



CARACTERÍSTICAS POBLACIONES DE *Rattus rattus* Y *Mus musculus* PRESENTES EN COMUNIDADES RURALES DE YUCATÁN, MÉXICO[†]

[POPULATION CHARACTERISTICS OF *Rattus rattus* AND *Mus musculus* PRESENT IN RURAL COMMUNITIES IN YUCATÁN, MÉXICO]

**Jesús Alonso Panti-May^{1*}, Yessica M. Gurubel-González¹,
Eduardo E. Palomo-Arjona¹, Rosy C. Cetina-Trejo², Carlos Machain-Williams²,
María del Rosario Robles³, Silvia F. Hernández-Betancourt¹**

¹ *Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. Email: panti.alonso@gmail.com*

² *Laboratorio de Arbovirología, Centro de Investigaciones Regionales 'Dr. Hideyo Noguchi', Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.*

³ *Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores, CONICET-Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.*

**Corresponding author*

SUMMARY

The aim of this study was to describe the abundance, weight and body length structures, and reproductive and health status of the black rat *Rattus rattus* and the house mouse *Mus musculus* from Yucatán, México. Rodents were trapped from May to September 2016 in rural households in the communities Xkalakdzonot (XKA) and Paraíso (PAR). A total of 236 *M. musculus* and 127 *R. rattus* were trapped over 3880 trap-nights. In XKA, *R. rattus* was more abundant than *M. musculus*, whereas in PAR, *M. musculus* was notably dominant over *R. rattus*. The sex ratio was 1:1 in both rodent species. *Rattus rattus* in classes 40.1–80 g and 120–139 mm were more abundant, whereas *M. musculus* in classes 8.1–12 g and 70–79 mm were more abundant. *Mus musculus* had similar weight, body length and reproductive and health parameters between communities. The majority of specimens of trapped rodents had a good body condition and few individuals had wounds. The information generated in this study is basic for understanding the ecology of commensal rodents, the dynamics of rodent-associated zoonosis transmission, and to design of integrated control programs for rodents.

Keywords: Ecology; *Mus musculus*; *Rattus rattus*; Rural areas; Tropical.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue describir la abundancia, estructura de pesos y longitudes, y parámetros reproductivos y de salud de la rata negra *Rattus rattus* y el ratón doméstico *Mus musculus* de Yucatán, México. De mayo a septiembre de 2016 se capturaron roedores en viviendas de las comunidades Xkalakdzonot (XKA) y Paraíso (PAR). En total se capturaron 236 *M. musculus* y 127 *R. rattus* con un esfuerzo de captura de 3880 noches trampa. En XKA, *R. rattus* fue más abundante que *M. musculus*, mientras que en PAR, *M. musculus* fue notablemente dominante sobre *R. rattus*. La proporción de sexos fue 1: 1 en ambas especies. Para *R. rattus* las clases más abundantes fueron 40.1–80 g y 120–139 mm, mientras que las clases 8.1–12 g y 70–79 mm fueron las más abundantes para *M. musculus*. Las características demográficas, reproductivas y de salud de *M. musculus* fueron similares en las dos comunidades. La mayoría de los individuos de ambas especies y comunidades presentaron una condición corporal buena y pocos especímenes tuvieron heridas. Este estudio aporta información básica para entender la ecología de los roedores comensales, la dinámica de transmisión de enfermedades asociadas a roedores y diseñar programas de control integrado para roedores.

Palabras clave: Áreas rurales; Ecología; *Mus musculus*; *Rattus rattus*; Tropical.

[†] Submitted October 22, 2017 – Accepted December 25, 2017. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

INTRODUCCIÓN

Los roedores comensales son especies que viven en estrecha asociación con la actividad humana (Battersby *et al.*, 2008). La rata negra o de los tejados *Rattus rattus* y el ratón casero *Mus musculus* son dos de los roedores comensales más importantes en el mundo y la causa de grandes pérdidas económicas en campos de cultivo, almacenes de alimentos, fábricas, granjas y hogares (Pimentel *et al.*, 2005). En ambientes naturales son un serio problema como especies invasoras que depredan poblaciones nativas de plantas, invertebrados, reptiles, aves, y pequeños mamíferos (Harper y Bunbury, 2015). Además, estas especies de roedores son reservorios de patógenos zoonóticos como virus (e.g. Seoul hantavirus), bacterias (e.g. *Rickettsia typhi*) y helmintos (e.g. *Rodentolepis nana*) (Himsworth *et al.*, 2013).

Rattus rattus y *M. musculus* tienen una alta tasa reproductiva y una gran capacidad adaptativa que les ha permitido establecer poblaciones en hábitats muy diferentes tanto en regiones templadas como tropicales. Sin embargo, *R. rattus* se asocia más a áreas costeras tropicales (Battersby *et al.*, 2008; Feng y Himsworth, 2014), mientras que *M. musculus* a áreas continentales y costeras, y tanto tropicales como templadas (Battersby *et al.*, 2008; Vadell *et al.*, 2014). Aunque *R. rattus* y *M. musculus* pueden vivir en hábitats urbanos, la primera se asocia más con áreas rurales y la segunda con ambas (Battersby *et al.*, 2008; Feng y Himsworth, 2014). Además, en las viviendas, donde suelen encontrar fuentes ideales de alimento y refugio, *R. rattus* prefiere establecer sus madrigueras en sitios elevados como árboles cercanos a las viviendas o tejados de las casas, mientras que *M. musculus* prefiere establecerlas cerca de las fuentes de alimento, generalmente en las casas (Battersby *et al.*, 2008).

Aunque *R. rattus* y *M. musculus* tienen una distribución mundial, la mayoría de la información sobre sus características poblacionales proviene de zonas templadas (e.g. Laurie, 1946; Davis, 1947; Brown, 1953; Smith, 1954; Vadell *et al.*, 2010). La falta de información de zonas tropicales de América ha limitado el entendimiento sobre su demografía y reproducción en México. Sumado a esto, diversos estudios han mostrado que al igual que animales homeotermos, los roedores comensales también presentan diferencias morfométricas entre poblaciones de zonas templadas y tropicales (Berry y Scriven, 2005; Porter *et al.*, 2015). Esto indica que las generalizaciones entre poblaciones provenientes de diferentes zonas climáticas podrían no ser válidas. El conocimiento de la ecología de estas especies de roedores es fundamental, en particular, para el entendimiento de la dinámica de transmisión de enfermedades zoonóticas (Himsworth *et al.*, 2014), así

como estimar las pérdidas económicas que generan (Panti-May *et al.* 2017b). En el estado de Yucatán, México, se han incrementado en los últimos años los estudios sobre los patógenos zoonóticos albergados por los roedores comensales (e.g. Torres-Castro *et al.*, 2014; Panti-May *et al.*, 2015a, 2015b, 2017; Cigarroa-Toledo *et al.*, 2016), sin embargo, la información básica sobre aspectos de su demografía y reproducción es prácticamente nula. Estudios en el municipio de Mérida, Yucatán, reportaron que *M. musculus* es la especie más abundante, seguida de *R. rattus* (Panti-May *et al.*, 2012; Panti-May *et al.*, 2016b).

