consiste en simular bosque semihúmedo bajo, aquí el sustrato corresponde a tierra (50%), arena (20%) y hojarasca (30%). La temperatura debe permanecer entre 24-25°C, pero con una humedad de 50-60%, la cual puede regularse por aspersión interna y externa. La vegetación a emplear puede ser *Cordia alliodora* (laurel), *Carapa guianensis* (caobilla) o *Vochysia ferruginea* (botarrama) (Janzen & Chavarría, 1991).

El tercer tratamiento se marca como T3 y simula bosque semihúmedo premontano, el cual requiere sustrato de tierra (60%) y hojarasca (40%). La temperatura se mantiene entre 19-22°C y la humedad es más alta con 60-70%, el mantener esta humedad puede requerir una máquina de neblina, o en su defecto un monitoreo constante de aspersión. La vegetación a emplear puede ser de los géneros *Nectandra*, *Persea*, *Cinnamomum* de la familia Lauraceae, o *Cupania* de la familia Sapindaceae (Janzen & Chavarría, 1991).



Debe contarse con cajas de almacenamiento extras, debido a que se debe evitar el sesgo de mortalidad por canibalismo de ninfas, de modo que los grillos eclosionados deben trasladarse a otra caja con las mismas condiciones del tratamiento y marcarse según corresponda (C1.a, T1.a, T2.a o T3.a) ahí se les permite crecer sin ser devorados y una vez alcanzada la madurez se trasladan con el resto de adultos. Diariamente deben revisarse los contenedores para eliminar a los individuos muertos y eliminar apariciones de micelios de hongos.

Una vez iniciados los tratamientos, se lleva un control de mortalidad y natalidad de los grillos de cada tratamiento, se mide la cantidad de grillos que eclosionan (nacen) y la cantidad que llegan de ninfa a adulto, junto con el tiempo en días que tardaron en desarrollarse (Apéndice Digital Tabla 3). El estudio debe cubrir un periodo de seis meses a un año para contar con varias generaciones. En caso de muerte prematura de todos los individuos antes de una primera oviposición, debe repetirse el tratamiento para identificar si son las condiciones simuladas las que ocasionaron el fallecimiento. Este control podrá dar pauta de la capacidad que tendría *A. domesticus* de sobrevivir en los entornos del país con esas condiciones ambientales, en base al desempeño de *A. muticus*.

DISCUSIÓN

La importación de insectos vivos para Costa Rica con fines de producción masiva sin duda es una alternativa a considerar y, de acuerdo a literatura, es viable en términos de inversión, producción y valor nutricional, aunque si resalta la importancia de un control adecuado de esa producción para evitar desequilibrios ecológicos que han ocurrido en otros casos con insectos (Fiaboe et al., 2012; Bowles, 2018). Por esto, un protocolo de estudio técnico-científico del potencial invasor de una especie de interés como *A. domesticus*, resulta fundamental.

Los resultados sugieren que la temperatura, la humedad y el sustrato son los elementos ambientales más importantes en el ciclo de vida de ambas especies de grillos de la subfamilia Gryllinae, lo que concuerda con los estudios de Roe et al. (1985), Parajulee et al. (1993) y Apolo-Arévalo y Lannacone (2015). Es novedoso, mediante esta propuesta, analizar las condiciones climáticas de las zonas de vida del país *sensu* Holdridge y como pueden afectar el ciclo de vida y sobrevivencia de *A. muticus*. Esto da pauta de cómo podría desempeñarse la especie de interés comercial *A. domesticus* en dichas zonas de vida. Una de las diferencias más importantes en el ciclo de vida de estas especies es la oviposición, pues en el caso de *A. muticus* que coloca los huevos en galerías de 20cm de profundidad, estarían expuestos a una sensación húmedica mayor; lo que sugiera que la especie nacional tendría una mayor capacidad adaptativa a incrementos de humedad.

Precisamente, la mayor humedad por los niveles de precipitación que hay en el país, podría hacer más complicado la sobrevivencia y prevalencia de *A. domesticus*, en caso de un escape tras la importación, debido a que toleran un rango inferior al 60% y de acuerdo a Apolo-Arévalo y Lannacone (2015) un alto porcentaje de humedad, así como temperaturas menores a 24°C (características ambientales de una gran parte del país) producen ineficiencia en su desarrollo. Esto podría explicar por qué Hanson (2016) en su estudio de especies de insectos introducidas a Costa Rica, incluye a *A. domesticus*, pero remarca que se desconoce de casos de invasión, impacto o asociación a los ecosistemas locales.