En 2016, se realizó un estudio para identificar los patógenos zoonóticos que albergan los roedores comensales en dos comunidades mayas de Yucatán. La finalidad de este estudio fue investigar la abundancia, estructura de pesos y longitudes, y parámetros reproductivos y de salud de *R. rattus* y *M. musculus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

El estudio se realizó en las comunidades mayas de Xkalakdzonot (XKA: 20°26'21.35"N, 88°34'10.25"W), en el municipio de Chankom, y en Paraíso (PAR: 20°40'34.36"N, 90°06'54.23"W), en el municipio de Maxcanú, Yucatán, México. En ambas comunidades el nivel de pobreza es alto (e.g. el 30% de las viviendas de XKA y 25% de las de PAR no cuentan con baño) (Secretaría de Desarrollo Social, 2015). XKA se localiza a ~ 59 km al sur de la ciudad de Valladolid, tiene un área de ~ 0.67 km², 685 habitantes, 161 viviendas habitadas, y está rodeada de selva mediana subcaducifolia (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010). PAR se ubica a 14 km al norte de la ciudad de Maxcanú, tiene un área de ~ 0.23 km², 656 habitantes, 155 viviendas habitadas, y está rodeada de parches de selva baja caducifolia (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010). En ambas comunidades los habitantes viven en casas con cuartos construidos de concreto y cemento o en cuartos construidos con piedras, varas de madera y con techo de hoja de palma, los cuales sirven como dormitorios, cocinas y/o bodegas (**Figura 1**). En los patios, tanto de XKA como de PAR, es común encontrar acumulación de basura (restos de comida, cartón, plásticos, etc.), aparatos y muebles en desuso, maleza, árboles frutales, y hortalizas de calabaza y sandía. En ambas comunidades la crianza de animales de traspatio es común y es realizada en estabulación o libre (**Figura 1**). Las gallinas y pavos son criados en XKA y PAR, mientras que los cerdos sólo en XKA. La mayoría de las mascotas (i.e. perros y gatos) tienen acceso a la calle.

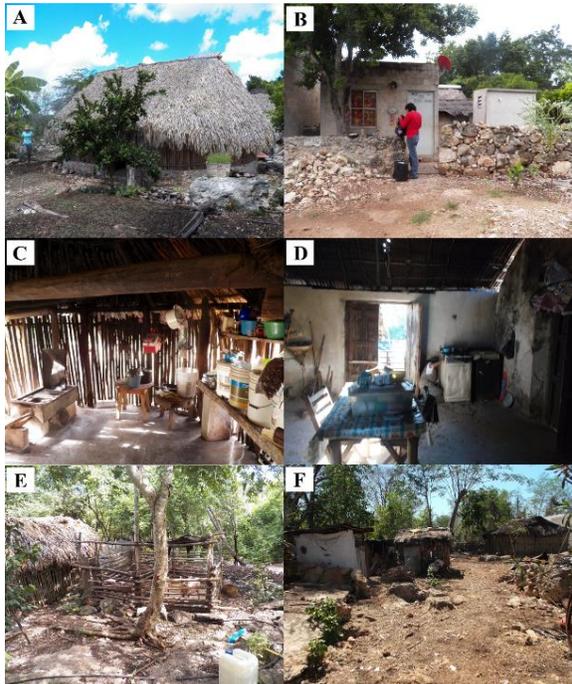


Figura 1. Imágenes de las viviendas de Xkalakdzonot (A, C, E) y Paraíso (B, D, F), Yucatán, México. A y B, características externas de las casas; C y D, interior de los cuartos usados como cocinas y comedores; E y F, patios traseros de las viviendas con corrales para animales.

Inicialmente cada comunidad se dividió en cuatro secciones y se seleccionaron al azar cinco viviendas por cada una para tener un total de 20 viviendas por comunidad. Cuando no se tuvo acceso a la vivienda seleccionada (e.g. vacaciones familiares, mudanza), otra fue seleccionada al azar para tener el mismo esfuerzo de captura mensual; al final el número de viviendas muestreadas en XKA fue 25 y 26 en PAR.

Metodología de trampeo

Los roedores fueron capturados durante la estación de lluvias del 2016 en cuatro sesiones: mayo, junio, agosto y septiembre. Durante cada sesión, ocho trampas Sherman (8 x 9.5 x 30.5 cm HB Sherman Traps Inc., Tallahassee, Florida, USA) fueron colocadas en cada vivienda por tres noches consecutivas.

De acuerdo al método seguido por Panti-May *et al.* (2012), las trampas fueron cebadas con una mezcla de hojuelas de avena y esencia de vainilla. En el interior de cada casa, se colocaron cuatro trampas cerca de signos de actividad de roedores (i.e. heces y marcadas de cebo), potenciales fuentes de alimento (e.g. basura expuesta, alimento para animales, granos) o refugio (e.g. acumulación de cajas, cartón, muebles en desuso y agujeros en las paredes o suelo). En los patios, cuatro

trampas fueron colocadas cerca de gallineros, corrales de cerdos, basura, árboles frutales, maleza, hortalizas o montículos de leña. Adicionalmente, en viviendas con características ideales para *R. norvegicus* (e.g. presencia de aves o cerdos), una trampa Tomahawk (23 x 23 x 66 cm; Tomahawk Live Trap Inc, Hazelhurst, Wisconsin, USA) cebada con salchicha, manzana y la mezcla avena/vainilla fue colocada cerca de potenciales fuentes de alimento o refugio (Panti-May *et al.*, 2016a). Las trampas se revisaron todos los días por la mañana para registrar su estado y recibirlos. Los roedores capturados recibieron porciones de manzana para evitar su deshidratación y muerte durante la inspección de todas las casas. Posteriormente, los roedores se trasladaron a un laboratorio de campo en donde fueron anestesiados con isoflurano y se les aplicó la eutanasia por dislocación cervical (ratones) o sobredosis de pentobarbital sódico (ratas). En todos los procedimientos de campo y laboratorio se siguieron protocolos de bioseguridad para evitar la exposición a patógenos (Panti-May *et al.*, 2016a).

Lineamientos bioéticos

El comité de bioética para el uso de animales del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), aprobó los protocolos usados en este estudio (número CB-CCBA D-2016-002), el cual sigue los lineamientos de la American Society of Mammalogists para el uso de mamíferos silvestres en la investigación (Sikes *et al.*, 2011) y de la American Veterinary Association para la eutanasia de animales (Leary *et al.*, 2013). La captura de los roedores se realizó con el permiso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (número SGPA/DGVS/08420/15).

Colecta de datos

La situación de cada trampa se registró como abierta con cebo, abierta sin cebo, cerrada con animal, cerrada con cebo y sin animal, cerrada sin cebo ni animal, o robada. El éxito de captura (EC) fue utilizado para estimar la abundancia relativa como sigue: número de roedores capturados x 100/(número de trampas x número de noches) - (0.5 x número de trampas inactivadas), donde el número de trampas inactivadas incluye a todas las inactivadas por cualquier causa (Nelson y Clark, 1973). Las trampas robadas no fueron consideradas para el cálculo del EC. Debido a que todos los roedores fueron capturados en trampas Sherman, consideramos únicamente estas trampas para calcular el EC.

De cada roedor se registró la especie, sexo, peso y longitud del cuerpo. La condición corporal (CC) fue evaluada por palpación de las vértebras dorsales y

lumbares y clasificada en cinco clases basadas en la segmentación de las columnas vertebrales, grado de deposición de grasa en la pelvis y base de la cola (Ullman-Culleré y Foltz 1999; Hickman y Swan 2010): CC1, emaciado; CC2, bajo de condición; CC3, buena condición; CC4, alto de condición; y CC5, obeso. También, se registró la presencia de heridas en la piel.

En las hembras, la actividad sexual fue determinada por la presencia de cicatrices uterinas, gestación (se registró el número, peso y largo de los embriones), o evidencia de lactación. En las hembras gestantes, el desarrollo embrionario fue estimado por la longitud de los embriones y examen de características externas (Emlen y Davis, 1948; Theiler, 1989), y asignado al periodo de gestación correspondiente. La actividad sexual en los machos se determinó por la visibilidad de los túbulos seminíferos (Davis y Hall, 1948). Los individuos sexualmente inactivos fueron aquellos que no tuvieron cicatrices uterinas, evidencia de gestación o lactación o túbulos seminíferos visibles. Una muestra de los especímenes fue depositada en la Colección Mastozoológica (CM) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UADY (CM 1057–1061, 1077–1094).

Análisis de datos

La prueba de chi-cuadrado con corrección de Yates se usó para determinar si la proporción de sexos fue diferente de 1:1 (Zar, 1996). La prueba no paramétrica de Mann-Whitney-Wilcoxon se utilizó para comparar el EC entre especies y entre comunidades (Sheskin, 2004). Para comparar el peso (en hembras gestantes el peso de los embriones fue restado) y la longitud del cuerpo entre sexos, se usó la prueba de t-Student (Zar, 1996). El peso y longitud del cuerpo de cada roedor fue clasificado (peso: *M. musculus* en una de cinco clases de 4 g, *R. rattus* en una de tres clases de 40 g; cuerpo: *M. musculus* en una de cinco clases de 10 mm. *R. rattus* en una de 6 clases de 20 mm). Para determinar si la proporción acumulada de cada clase difiere entre sexos, se usó la prueba de Kolmogorov-Smirnoff para dos muestras (Sheskin, 2004). Para *M. musculus*, las proporciones de individuos sexualmente activos, hembras gestantes, y ratones con heridas fueron comparadas entre comunidades con la prueba de chi-cuadrado de homogeneidad. También, la prueba t-Student se utilizó para comparar el número de embriones por hembra gestante de *M. musculus* entre comunidades. Para *R. rattus*, no se analizaron las diferencias entre comunidades debido al bajo número de capturas en PAR.

RESULTADOS

Durante el estudio se capturaron en total 436 animales con un esfuerzo de captura de 4018 noches trampa

(3880 con trampas Sherman y 143 con trampas Tomahawk). De los animales capturados, 404 (92.7%) fueron pequeños roedores, 12 (2.8%) zarigüeyas *Didelphis* spp., 11 (2.5%) gatos *Felis catus*, 4 (0.9%) sapos *Rhinella marina*, 1 perro *Canis lupus familiaris*, 1 (0.2%) zorrillo *Spilogale angustifrons*, 1 (0.2%) reptil *Marisora brachypoda*, 1 (0.2%) gallina *Gallus domesticus*, y 1 (0.2%) milpiés *Orthoporus* sp. Todos los roedores se capturaron exclusivamente en trampas Sherman.

En XKA, fueron capturados 227 roedores de seis especies con 1950 noches-trampas y un EC de 13.1%, mientras que en PAR se recolectaron 177 roedores de cinco especies con 1930 noches-trampa y un EC de 10.4%. En XKA, 120 (52.9%) fueron *R. rattus*, 75 (33.0%) *M. musculus*, 20 (8.8%) ratas algodonerías toltecas *Sigmodon toltecus*, 8 (3.5%) ratones espinosos de Gaumer *Heteromys gaumeri*, 3 (1.3%) ratones venado de Yucatán *Peromyscus yucatanicus*, y 1 (0.5%) rata trepadora de áreas grandes *Ototylomys phyllotis*. En PAR, 161 (91.0%) fueron *M. musculus*, 7 (4.0%) *R. rattus*, 5 (2.8%) *P. yucatanicus*, 2 (1.1%) ratones de patas blancas *Peromyscus leucopus*, y 2 (1.1%) ratones delgados de la cosecha *Reithrodontomys gracilis*.

De los 404 roedores examinados, 269 (66.6%) fueron capturados en el interior de las casa en sitios como cocinas, dormitorios y bodegas, mientras que en los patios 135 (34.4%) individuos se capturaron en sitios como gallineros, corrales de cerdos, acúmulos de basura, áreas con maleza y hortalizas. Únicamente los roedores fueron trasladados al laboratorio, los demás animales fueron liberados en el sitio de captura o en la periferia de la comunidad. *Rattus rattus* fue más abundante (mediana EC = 7.1) que *M. musculus* (mediana EC = 4.6) en XKA ($W = 28$, $P = 0.012$), mientras que en PAR *M. musculus* fue dominante (mediana EC = 8.2) sobre *R. rattus* (mediana EC = 0.0) ($W = 144$, $P < 0.001$).

De la población de *R. rattus* de XKA, 70 individuos fueron hembras (información de dos especímenes no fue colectada completamente) y 50 machos, no hubo diferencias estadísticas por lo que la proporción de sexos no fue diferente a 1: 1 ($\chi^2 = 3.3$, $P = 0.07$). El peso medio de las hembras sexualmente activas, 77.6 g no fue diferente de los 80.8 g de los machos sexualmente activos ($t = -0.7$, $P = 0.49$). Por otro lado, las hembras sexualmente activas (150.8 mm) y los machos con la misma condición (158.4 mm) presentaron diferencias significativas en la longitud del cuerpo ($t = -2.3$, $P = 0.02$). En individuos sexualmente inactivos, no se presentaron diferencias significativas en el peso (hembras 35.9 g, machos 32.4 g) ni en la longitud del cuerpo (hembras 114.3 mm, machos 108.3 mm) entre los sexos (peso: $t = 0.9$, $P = 0.40$; cuerpo: $t = 1.1$, $P = 0.27$). Las hembras de la clase 40.1–80 g

(40%) y de 120–139 mm (35.3%) y machos de la clase ≤ 40 g (44.0%) y de 100–119 mm (24.0%) fueron los más abundantes; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la estructura de pesos ($D = 0.11$, $P = 0.79$) ni de longitudes ($D = 0.18$, $P = 0.25$) entre sexos (Figuras 2 y 3). El porcentaje de hembras y machos sexualmente activos fue 32.0 y 43.5, respectivamente. El 66.7% de las hembras sexualmente activas estuvo gestante y la media de embriones fue 6 (rango 5–7). En 67 especímenes se registró el color del pelaje (Tomich, 1968): 39 (58.2%) fueron agouti/gris, 16 (23.9%) fueron agouti/blanco, y 12 (17.9%) fueron negro/gris. La mayoría de los individuos (89.8%) tuvieron condición corporal buena (CC III). La presencia de heridas se registró en pocos individuos (9.3%). La tabla 1 resume las características poblacionales de *R. rattus* de XKA.