Finalmente, la inclusión de esta propuesta de protocolo de estudio técnico-científico podría aplicarse directamente con la especie de interés *A. domesticus*, que de acuerdo a Pino-Moreno et al. (2014) se encuentra en cultivo en el Museo de Insectos de la Universidad de Costa Rica, además que ya se establecieron proyectos de comercialización local (Quirós-Blanco et al., 2019). Un cultivo con cantidades similares a las establecidas en esta propuesta podría adquirirse y aplicarse con este diseño experimental, corroborando el nivel del potencial invasivo de la especie para las zonas de vida del país.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Marco Retana de la Universidad de Costa Rica, por sus comentarios y aportes para la confección de este trabajo, su aporte en el marco de la legislación ambiental del país y en el establecimiento de proyectos sustentables de conservación de la vida silvestre, permitieron generar una visión amplia para la revisión de protocolos.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Aseveramos y declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, desde la concepción del estudio a la preparación de este manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, ni entre coautores ni con terceros. Declaramos por este medio que no existen fuentes de financiamiento al ser un manuscrito de propuesta de modelo tras una revisión; mayores detalles se encuentran en la sección de agradecimientos. Como ya se detalló anteriormente, estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. Las respectivas firmas al final del documento avalan el estatus legal del manuscrito.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: L.R.M.H.: Concebí la idea original de aportar a la derogativa publicada en el artículo 115 por la Ley de Conservación de Vida Silvestre, buscando proponer modelos de estudio técnico-científico. Además, planteé las consideraciones de posibles revisores. A.K.S.: Concebí la idea de establecer un modelo de estudio técnico-científico de potencial invasor de una especie extranjera, que no puede ser importada, empleando una especie nacional. Dicho modelo, me permití generarlo mediante una revisión bibliográfica de las zonas de vida del país y de las especies de Gryllidae del país.

Ambos coautores, realizamos revisión completa en redacción y aprobación final.

REFERENCIAS

- Apolo-Arévalo, L., & Lannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, 17(17), 161-173. <https://doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389>
- Arias, J., Bonilla, F., & Sasa, M. (2016). Desarrollo de la herpetocultura en Costa Rica: Situación actual de herpetarios y manejo ex situ de reptiles y anfibios. *Revista de Ciencias Ambientales*, 50(1), 1-23. <https://doi.org/10.15359/rca.50-1.1>
- Bowles, D. E. (2018). Introduced Japanese burrowing cricket (Orthoptera: Gryllidae: *Velarifictorus* (*Velarifictorus*) *micado*) range continues to expand in North America. *Journal of Orthoptera Research*, 27(2), 177-181. <https://doi.org/10.3897/jor.27.29067>
- DeFoliart, G. R. (1997). An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4), 109-132. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991510>
- Fiaboe, K. K. M., Peterson, A. T., Kairo, M. T. K., & Roda, A. L. (2012). Predicting the potential worldwide distribution of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) using ecological niche modeling. *Florida Entomologist*, 95(3), 659-673. <https://doi.org/10.1653/024.095.0317>
- Haldar, P., Das, A., & Gupta, R. K. (1999). A laboratory based study on farming of an Indian grasshopper *Oxya fuscovittata* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research*, 93-97. <https://doi.org/10.2307/3503431>
- Hanson, P. (2016). Los insectos invasores de costa rica. *Biocenosis*, 22(1-2), 51-60. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1255>



- Janzen, D. H., & Chavarría, M. T. (1991). *Historia Natural de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Lee, H. J., & Loher, W. (1995). Changes in the behavior of the female short-tailed cricket, *Anurogryllus muticus* (De Geer) (Orthoptera: Gryllidae) following mating. *Journal of insect behavior*, 8(4), 547-562. <https://doi.org/10.1007/bf01995326>
- Nakagaki, B. J., & Defoliart, G. R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3), 891-896. <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>
- Otte, D. (2006). Eighty-four new cricket species (Orthoptera: Grylloidea) from La Selva, Costa Rica. *Transactions of the American Entomological Society*, 132(3), 299-418. [https://doi.org/10.3157/0002-8320\(2006\)132\[299:ENC SOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3157/0002-8320(2006)132[299:ENC SOG]2.0.CO;2)
- Parajulee, M. N., Defoliart, G. R., & Hogg, D. B. (1993). Model for use in mass-production of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as food. *Journal of economic entomology*, 86(5), 1424-1428. <http://doi.org/10.1093/jee/86.5.1424>
- Pino-Moreno, J. M., Aguilar-Piedra, H., & Paniagua-Rodríguez, F. (2014). Análisis preliminar de los insectos comestibles de Costa Rica: status actual y perspectivas. *Entomología Mexicana*, 1, 1028– 1033.
- Quirós-Blanco, A. M., Fallas, P., & Acosta, Ó. (2019). Retos y oportunidades de los insectos comestibles como fuente de proteína sostenible en Costa Rica. <https://cita.ucr.ac.cr>
- Roe, R. M., Clifford, C. A., & Woodring, J. P. (1985). The effect of temperature on energy distribution during the last-larval stadium of the female house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of insect physiology*, 31(5), 371-378. [http://doi.org/10.1016/0022-1910\(85\)90080-0](http://doi.org/10.1016/0022-1910(85)90080-0)
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Santurino, C., García-Serrano, A., Molina García, J., Sierra Fernández, P., & Castro-Gómez, M. P. (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. *ANS. Alimentación, nutrición y salud*, 23(2), 50-56. <http://hdl.handle.net/10261/150384>
- Sasa, M., Chavez, G. & Porras, L. W. (2010). The Costa Rican herpetofauna: Conservation status and future perspectives. En Wilson, L.D., Townsend, J. H., & Johnson, J. D. *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles* (pp. 509–603). Utah, United States: Eagle Mountain Publications, LC.
- Van Huis, A., Van Itterbeek, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security* (No. 171). Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- von Hackewitz, L. (2018). The house cricket *Acheta domesticus*, a potential source of protein for human consumption. Swedish University of Agricultural Science, Department of Molecular Sciences. 2018:17. <https://stud.epsilon.slu.se>
- Walker, T. J., & Whitesell, J. J. (1982). Singing schedules and sites for a tropical burrowing cricket (*Anurogryllus muticus*). *Biotropica*, 14(3), 220-227. <http://doi.org/10.2307/2388028>

APENDICE DIGITAL



TABLA 1

Condiciones ambientales necesarias para la viabilidad del desarrollo y supervivencia de *Acheta domestica* y *Anurogryllus muticus*.

Condición Ambiental	<i>Acheta domestica</i>	<i>Anurogryllus muticus</i>
Temperatura mínima	20°C	16°C
Temperatura máxima	35°C	30°C
Temperatura óptima	27,5°C	25-27°C
Humedad	50-60%	60-70%
Sustratos	Tierra semihúmeda y hojarasca	Tierra húmeda y hojarasca
Rango altitudinal	0 a 1 300 msnm	0 a 1 200 msnm

Basado en Walker y Whitesell (1982), Roe et al. (1985), Nakagaki & Defoliart (1991), Lee & Loher (1995), Otte (2006), Apolo-Arévalo & Lannacone (2015).

TABLA 2

Zonas de vida de Costa Rica *sensu* Holdrige con condiciones climáticas.

Zona de vida	Rango altitudinal (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Número de meses secos
Bosque seco bajo	0 – 650	24-25	1 100 – 1 500	6
Bosque semihúmedo bajo	0 – 650	24-25	1 900 – 3 000	0 – 5
Bosque húmedo bajo	0 – 650	24-25	4 000 – 6 000	0 – 4
Bosque semihúmedo premontano	500 – 1 800	17 – 24	1 200 – 2 200	3 – 5
Bosque húmedo premontano	500 – 1 800	17 – 24	2 000 – 4 000	0 – 5
Bosque lluvioso premontano	500 – 1 800	17 – 24	4 000 – 7 000	0 – 2
Bosque semihúmedo montano bajo	1 500–2 500	12 – 17	1 400 – 2 000	2 – 4
Bosque húmedo montano bajo	1 500–2 500	12 – 17	1 800 – 4 000	0 – 4
Bosque lluvioso montano bajo	1 500–2 500	12 – 17	3 500 – 7 000	0 – 3
Bosque húmedo montano	2 500-3 500	9 – 12	1 800 – 2 300	0 – 2
Bosque lluvioso montano	2 500-3 500	6 – 12	2 200 – 4 500	0 – 2
Páramo pluvial subalpino	> 3 500	5 – 6	2 300 – 3 500	0 – 2

Sasa et al (2010) y atlas climatológico del Instituto Meteorológico Nacional (2019).

TABLA 3

Control de datos para el diseño experimental de potencial invasivo.



Inicio del Experimento					
Tasa medida	Control	Tx1	Tx2	Tx3	Tiempo (días) de desarrollo
Mortalidad					
Primera generación					
Mortalidad					
Natalidad					
Ninfa a adulto					
Segunda generación					
Adultos					
Mortalidad					
Natalidad					
Ninfa a adulto					
Tercera generación					
Adultos					
Mortalidad					
Natalidad					
Ninfa a adulto					
Cuarta generación					
Adultos					
Mortalidad					
Natalidad					
Ninfa a adulto					
Quinta generación					
Adultos					
Mortalidad					
Natalidad					
Ninfa a adulto					