Dado que las muestras *M. musculus* tuvieron características similares en XKA y PAR, los datos fueron agrupados y presentados en la tabla 2 (información de dos especímenes de XKA y uno de PAR no fue colectada completamente). Se estudiaron 105 especímenes hembra y 130 machos, la proporción de sexos no fue estadísticamente diferente de 1:1 ($\chi^2 =$

2.7, $P = 0.10$). La media del peso y largo del cuerpo de las hembras sexualmente activas, 11.8 g y 75.5 mm no fueron estadísticamente diferentes de los 12.0 g y 75.3 mm de los machos sexualmente activos (peso: $t = -0.7$, $P = 0.49$; cuerpo: $t = 0.2$, $P = 0.85$). En los especímenes sexualmente inactivos, el peso de las hembras (9.9 g) fue estadísticamente diferente que el de los machos (7.8 g) ($t = 2.5$, $P = 0.02$). No se encontraron diferencias significativas en el largo del cuerpo de las hembras (69.7 mm) y los machos (65.4 mm) ($t = 1.7$, $P = 0.09$). Los individuos de la clase 8.1–12 g (57.7% de las hembras y 51.5% de los machos) y 70–79 mm (57.7% de las hembras y 63.6% de los machos) fueron los más abundantes. No se encontraron diferencias significativas en la estructura de pesos ($D = 0.09$, $P = 0.76$) ni longitudes ($D = 0.07$, $P = 0.92$) entre sexos (Figuras 4 y 5). El porcentaje de hembras y machos sexualmente activos fue 64.4 y 89.8, respectivamente. De las hembras sexualmente activas, el 58.2% estuvieron gestantes y el número medio de embriones fue 4.3 (rango 2–7). La mayoría de los individuos presentaron una condición corporal buena (92.7%). Un bajo porcentaje de especímenes tuvieron heridas en la piel (3.9%).

Tabla 1. Características métricas, reproductivas y de salud de *Rattus rattus* de Xkalakdzonot, Yucatán, México.

Característica	n	Total
No. de ratas (%)		
Hembras		70 (58.3)
Machos		50 (41.7)
Mediana del éxito de captura (Q1–Q3)	12	7.1 (6–8.0)
Métricas		
Media (EE) de peso (gramos)		
Hembras sexualmente activas	30	77.6 (2.7)
Hembras sexualmente inactivas	39	35.9 (3.0)
Machos sexualmente activos	16	80.8 (4.0)
Machos sexualmente inactivos	34	32.4 (2.6)
Media (EE) de largo del cuerpo (mm)		
Hembras sexualmente activas	30	150.8 (2.1)
Hembras sexualmente inactivas	38	114.3 (3.7)
Machos sexualmente activos	16	158.4 (2.4)
Machos sexualmente inactivos	34	108.3 (4.0)
Reproductivas		
No. machos (%) sexualmente activos	50	16 (32.0)
No. hembras (%) sexualmente activas	69	30 (43.5)
No. hembras gestantes (%)†	30	20 (66.7)
Media (EE) del número de embriones	20	6 (0.19)
1er tercio	13	5.9 (0.2)
2o tercio	5	6.6 (0.3)
3er tercio	2	5 (0)
Salud		
Categoría de condición corporal	118	
II (con baja de condición)		11 (9.3)
III (con buena condición)		106 (89.8)
IV (con alta condición)		1 (0.9)
Presencia (%) de heridas	118	11 (9.3)

Q, cuartil; EE, error estándar; †, considerando solo hembras sexualmente activas;

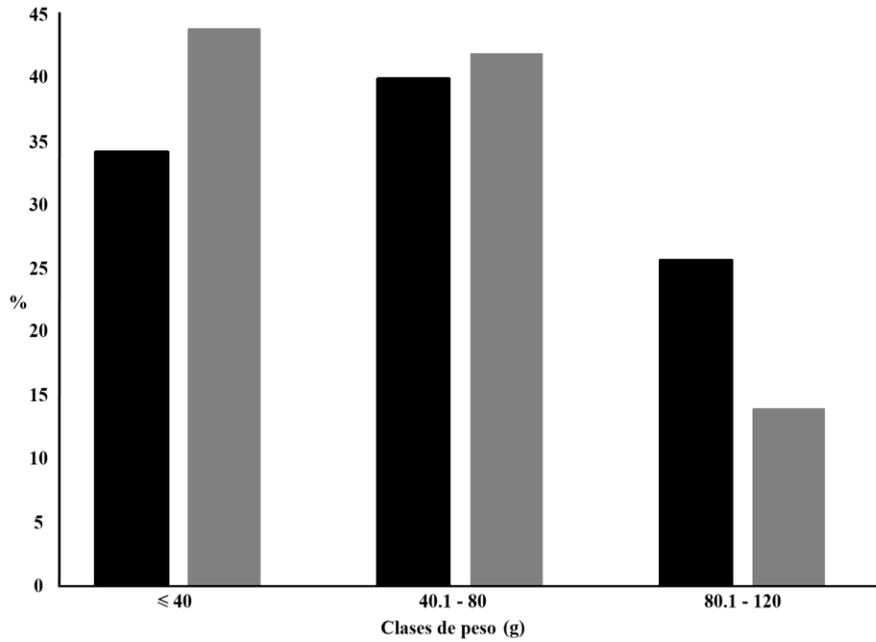


Figura 2. Estructura de pesos de *Rattus rattus* en Xkalakdzonot, Yucatán, México. Hembras en negro y machos en gris.

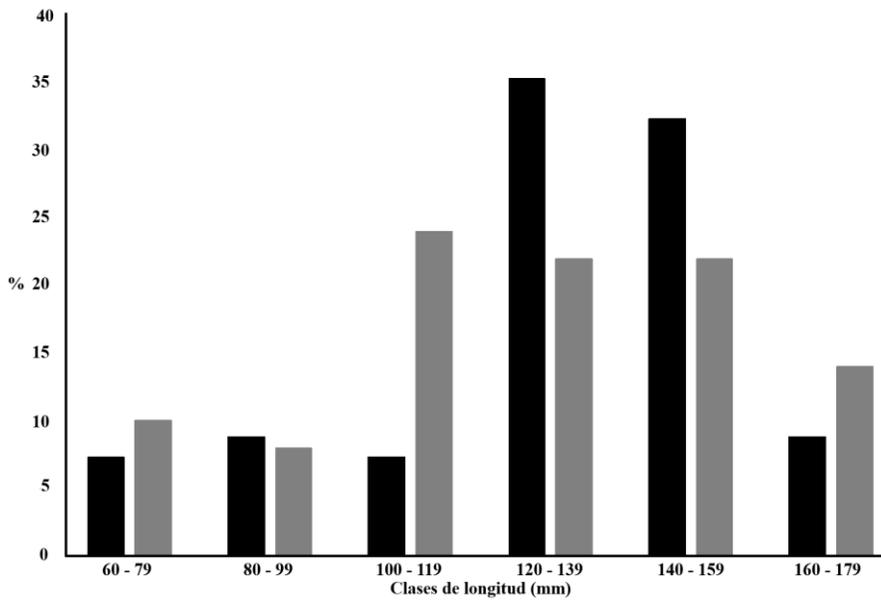


Figura 3. Estructura de largo de cuerpo de *Rattus rattus* en Xkalakdzonot, Yucatán, México. Hembras en negro y machos en gris.

Tabla 2. Características métricas, reproductivas y de salud de *Mus musculus* de Xkalakdzonot y Paraíso, Yucatán, México.

Características	n	XKA	N	PAR	Rural
No. ratones (%)					
Hembras		30 (40)		75 (46.9)	105 (44.7)
Machos		45 (60)		85 (53.1)	130 (55.3)
Mediana del éxito de captura (Q1–Q3)	12	4.6 (2.8–6.2)	12	8.2 (5.8–12.0)*	6.1 (4.2–8.7)
Media (EE) de peso (gramos)					
Hembras sexualmente activas	20	12.3 (0.5)	47	11.6 (0.3)	11.8 (0.3)
Hembras sexualmente inactivas	10	10.6 (1.0)	27	9.6 (0.5)	9.9 (0.5)
Machos sexualmente activos	38	12.0 (0.2)	77	12.0 (0.3)	12.0 (0.2)
Machos sexualmente inactivos	5	7.0 (0.9)	8	8.3 (0.5)	7.8 (0.5)**
Media (EE) de largo del cuerpo (mm)					
Hembras sexualmente activas	20	77.5 (1.2)	47	74.6 (0.9)	75.5 (0.8)
Hembras sexualmente inactivas	10	72.7 (2.7)	27	68.6 (1.5)	69.7 (1.3)
Machos sexualmente activos	38	75.1 (0.7)	77	75.4 (0.6)	75.3 (0.4)
Machos sexualmente inactivos	5	64.8 (3.6)	8	65.8 (2.2)	65.4 (1.8)
No. machos (%) sexualmente activos	43	38 (88.4)	85	77 (90.6)	115 (89.8)
No. hembras (%) sexualmente activas	30	20 (66.7)	74	47 (63.5)	67 (64.4)
No. hembras gestantes (%)†	20	14 (70)	47	25 (53.2)	39 (58.2)
Media del número (SE) de embriones					
1er tercio	5	5 (0.6)	4	3.5 (0.9)	4.3 (0.5)
2o tercio	1	7	8	4.1 (0.2)	4.4 (0.4)
3er tercio	8	4.6 (0.5)	13	3.9 (0.4)	4.2 (0.3)
Salud					
Categoría de condición corporal					
II (con baja de condición)	74	3 (4.1)	160	4 (2.5)	7 (3.0)
III (con buena condición)		68 (91.8)		149 (93.1)	217 (92.7)
IV (con alta condición)		3 (4.1)		7 (4.4)	10 (4.3)
Presencia (%) de heridas					
	74	4 (5.4)	160	5 (3.1)	9 (3.9)

Q, cuartil; EE, error estándar; †, considerando solo hembras sexualmente activas; *diferencias estadísticas entre columna XKA y PAR a $P < 0.05$; **diferencias significativas entre sexos en la columna Rural a $P < 0.05$

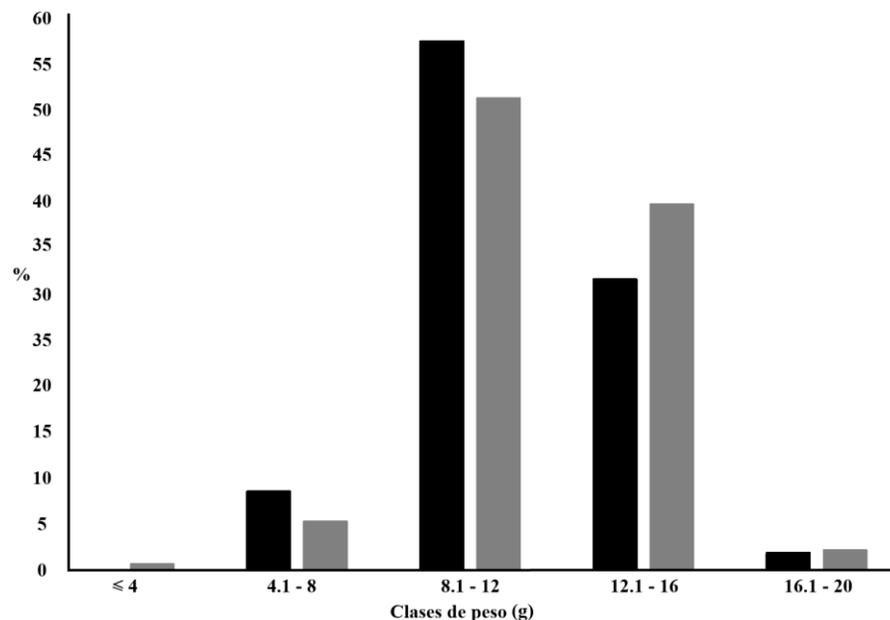


Figura 4. Estructura de pesos de *Mus musculus* de Yucatán, México. Hembras en negro y machos en gris.

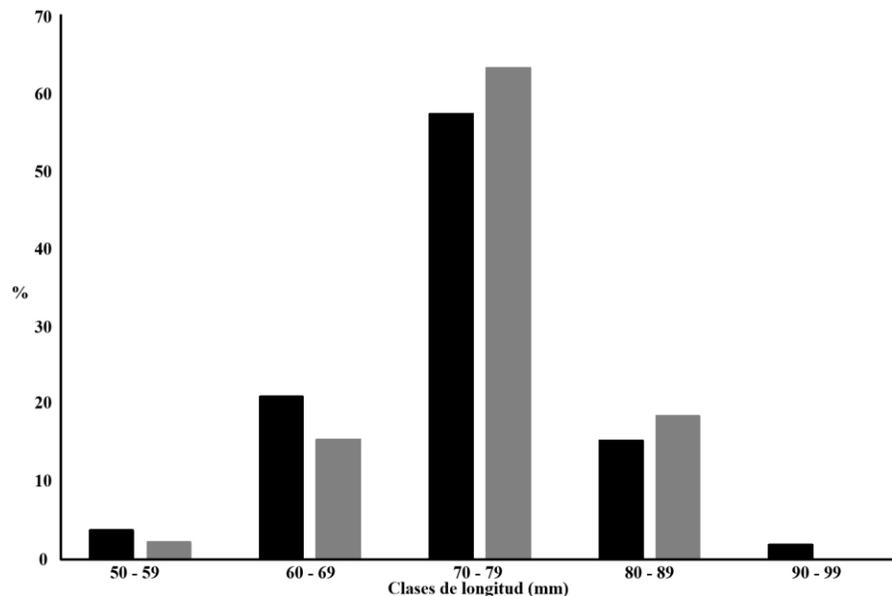


Figura 5. Estructura de largo del cuerpo de *Mus musculus* de Yucatán, México. Hembras en negro y machos en gris.

DISCUSIÓN

En este estudio se encontró que donde *R. rattus* fue abundante (EC = 7.1), la abundancia de *M. musculus* fue menor (EC = 4.6), mientras que en donde *R. rattus* fue raramente capturado (EC = 0.0), *M. musculus* fue notablemente más abundante (EC = 8.2). Estudios de campo y laboratorio han mostrado que la abundancia de *R. rattus* afecta la abundancia y distribución de *M. musculus* por depredación o competencia (Harper y Cabrera, 2010; Bridgman *et al.*, 2013). *Rattus rattus* es una especie que prefiere frutas, semillas e insectos como alimento (Battersby *et al.*, 2008; Feng y Himsforth, 2014). Diversos estudios muestran que ésta prefiere hábitats con grandes volúmenes de vegetación y estructuras elevadas para la construcción de sus madrigueras (Cox *et al.*, 2000; Christie *et al.*, 2009). Esto sugiere que la menor densidad de viviendas en XKA (1 vivienda/4162 m²) y mayor volumen de vegetación en el área de viviendas y en la periferia (selva mediana subcaducifolia), proveen mayores recursos alimenticios (e.g. frutas, insectos) y árboles adecuados para construir sus madrigueras, en comparación con PAR que tiene una densidad de 1 vivienda/1484 m² donde la vegetación es más escasa en el área de viviendas y en la periferia que es selva baja caducifolia en recuperación. En contraparte, *M. musculus* es una especie terrestre que come cualquier alimento de consumo humano y basura orgánica accesible en las viviendas, donde generalmente establece sus madrigueras, por lo que su abundancia y distribución están asociadas a hábitats más homogéneos como PAR (Battersby *et al.*, 2008).

El ajuste en la proporción de sexos es una capacidad facultativa de las especies polígamas (Trivers y Willard, 1973). Estudios han mostrado que la nutrición maternal puede afectar la proporción de sexos y la viabilidad de las camadas (Rosenfeld y Roberts, 2004). En roedores, una proporción de sexos 1: 1 ha sido reportada cuando el alimento es nutricionalmente balanceado y *ad libitum*, mientras que bajo una dieta deficiente o restringida la proporción de sexos se inclina hacia los machos (Wright *et al.*, 1988; Rosenfeld y Roberts, 2004). Esto sugiere que en las comunidades estudiadas el alimento disponible como las despensas, restos de comida, hortalizas, alimento balanceado para animales y granos proporcionan una dieta adecuada y abundante favoreciendo una proporción de sexos 1: 1 en ratas y ratones.

Los machos sexualmente activos de *R. rattus* fueron más grandes que las hembras con la misma condición. Resultados similares han sido reportados en los Estados Unidos y en Paquistán (Davis, 1948; Brooks *et al.*, 1994). Estas diferencias pueden estar influenciadas por la nutrición, la respuesta fenotípica al microclima, así como el dimorfismo sexual (Hirata y Nass, 1974; Glass *et al.*, 1988). Por otro lado, en *M. musculus* se encontró que las hembras no sexualmente activas fueron más pesadas que los machos. Estudios en laboratorio han reportado que el crecimiento en esta especie es similar entre sexos pre y post-destete (Knudsen, 1962). Esto sugiere que esta diferencia puede estar relacionado por la dispersión en los machos jóvenes. Éstos son generalmente expulsados por el macho dominante lo que puede ocasionar una mayor variación de peso por el estrés y competencia.

con otros machos por el alimento y territorio, mientras que en las hembras se ha observado una mayor tendencia a la filopatría (Berdoy y Drickamer, 2007).

La tasa reproductiva y el tamaño de la población de los roedores son dependientes de la disponibilidad de alimento, agua y refugio (Channon *et al.*, 2006). En áreas rurales, las condiciones precarias de viviendas y los bajos niveles de sanidad favorecen que la disponibilidad alimento y sitios de refugio sean constantes y de fácil acceso, lo que a su vez permite infestaciones y tasas reproductivas altas (Barnes, 1975; Panti-May *et al.*, 2012). En las comunidades estudiadas, se encontraron parámetros reproductivos altos tanto para *R. rattus* como para *M. musculus* lo cual explica su abundancia alta y distribución amplia. Esto ocasiona que los problemas causados por los roedores (e.g. destrucción de alimento) sean mayores que en las áreas urbanas (Panti-May *et al.*, 2017b). Otro problema asociado a estos roedores, principalmente *R. rattus*, es el impacto negativo que pueden tener sobre la flora y fauna nativa, como el desplazamiento de los roedores silvestres que son dispersores de semillas en las selvas.

El número de embriones por camada depende de la disponibilidad de recursos, que a su vez, depende de las condiciones microambientales y de la densidad poblacional (Feng y Himsforth, 2014). En este trabajo, se encontró que las poblaciones de *M. musculus* de las dos comunidades presentaron porcentajes similares de individuos sexualmente activos (XKA: hembras 67%, machos 88%; PAR: hembras 64%, machos 91%) y hembras gestantes (XKA 70%, PAR 53%). Sin embargo, el número de embriones fue estadísticamente diferente entre las poblaciones (4.9 en XKA y 3.9 en PAR, $t = -2.4$, $P = 0.03$). Considerando que en las viviendas la disponibilidad de alimento y refugio son constantes y que las variaciones en su disponibilidad están más asociada a cambios hechos por el hombre (Pocock *et al.*, 2004), la diferencia encontrada puede sugerir una estrategia de *M. musculus* para contrarrestar la competencia con *R. rattus*.

Rattus rattus y *M. musculus* son reservorios de patógenos zoonóticos que pueden ser transmitidos directamente a través de sus mordidas, orina o heces, o indirectamente a través de insectos vectores. Como patógenos se han identificado a *Toxoplasma gondii*, *Trypanosoma cruzi*, *Leptospira interrogans* e *Hymenolepis diminuta* en Yucatán (Torres-Castro *et al.*, 2014, 2016; Panti-May *et al.*, 2017a). Los roedores comensales también pueden actuar como hospedadores de patógenos presentes en fauna silvestre, y transmitirlos de nuevo a la fauna nativa o a los habitantes. Aunque el estudio fue enfocado a roedores comensales, el 10% de las capturas fueron especies nativas. Las principales especies fueron *S.*

toltecus, *H. gaumeri* y *P. yucatanicus*. Estas especies por lo general tienden a acercarse a las viviendas por la cercanía con los parches de selva y la presencia de alimento en los cultivos de los patios. En estas especies se han reportado patógenos transmitidos por vector como *Rickettsia felis* y *Bartonella vinsonii* en áreas rurales de Yucatán (Panti-May *et al.*, 2015b; Schulte Fishedick *et al.*, 2016). Esto indica que estos patógenos podrían estar circulando en las comunidades.

La condición corporal está relacionada con el estado de salud y bienestar de un animal (Hickman y Swan, 2010). La mayoría de los roedores capturados ($\geq 90\%$) tuvieron una condición corporal buena, lo que indica un aparente estado de buena salud, a pesar de ser parasitados por diversas especies de helmintos (datos no publicados). Como especies que viven en grupos, la agresividad es importante para obtener un nivel jerárquico alto que les permitirá el éxito reproductivo y mejores lugares para alimentarse (Berdoy y Drickamer, 2007). En ambientes rurales y silvestres, en contraste con áreas urbanas, los encuentros agresivos y las heridas asociadas por lo general son menores a consecuencia de la baja densidad, lo cual se observó en este estudio ya que $< 10\%$ de los animales presentaron heridas en la piel. Esto es importante desde el punto de vista de la transmisión de enfermedades, porque las heridas en la piel son una vía de entrada de patógenos de interés sanitario como *L. interrogans*.

Aunque este estudio fue limitado a un corto periodo y una sola estación climática, los resultados son pioneros ya que la información sobre las características poblacionales de *R. rattus* y *M. musculus* son escasos en áreas tropicales de América, y en especial en México.

CONCLUSIÓN

R. rattus y *M. musculus* son especies abundantes con una alta tasa de reproducción en las comunidades estudiadas. Los datos aquí registrados, aportan a la comprensión de aspectos ecológicos de ambas especies de roedores, que a su vez, es importante para la comprensión de la dinámica de transmisión de potenciales patógenos a los habitantes y animales domésticos, y a generar programas de control integrados para roedores.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por todas las familias de las comunidades Xkalakdzonot y Paraíso. También, agradecemos a Kenia Canché, Luis Caraveo y Orlando Osorio por el apoyo brindado en las capturas y trabajo de laboratorio, y a Erendira Martínez por su ayuda en la Colección Mastozológica, UADY. Este estudio fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto “Aplicación de Metagenómica en la

vigilancia y detección de Arbovirosis con potencial emergente y re-emergente en comunidades vulnerables de alto riesgo” (No. 2014-247005). JAP fue apoyado con una beca doctoral por el CONACYT (No. 259164).

REFERENCIAS

- Barnes, A.M. 1975. Problems of rodent control in rural tropical areas. *Bulletin of the World Health Organization*. 52:669–676.
- Battersby, S., Hirschhorn, R.B., Amman, B.R. 2008. Commensal rodents. En: Bonnefoy, X., Kampen, H., Sweeney, K. (eds.). *Public health significance of urban pests*. World Health Organization, Copenhagen. pp 387–419
- Berdoy, M., Drickamer, L.C. 2007. Comparative social organization and life history of *Rattus* and *Mus*. En: Sherman, P.W., Wolff, J.O. (eds.). *Rodent societies: an ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press, Chicago. pp 380–392
- Berry, R.J., Scriven, P.N. 2005. The house mouse: a model and motor for evolutionary understanding. *Biological Journal of the Linnean Society*. 84:335–347. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2005.00438.x
- Bridgman, L.J., Innes, J., Gillies, C., Fitzgerald, N.B., Miller, S., King, C.M. 2013. Do ship rats display predatory behaviour towards house mice? *Animal Behaviour*. 86:257–268. DOI: 10.1016/j.anbehav.2013.05.013
- Brooks, J.E., Ahmad, E., Hussain, I. 1994. Reproductive biology and population structure of *Rattus rattus* in Rawalpindi, Pakistan. *Zeitschrift für Säugetierkd* 59:209–217.
- Brown, R.Z. 1953 Social behavior, reproduction, and population changes in the house mouse (*Mus musculus* L.). *Ecological Monographs*. 23:217–240. DOI: 10.2307/1943592
- Channon, D., Channon, E., Roberts, T., Haines, R. 2006. Hotspots: are some areas of sewer network prone to re-infestation by rats (*Rattus norvegicus*) year after year? *Epidemiology and Infection*. 134:41–48. DOI: 10.1017/S0950268805004607
- Christie, J.E., Brown, D.J., Westbrooke, I., Murphy, E.C. 2009. Environmental predictors of stoat (*Mustela erminea*) and ship rat (*Rattus rattus*) capture success. *Doc Research & Development Series* 305. Department of Conservation, Wellington. pp. 5-25.
- Cigarroa-Toledo, N., Talavera-Aguilar, L.G., Baak-Baak, C.M., García-Rejón, J.E., Hernández-Betancourt, S., Blitvich, B.J., Machain-Williams, C. 2016. Serologic evidence of flavivirus infections in peridomestic rodents in Merida, Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*. 52:168–172. DOI: 10.7589/2015-05-116
- Cox, M.P.G., Dickman, C.R., Cox, W.G. 2000. Use of habitat by the black rat (*Rattus rattus*) at North Head, New South Wales: an observational and experimental study. *Austral Ecology*. 24:375–385.
- Davis, D.E. 1947. Notes on commensal rats in Lavaca County, Texas. *Journal of Mammalogy* 28:241–244.
- Davis, D.E. 1948. Observations on rats and typhus fever in San Antonio, Tex. *Public Health Reports*. 63:783–790. DOI: 10.1093/phr/115.1.102
- Davis, D.E., Hall, O. 1948. The seasonal reproductive condition of male brown rats in Baltimore, Maryland. *Physiological Zoology*. 21:272–282.
- Emlen, J.T., Davis, D.E. 1948. Determination of reproductive rates in rat populations by examination of carcasses. *Physiological Zoology*. 21:59–65. DOI: 10.1163/_afco_asc_2291
- Feng, A.Y.T., Himsforth, C.G. 2014. The secret life of the city rat: A review of the ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*). *Urban Ecosystems*. 17:149–162. DOI: 10.1007/s11252-013-0305-4
- Glass, G.E., Korch, G.W., Childs, J.E. 1988. Seasonal and habitat differences in growth rates of wild *Rattus norvegicus*. *Journal of Mammalogy* 69:587–592. DOI: 10.2307/1381350
- Harper, G.A., Bunbury, N. 2015. Invasive rats on tropical islands: their population biology and impacts on native species. *Global Ecology and Conservation*. 3:607–627. DOI: 10.1016/j.gecco.2015.02.010
- Harper, G.A., Cabrera, L.F. 2010. Response of mice (*Mus musculus*) to the removal of black rats (*Rattus rattus*) in arid forest on Santa Cruz Island, Galapagos. *Biological Invasions*. 12:1449–1452. DOI: 10.1007/s10530-009-9560-y
- Hickman, D.L., Swan, M. 2010. Use of a body condition score technique to assess health status in a rat model of polycystic kidney

- disease. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 49:155–159.
- Himsworth, C.G., Jardine, C.M., Parsons, K.L., Feng, A.Y.T., Patrick, D.M. 2014. The characteristics of wild rat (*Rattus* spp.) populations from an inner-city neighborhood with a focus on factors critical to the understanding of rat-associated zoonoses. *PLoS One* 9:e91654. DOI: 10.1371/journal.pone.0091654
- Himsworth, C.G., Parsons, K.L., Jardine, C., Patrick, D.M. 2013. Rats, cities, people, and pathogens: A systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*. 13:349–59. DOI: 10.1089/vbz.2012.1195
- Hirata, D.N., Nass, R.D. 1974. Growth and sexual maturation of laboratory-reared, wild *Rattus norvegicus*, *R. rattus*, and *R. exulans* in Hawaii. *Journal of Mammalogy*. 55:472–474. DOI: 10.1644/859.1.Key
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Población total: Yucatán. En: México en cifras. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/componentes/mapa/default.aspx>. Accedido 2 Febrero 2016
- Knudsen, B. 1962. Growth and reproduction of house mice at three different temperatures. *Oikos* 13:1–14. DOI: 10.2307/3565060
- Laurie, E.M.O. 1946. The reproduction of the house-mouse (*Mus musculus*) living in different environments. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*. 133:248–281. DOI: 10.1098/rspb.1946.0012
- Leary, S., Underwood, W., Anthony, R., Cartner, S., Corey, D., Grandin, T., Greenacre, C., Gwaltney-Brant, S., McCrackin, M.A., Meyer, R., Miller, D., Shearer, J., Yanong, R. 2013. AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2013 Edition. American Veterinary Medical Association, Schaumburg, Illinois
- Nelson, L., Clark, F.W. 1973. Correction for sprung traps in catch/effort calculations of trapping results. *Journal of Mammalogy*. 54:295–298.
- Panti-May, J.A., Carvalho-Pereira, T.S.A., Serrano, S., Pedra, G.G., Taylor, J., Pertile, A.C., Minter, A., Airam, V., Carvalho, M., Júnior, N.N., Rodrigues, G., Reis, M.G., Ko, A.I., Childs, J.E., Begon, M., Costa, F. 2016a. A two-year ecological study of Norway rats (*Rattus norvegicus*) in a Brazilian urban slum. *PLoS One*. 11:e0152511. DOI: 10.1371/journal.pone.0152511
- Panti-May, J.A., de Andrade, R.R.C., Gurubel-González, Y., Palomo-Arjona, E., Sodá-Tamayo, L., Meza-Sulú, J., Ramírez-Sierra, M., Dumonteil, E., Vidal-Martínez, V.M., Machaín-Williams, C., de Oliveira, D., Reis, M.G., Torres-Castro, M.A., Robles, M.R., Hernández-Betancourt, S.F., Costa, F. 2017a. A survey of zoonotic pathogens carried by house mouse and black rat populations in Yucatan, Mexico. *Epidemiology and Infection*. 145:2287–2295. DOI: 10.1017/S0950268817001352
- Panti-May, J.A., Hernández-Betancourt, S., Ruíz-Piña, H., Medina-Peralta, S. 2012. Abundance and population parameters of commensal rodents present in rural households in Yucatan, Mexico. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 66:77–81. DOI: 10.1016/j.ibiod.2011.10.006
- Panti-May, J.A., Hernández-Betancourt, S.F., Rodríguez-Vivas, R.I., Robles, M.R. 2015a. Infection levels of intestinal helminths in two commensal rodent species from rural households in Yucatan, Mexico. *Journal of Helminthology*. 89:42–48. DOI: 10.1017/S0022149X13000576
- Panti-May, J.A., Hernández-Betancourt, S.F., Torres-Castro, M.A., Machaín-Williams, C., Cigarroa-Toledo, N., Sodá, L., López-Manzanero, G., Meza-Sulú, J.R., Vidal-Martínez, V.M. 2016b. Population characteristics of human-commensal rodents present in households from Mérida, Yucatán, México. *Manter Journal of Parasite Biodiversity*. 5:1–6. DOI: 10.13014/K2VD6WCX
- Panti-May JA, Sodá-Tamayo L, Gamboa-Tec N, et al (2017b) Perceptions of rodent-associated problems: an experience in urban and rural areas of Yucatan, Mexico. *Urban Ecosystems*. 20:983–988. DOI: 10.1007/s11252-017-0651-8
- Panti-May, J.A., Torres-Castro, M., Hernández-Betancourt, S., Dzul-Rosado, K., Zavala-Castro, J., López-Avila, K., Tello-Martín, R. 2015b. Detection of *Rickettsia felis* in wild mammals from three municipalities in Yucatan, Mexico. *Ecohealth* 12:523–527. DOI: 10.1007/s10393-014-1003-2
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*. 52:273–288. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.01.001

- 10.1016/j.ecolecon.2004.10.002
- Pocock, M.J.O., Searle, J.B., White, P.C.L. 2004. Adaptations of animals to commensal habitats: Population dynamics of house mice *Mus musculus domesticus* on farms. *Journal of Animal Ecology*. 73:878–888. DOI: 10.1111/j.0021-8790.2004.00863.x
- Porter, F.H., Costa, F., Rodrigues, G., Farias, H., Cunha, M., Glass, G.E., Reis, M.G., Ko, A.I., Childs, J.E. 2015. Morphometric and demographic differences between tropical and temperate Norway rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Mammalogy*. 96:317–323. DOI: 10.1093/jmammal/gyv033
- Rosenfeld, C.S., Roberts, R.M. 2004. Maternal diet and other factors affecting offspring sex ratio: a review. *Biology of Reproduction*. 71:1063–1070. DOI: 10.1095/biolreprod.104.030890
- Schulte Fischechick, F.B., Stuckey, M.J., Aguilar-Setién, A., Moreno-Sandoval, H., Galvez-Romero, G., Salas-Rojas, M., Arechiga-Ceballos, N., Overgaauw, P.A., Kasten, R.W., Chomel, B.B. 2016. Identification of *Bartonella* species isolated from rodents from Yucatan, Mexico, and isolation of *Bartonella vinsonii* subsp. *yucatanensis* subsp. nov. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 16:636–642. DOI: 10.1089/vbz.2016.1981
- Secretaría de Desarrollo Social. 2015. Programa para el desarrollo de zonas prioritarias: Cobertura 2015. http://www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Informacion_del_Programa_PDZP. Consultado 18 Febrero 2016
- Sheskin, D.J. 2004. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. 3a edición. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton
- Sikes, R.S., Gannon, W.L., Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy*. 92:235–253. DOI: 10.1644/10-MAMM-F-355.1
- Smith, W.W. 1954. Reproduction in the house mouse, *Mus musculus* L., in Mississippi. *Journal of Mammalogy*. 35:509–515. DOI: 10.2307/1375574
- Theiler, K. 1989. The house mouse: atlas of embryonic development. Springer-Verlag, Londres
- Tomich, P.Q. 1968. Coat color in wild populations of the roof rat in Hawaii. *Journal of Mammalogy*. 49:74–82. DOI: 10.1644/870.1.Key
- Torres-Castro, M.A., Gutiérrez-Ruiz, E., Hernández-Betancourt, S.F., Peláez-Sánchez, R., Agudelo-Flórez, P., Guillermo-Cordero, L., Puerto, F.I. 2014. First molecular evidence of *Leptospira* spp. in synanthropic rodents captured in Yucatan, Mexico. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 7–8:213–218.
- Torres-Castro, M.A., Medina-Espinosa, D.B., Panti-May, J.A., Hernández-Betancourt, S.F., Noh-Pech, H.R., Yeh-Gorocica, A.B., Gutiérrez-Ruiz, E.J., Zavala-Castro, J.E., Puerto, F.I. 2016. First molecular evidence of *Toxoplasma gondii* in synanthropic rodents (*Mus musculus* and *Rattus rattus*) captured in Yucatan, Mexico. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 169:250–255.
- Trivers, R.L., Willard, D.E. 1973. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science*. 179:90–92.
- Ullman-Culleré, M.H., Foltz, C.J. 1999. Body condition scoring: a rapid and accurate method for assessing health status in mice. *Laboratory Animal Science*. 49:319–323.
- Vadell, M.V., Cavia, R., Suárez, O.V. 2010. Abundance, age structure and reproductive patterns of *Rattus norvegicus* and *Mus musculus* in two areas of the city of Buenos Aires. *International Journal of Pest Management*. 56:327–336. DOI: 10.1080/09670874.2010.499479
- Vadell, M.V., Gómez Villafaña, I.E., Cavia, R. 2014. Are life-history strategies of Norway rats (*Rattus norvegicus*) and house mice (*Mus musculus*) dependent on environmental characteristics?. *Wildlife Research*. 41:172–184. DOI: 10.1071/WR14005
- Wright, S.L., Crawford, C.B., Anderson, J.L. 1988. Allocation of reproductive effort in *Mus domesticus*: responses of offspring sex ratio and quality to social density and food availability. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 23:357–365. DOI: 10.1007/BF00303709
- Zar, J. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs