



DUGESIANA

Revista de Entomología

CUCBA



Volumen 30 número 2



Dugesiana, Año 30, No. 2, (julio-diciembre, segundo semestre 2023), es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Estudios en Zoología, por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, Tel. 37771150 ext. 33218, <http://148.202.248.171/dugesiana/index.php/DUG/index>, glenusmx@gmail.com. Editor responsable: José Luis Navarrete-Heredia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2009-062310115100-203, ISSN: 2007-9133, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: José Luis Navarrete-Heredia, Editor y Ana Laura González-Hernández, Asistente Editorial. Fecha de la última modificación 1 de julio de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Microvertebrados fósiles asociados a montículos de hormigueros de *Pogonomyrmex barbatus* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae) en Jalisco, México

Fossil microvertebrates associated to ant mounds of *Pogonomyrmex barbatus* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae) in Jalisco, Mexico

Yoalith Guadalupe Casillas-Ramírez^{1,5}, Claudia Aurora Uribe-Mú^{2*}, Margarito Mora-Núñez³ y Miguel Vásquez-Bolaños⁴

¹Departamento de Ecología Aplicada, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. yoalith.casillas3920@academicos.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5192-2502>, ²aurora.uribe@academicos.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1781-0301>,

³Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. mmora@academicos.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4287-1408>, ⁴miguel.vasquez@academicos.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6494-5199>,

⁵Doctorado en Ciencias en Ecofisiología y Recursos Genéticos, Departamento de Ecología Aplicada, CUCBA, Universidad de Guadalajara. México.

Corresponding autor: *aurora.uribe@academicos.udg.mx

RESUMEN

Las hormigas cosechadoras del género *Pogonomyrmex* presentan una amplia gama en las formaciones y materiales que rodean la entrada de sus nidos. En Zacoalco de Torres, Jalisco, en el Occidente de México, la especie de hormiga *Pogonomyrmex barbatus* (Smith, 1858) produce nidos con montículos compuestos por guijarros y microvertebrados fósiles. En el complejo lagunar Chapala-Zacoalco se localizan fósiles correspondientes a los periodos Neógeno y Cuaternario. En este estudio se obtuvieron estimaciones de la densidad de nidos, circunferencia, superficie, altura y volumen de los montículos, así como el número y tamaño de entradas de 11 hormigueros. Se recolectaron 53 muestras de montículos para determinar su composición, peso, porcentaje de fósiles y la relación entre el peso total de las muestras con el porcentaje de fósiles que contienen. La densidad de nidos de *P. barbatus* fue de 3.17/ha, similar a la reportada en zonas de pastoreo intenso para otras especies de hormigas del género *Pogonomyrmex*. La variación en volumen del montículo se atribuye a la recolocación de grava, fósiles y otros sedimentos por la actividad de las hormigas excavadoras. La presencia de fósiles en los hormigueros favorece el reconocimiento de áreas con potencial fosilífero. La recolecta en los montículos de estas hormigas facilita la obtención de microvertebrados fósiles, aunque existe el inconveniente que las muestras provenientes de diferentes estratos se mezclan por efecto de la recolocación de materiales que realizan las hormigas. Existe una débil relación positiva entre el peso de las muestras obtenidas con el porcentaje de fósiles que contienen, lo cual sugiere que hay una gran variación en la abundancia de material fosilífero obtenidos de los montículos a través de recolectas poco invasivas.

Palabras clave: Hormiga cosechadora, paleontología, Jalisco, superficie del nido, estructura.

ABSTRACT

Harvester ants of the genus *Pogonomyrmex* have shown great variation in the formations and materials that surround the entrance of their nests. In Zacoalco de Torres, Jalisco, Western Mexico, the ant species *Pogonomyrmex barbatus*, Smith, 1858 produces nests with mounds composed of pebbles and fossil microvertebrates. Fossils from the Neogene-Quaternary tectonic period are located in the Chapala-Zacoalco lagoon complex. In this study, estimates of the nest density, circumference, surface area, height and volume of the mounds, as well as the number and size of entrances to the nest were obtained from 11 anthills. Fifty three samples were collected to determine mound composition, weight, percentage of fossils, and the relationship between the total weight of the samples and the percentage of fossils they contain. The nest density of *P. barbatus* was 3.17/Ha, similar to that reported in intense grazing areas for other ant species of the genus *Pogonomyrmex*. The variation in mound volume is attributed to the relocation of gravel, fossils and other sediments caused by the activity of digger ants. The presence of fossils in the anthills favors the recognition of areas with fossiliferous potential. The mounds of those ants facilitates the fossil microvertebrates sampling, although there is the drawback that the samples from different strata are mixed due to the effect of the repositioning of materials carried out by the ants. There is a weak positive relationship between the weight of the samples and the percentage of fossils they contain, this suggests a great variation in the abundance of fossiliferous material obtained from the mounds by minimally invasive collections.

Key words: Harvester ant, paleontology, Jalisco, nest surface, structure.

Pogonomyrmex Mayr, 1868 es un género de hormigas cosechadoras perteneciente a la subfamilia Myrmicinae (Vásquez-Bolaños 2011). El género es exclusivo del Continente Americano e incluye un total de 92 especies actuales con una amplia distribución (Mackay *et al.* 1985, Johnson 2021). En México se ha reportado la presencia de 22 espe-

cies, en 26 estados de la República Mexicana (Vásquez-Bolaños 2015). Estas hormigas habitan diversos tipos de vegetación desde el bosque de pino-encino, bosque tropical, chaparral, matorral y sobre todo vegetación secundaria (Alatorre-Bracamontes y Vásquez-Bolaños 2010).

Las hormigas cosechadoras pueden remover hasta el

10% de la producción anual de semillas de un sitio, ocasionando cambios importantes en la abundancia relativa de plantas en las comunidades vegetales (MacMahon *et al.* 2000, Uhey y Hoffstetter 2022). Como ingenieros del ecosistema, al construir sus nidos pueden crear condiciones bióticas y abióticas que afectan de manera indirecta a otros organismos tanto vegetales como animales, son agentes importantes en los procesos funcionales de las comunidades y ecosistemas al afectar la dinámica de la red trófica, los flujos de materia y energía, así como la composición química y física del suelo (Carlson y Whitford 1991, Wagner *et al.* 1997, Frouz y Jilková 2008, Gosselin *et al.* 2016, Nicolai 2019, De Almeida *et al.* 2020a, De Almeida *et al.* 2020b, Menta y Remelli 2020, Uhey y Hofstetter 2022).

El tamaño de las colonias es muy variado, para las especies de América del Norte se han reportado abundancias de 100 a 1500 obreras por colonia en forrajeo individual y más de 10 000 obreras en aquellas que presentan forrajeo grupal (Johnson 2000). Algunos estudios han mostrado que el tamaño de las colonias está influenciado por la disponibilidad de recursos para alimentación, la calidad y la cantidad de semillas (MacMahon *et al.* 2000, Tschinkel 2004). Las colonias de *Pogonomyrmex* pueden vivir entre 14 y 30 años, la densidad de nidos es variable ya que las estimaciones en las diferentes especies van desde 20 a 150 colonias por hectárea; esta variación puede cambiar año con año y además está influenciada principalmente por la textura del suelo y el régimen de lluvias de la localidad (Kirkham y Fisser 1972, Johnson 1992, Porter y Jorgensen 1988, MacMahon *et al.* 2000). Las hormigas de este género se caracterizan por construir nidos cubiertos con montículos de grava, los cuales presentan a su alrededor un radio entre 35 a 70 cm libre de vegetación; la profundidad del nido puede variar, pero particularmente para *Pogonomyrmex barbatus* (Smith, 1858) se han encontrado nidos con 3.75 m de profundidad, tamaño de entrada de 15 mm de diámetro promedio y una altura de montículo de 1 a 3 cm (MacMahon *et al.* 2000). Los montículos de los nidos hechos con grava, suelen incluir desechos y diversos materiales como cubiertas de frutos, esqueletos de artrópodos, insectos, semillas, fragmentos de semillas, trozos de tallos y hojas, excremento, fragmentos de cristal, trozos de carbón y piezas de huesos (Shipman y Walker 1980, Wheeler y Wheeler 1983, Quintana-Ascencio y González-Espinoza 1990, Smith y Tschinkel 2005).

Algunos trabajos han mostrado la presencia de pequeños fragmentos de restos fósiles (microvertebrados fósiles) en los nidos de hormigas cosechadoras, como en la especie europea *Messor barbarus*, Linaeus 1767 y en las especies americanas *P. occidentalis*, Cresson, 1865 y *P. barbatus* (Shipman y Walker 1980, Matthias y Carpenter 2004, Martín-Perea *et al.* 2019, Korth *et al.* 2022). A pesar de que en América estos estudios de fósiles en hormigueros se han realizado desde el s. XIX por autores como Hatcher (1896), los estudios paleontológicos relacionados con microvertebrados son escasos comparados con fósiles de mayor tamaño, quizás debido a la dificultad para localizar los yacimientos y las pequeñas dimensiones del material fosilizado, el cual se ha reportado en rangos de 0.5 a 3.0 mm (Matthias y Carpenter 2004).

En México, existen diversas excavaciones donde se ha obtenido material fosilífero de gran tamaño pero solamente en algunos de ellos se han extraído microvertebrados fósiles para su estudio (Montellano-Ballesteros 2015, Cruz *et*

al. 2022). El estado de Jalisco cuenta con numerosos yacimientos fósiles que van desde el Cretácico, 144 a 65 millones de años (Ma) hasta el Pleistoceno (1.8 a 0.01 Ma); las localidades más ricas en restos fósiles del Pleistoceno forman parte del complejo Chapala-Zacoalco e incluyen gran cantidad de taxones (García *et al.* 2014). Particularmente en la región de Zacoalco, la presencia de las especies de hormigas cosechadoras *P. desertorum* Wheeler, 1902 y *P. barbatus* (Vásquez-Bolaños 2015), facilita la obtención de microvertebrados fósiles a partir de los montículos de sus nidos de forma similar a como se ha reportado en Estados Unidos con otras especies del género *Pogonomyrmex*, o en Europa y África con hormigas del género *Messor* (Matthias y Carpenter 2004, Martín-Perea *et al.* 2019). La finalidad de este estudio, es describir la estructura externa de los montículos de los nidos de *P. barbatus* y dar a conocer la presencia de microvertebrados fósiles asociados a los nidos de esta especie de hormiga en la zona fosilífera de Zacoalco de Torres en el estado de Jalisco, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El área de estudio está ubicada en el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco, México (20°13'39.72" N -103°34'9.84" O), entre la laguna de San Marcos y la laguna de Zacoalco (Fig. 1). La geología de este terreno es básicamente ígnea extrusiva de composición basáltica (Pastrana 1987) y de acuerdo con la cartografía 1:250,000 geológico-minera (SGM 2000), el sitio está formado por Tp1B-A rocas volcánicas de tipo basáltico- andesita del periodo Neógeno de la época del Plioceno, datadas en aproximadamente 5.1 millones de años de antigüedad. También se encuentran sedimentos aluviales correspondientes al Pleistoceno y Holoceno (García *et al.* 2014).

La cartografía litológica 1:250,000 del Servicio Geológico Mexicano (SGM 2004) muestra que el sitio tiene origen de tipo epiclástico, lo cual indica que contiene fragmentos de origen volcánico (Díaz de Neira *et al.* 2019) y en la cartografía edafológica 1:50,000 se describen los tipos de unidades de suelo, Solonchak gléyico y Vertisol pélico (CETENAL 2004).

La evolución tectónico-volcánica del Centro Occidente de México es el resultado de una gran actividad tectónica del Neógeno y Cuaternario (Lugo-Hubp 1990, Castillo *et al.* 2017), el vulcanismo, aunado con el fallamiento extensional de esta zona, condicionó el cierre del lago de Chapala y originó la formación de los lagos San Marcos, Zacoalco y Sayula (Castillo *et al.* 2017). De acuerdo al sistema de clasificación bioclimática global propuesta por Rivas-Martínez *et al.* (2011), la zona de estudio pertenece al Macrobioclima Tropical, presenta una estación de lluvias coincidente con el período más cálido del año y un período de sequía de duración variable, relacionado a la temporada de temperaturas relativamente más bajas (Gopar-Merino *et al.* 2022). Las lagunas de San Marcos, Zacoalco y Sayula, forman parte de una cuenca endorreica por lo que la cantidad de agua que contienen depende principalmente del régimen de lluvias anual de años anteriores (Gopar-Merino *et al.* 2022). En la región, el principal uso del suelo es agrícola, el sitio de estudio presenta perturbación por actividades humanas, se utiliza parcialmente como tiradero de basura por las comunidades cercanas, y hay presencia de vegetación espínosa, gramíneas y otras especies vegetales que propor-

cionan recursos alimenticios a las hormigas cosechadoras.

Todas las muestras y datos obtenidos de los montículos de hormigueros provienen de la misma zona de estudio anteriormente descrita y están depositados en la Colección Paleontológica del Centro de Estudios de Zoología de la Universidad de Guadalajara (CEZUG).

Hormigueros de *Pogonomyrmex*

Para determinar la densidad de nidos de *P. barbatus* se utilizaron las imágenes de satélite más actualizadas en la zona de estudio las cuales corresponden al año 2019 en la aplicación de Google Earth (Google Earth / INEGI CNES/ Airbus 2019). Se trazó una parcela de tamaño 120 x 525 m, dentro de la cual se contó el número de montículos de nido presentes en el área.

El muestreo para describir los montículos de los hormigueros se realizó únicamente para el año 2021. Se revisó la estructura exterior de 12 nidos de *P. barbatus*, a cada uno de los cuales se le asignó una clave, se registró la hora de muestreo con la finalidad de determinar la actividad de la colonia y su estado (activo/inactivo). Para cada montículo se registró la siguiente información: número de entradas en los nidos, tamaño de entrada, circunferencia del montículo, altura del montículo; se estimó la superficie y volumen de montículo con las siguientes formulas (Carlson y Whitford 1991, Chen y Li 2012):

$$S = \pi (D + d)^2 / 4 \quad V = \pi \cdot r^2 \cdot h / 3$$

Donde S es la superficie del montículo, D es el diámetro mayor del montículo en m, d es el diámetro menor del montículo en m, $\pi = 3.1415$, r es el radio y h es la altura del montículo.

Con la información obtenida se realizó la estadística descriptiva en donde se obtuvieron rangos, promedios, coeficiente de variación (cv) y desviación estándar (de) del tamaño de la entrada, circunferencia, altura, superficie y volumen del montículo.

Presencia de fósiles

La presencia de microvertebrados fósiles se determinó a través de la revisión de muestras obtenidas de la zona de estudio y que están depositadas en la Colección Paleontológica del Centro de Estudios de Zoología de la Universidad de Guadalajara (CEZUG). Las 53 muestras provenientes de 29 montículos de nidos de *P. barbatus* se recolectaron durante los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2021 (Fig. 2). La recolección del material se realizó únicamente en la zona superficial del montículo con una pala de 12 cm de ancho, a profundidades no mayores al grosor de la hoja de la pala. La colecta se realizó desde la parte exterior del montículo hacia el centro, evitando perturbar la actividad del hormiguero (Fig. 3).

El material obtenido se organizó por fecha de colecta y número de hormiguero, se registró el peso neto de cada muestra y con ayuda de un microscopio estereoscópico Zeiss se procedió a separar el material fósil del resto de las rocas. Una vez separados, los fósiles se pesaron y midieron, se obtuvo la estadística descriptiva del peso total de cada muestra, el peso de fósiles, se estimó el porcentaje de fósiles por muestra y su coeficiente de variación. Para determinar si existía relación entre el peso total de las muestras y la proporción de fósiles/muestra, se realizó un análisis de correlación de rangos de Spearman.

Los sedimentos presentes en las muestras de los montí-

culos de los nidos se clasificaron de acuerdo con la escala granulométrica de Wentworth (1922), la cual permite diferenciar la composición de materiales granulométricos independientemente de su naturaleza química. Las muestras recolectadas en la superficie de los montículos correspondieron al tamaño de guijarros (fósiles y rocas), mientras que los materiales de menor tamaño depositados en las zonas inferiores del montículo no se consideraron en el muestreo.

RESULTADOS

Hormigueros de *Pogonomyrmex*

La densidad de nidos, se calculó solo para el año 2019 a través de las imágenes de satélite de Google Earth. La presencia de 20 montículos de nidos fue estimada dentro de un área de 63,000 m² por lo tanto, la densidad obtenida correspondió a 3.17 nidos/ha.

En 2021 se realizó el muestreo para la descripción de la estructura exterior de los montículos de *P. barbatus*, de los 20 nidos observados, cinco estaban inactivos y por condiciones propias de la zona, cuatro montículos se encontraron enterrados, por tal motivo los datos que a continuación se mencionan corresponden a solo 11 montículos activos.

El número de entradas por nido fue variable entre las muestras, cuatro nidos presentaron dos o tres entradas por lo que en total se obtuvieron 16 datos. El tamaño de las entradas estuvo entre los 15 y 80 mm, (promedio = 33.97 mm, de = 20.43 mm). Las circunferencias de los montículos de los nidos oscilaron entre los 2.59 hasta los 9.05 m, (promedio = 6.012 m, de = 2.096 m, cv = 34.86%). La altura de los montículos fue la variable que mostró mayor heterogeneidad (cv = 108.07%), se encontraron montículos con alturas al ras del suelo hasta aquellos con una altura de 37 cm, (promedio = 10.136 cm, de = 11.507 cm). La superficie del montículo midió entre 0.35 m² y 5.31 m² (promedio = 2.737 m², de = 1.662 m², cv = 60.73%). Finalmente, el volumen del montículo también fue muy variable (cv = 101.16%), osciló entre los 0.002 m³ y los 0.348 m³, (promedio = 0.129 m³, de = 0.130 m³) (Cuadro 1).

Presencia de fósiles

Los montículos de los nidos de *P. barbatus* en el sitio de estudio, están compuestos por rocas basálticas, microvertebrados fósiles, material vegetal y algunas conchas de micromoluscos actuales. En las 53 muestras obtenidas hubo presencia de material fósil. La muestra con mayor peso neto total fue de 2,508.5 g y la de menor peso fue de 38 g, (promedio = 790 g, de = 535.9 g). La muestra con mayor peso de material fósil fue de 375.20 g y la de menor peso fue de 1.60 g, (promedio = 64.07 g, de = 82.12 g).

El valor máximo de porcentaje de fósiles fue de 24.11% y el mínimo de 0.53% (promedio = 6.79%, de = 5.77%, c.v = 85.09%) (Cuadro 2). El coeficiente de correlación de Spearman mostró que existe una débil correlación positiva pero estadísticamente significativa entre el peso neto de las muestras de sedimento con la proporción de fósiles que presentan ($r_{(53)} = 0.3726$, $p < 0.05$), por lo que existe gran heterogeneidad en el porcentaje de fósiles que contienen las muestras.

De acuerdo con la información geológica disponible para el área (García *et al.* 2014), los microvertebrados fósiles encontrados en la zona de estudio corresponden a estratos del Pleistoceno pertenecientes al periodo Cuaternario, entre los fósiles obtenidos, se destaca la presencia

de vértebras de peces, huesos de aves, así como dientes de mamíferos, reptiles y peces (Figura 4). La mayoría de los fósiles presentó una coloración oscura con partes de tonalidad amarillina. El fósil de mayor tamaño fue de 8.9 mm y el de menor medida fue de 2.1 mm, (promedio = 4.37 mm, $de = 1.89$ mm). La roca de mayor medida fue de 5.9 mm y la de menor medida de 1.9 mm (promedio = 3.38 mm, $de = 0.95$ mm).

DISCUSIÓN

La densidad de nidos de hormigas se ha evaluado a través de distintos métodos de muestreo, sin embargo, dentro de la misma especie, puede representar variaciones de acuerdo a los tipos de vegetación, por efecto del suelo, por temporadas del año o por causa del disturbio (Whitford 1978, MacMahon *et al.* 2000, Uhey y Hofstetter 2022). Algunos estudios han mostrado que los principales factores que afectan la abundancia, diversidad y densidad de nidos de hormigas cosechadoras, son la ganadería y la compactación del suelo (Soulé y Knapp 1996, MacMahon *et al.* 2000, Usnick y Hart 2002, Smith y Tschinkel 2005, Rivas-Arancibia 2014). *P. barbatus* se ha reportado como una especie abundante en el estado de Jalisco, en sitios con poca vegetación o perturbación por efecto del cultivo y ganadería (Vásquez-Bolaños 1997), lo que demuestra su capacidad para tolerar algunos tipos de disturbio. El presente estudio muestra que la densidad de nidos de *P. barbatus* fue mucho menor a la registrada en otras especies del género *Pogonomyrmex*, y similar a la densidad reportada para sitios con pastoreo intenso (Rogers y Lavigne 1974, Soulé y Knapp 1996, Usnick y Hart 2002, Smith y Tschinkel 2005). Sin embargo, en el área de muestreo no se realizan actividades de ganadería extensiva, la perturbación observable en la zona es el uso del suelo como tiradero de basura de las comunidades cercanas. La baja densidad de nidos de *P. barbatus* puede ser atribuida a otros factores no identificados, como el tipo de sedimento u otro disturbio no observado en revisiones anteriores (Uhey y Hofstetter 2021).

Algunos estudios han mostrado que el tamaño de las colonias (número de individuos) de hormigas, depende de la disponibilidad de alimento y podría variar de acuerdo con la estacionalidad y los hábitos de forrajeo de las especies (MacMahon *et al.* 2000). La variación en el tamaño del nido entre distintas comunidades vegetales se ha atribuido a la cantidad y calidad de semillas disponibles como recurso alimenticio para las hormigas (MacMahon *et al.* 2000). En este estudio, encontramos variaciones del 30%, 60% y hasta más del 100% en el tamaño del nido si consideramos como estimador, la circunferencia, la superficie o el volumen del montículo. Los materiales encontrados en los montículos de *P. barbatus* variaron en tamaño, pero prevaleció la presencia de guijarros, característica en los montículos de los nidos de esta especie (Wagner *et al.* 1997, MacMahon *et al.* 2000, Matthias y Carpenter 2004). Las hormigas pueden transportar hacia el nido diversos materiales como fragmentos de huesos, semillas, rocas y pequeños fósiles (Shipman y Walker 1980, Wheeler y Wheeler 1983, Wagner *et al.* 1997, MacMahon *et al.* 2000, Korth *et al.* 2022), los cuales, eventualmente podrían integrarse como componentes de los montículos. Algunos autores sugieren que los materiales son acarreados desde el exterior a los montículos lo cual implica que para transportar microfósiles, el material debe estar expuesto y disponible para las hormigas; otros

estudios sugieren que los sedimentos se extraen del suelo como parte de los materiales sobrantes al excavar las cámaras del nido (Shipman y Walker 1980, Matthias y Carpenter 2004, Schoville *et al.* 2009). Matthias y Carpenter (2004) realizaron un estudio experimental con cristales y fósiles en nidos de *P. occidentalis* para determinar la procedencia de los materiales que componen el montículo de las hormigas y el acomodo de estos; los resultados mostraron que los microvertebrados fósiles provenían de excavaciones del nido y de zonas cercanas a su alrededor. El aporte de materiales del exterior ocasionaría un incremento en el volumen del montículo que no estaría relacionado con la abundancia de cámaras en el nido y por ende, el tamaño de la colonia. Sin embargo, Smith y Tschinkel (2005) realizaron otro estudio experimental con *P. badius* en el cual encontraron que la mayoría del material del nido proviene del exterior, además para esta especie, el tamaño del montículo es un buen estimador del tamaño aproximado de la colonia. La relación entre el tamaño del montículo y el tamaño del nido puede variar entre especies, al igual que el origen de los materiales para la construcción del nido (Lavigne 1969, MacMahon *et al.* 2000, Matthias y Carpenter 2004, Tschinkel 2004, Smith y Tschinkel 2005, Schoville *et al.* 2009). En este estudio no obtuvimos evidencia del acarreo de sedimentos de origen externo al hormiguero y los suelos en la localidad son de tipo sedimentario, con escasa cantidad de rocas. Por tanto, la variación en el volumen de los montículos por la presencia de guijarros y microvertebrados fósiles, se atribuyen a la recolocación de materiales proveniente de los estratos inferiores, debido a la actividad de las hormigas excavadoras que laboran en la formación de cámaras y túneles.

P. barbatus es una especie de amplia distribución en los estados del centro y norte de México (Vásquez-Bolaños 2015). La revisión de nidos de *P. barbatus* favorece el reconocimiento de zonas de interés paleontológico y facilita la colecta de muestras de forma similar a los estudios de hormigueros con *P. occidentalis* y *Messor* sp. (Shipman y Walker 1980, Martin-Perea *et al.* 2019). La presencia de fósiles en todas las muestras analizadas en este estudio, sugiere que es posible obtener material fosilífero con recolectas poco invasivas en los montículos sin necesidad de llevarse todo el material de estas estructuras, de manera que se evitaría la alteración de los procesos funcionales que realizan las hormigas, a nivel de comunidad y ecosistema (MacMahon *et al.* 2000, Uhey y Hofstetter 2022). Sin embargo, la variación estacional reportada en los componentes de los montículos de hormigas cosechadoras (Smith y Tschinkel 2005) y la gran heterogeneidad encontrada en las proporciones de fósiles por muestra, sugiere que los paleontólogos deberían realizar muestreos con más frecuencia para la obtención de fósiles.

A pesar de las ventajas que ofrece la recolecta de fósiles en hormigueros, existe una recolocación del material en los sedimentos, lo que implica una pérdida de información de índole paleontológico, tal y como ocurre en nidos de *P. occidentalis* (Matthias y Carpenter 2004). Debido a esto, es necesario guardar especial cuidado en la obtención y datación de material fósil proveniente de zonas con ausencia de datos geológicos. Es necesario incrementar los estudios sobre el comportamiento de *P. barbatus* en la construcción de cámaras en los nidos para comprender el papel de las hormigas como agentes tafonómicos activos en la bioturbación y recolocación de fósiles (Martin-Perea *et al.* 2019).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. José L. Navarrete-Heredia por su apoyo en la toma de fotografías del material fósil; a los revisores por las valiosas sugerencias y comentarios que enriquecieron este documento; a los estudiantes voluntarios que dedicaron horas en la colecta y, sobre todo en la separación del material en el laboratorio: Ana Luisa Zepeda Rivera, Mireya Ayón Mejía, Ana Lilia Rosales Campos y Alonso Emmanuel Vázquez Fonseca. Por otro lado, el primer autor agradece al programa de Doctorado en Ciencias en Ecofisiología y Recursos Genéticos de la Universidad de Guadalajara.

LITERATURA CITADA

- Alatorre-Bracamontes, C. E. y M. Vásquez-Bolaños. 2010. Lista comentada de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del norte de México. *Dugesiana*, 17(1): 9-36. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v17i1>
- Carlson, S. R. and W.G. Whitford. 1991. Ant mound influence on vegetation and soils in a semiarid mountain ecosystem. *American Midland Naturalist*, 126(1): 125-139.
- Castillo, M., E. Muñoz-Salinas, J. L. Arce and P. Roy. 2017. Early Holocene to present landscape dynamics of the tectonic lakes of west-central Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, (80): 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.09.024>
- CETENAL. 2004. Carta edafológica Zacoalco de Torres F-13-D-85 Jalisco. Escala 1:50,000. México. Secretaría de la Presidencia, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México. 1 Mapa.
- Chen Y.W. and X.R. Li. 2012. Spatio-Temporal Distribution of Nests and Influence of Ant (*Formica cunicularia* Lat.) Activity on Soil Property and Seed Bank alter Revegetation in the Tengger Desert. *Arid Land Research and Management*, 26(4): 365-378. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.694393>
- Cruz, J. A., Corona-M., E., Moreno-Flores, O. y J. Arroyo-Cabral. 2022. El estudio de los microfósiles en Santa Lucía: Su importancia para la reconstrucción ecológica. Centro INAH Morelos, *Suplemento cultural El Tlacuache*, (1039): 2-9.
- De Almeida, T., Blight, O., Mesléard, F., Bulot, A., Provost, E. and T. Dutoit. 2020a. Harvester ants as ecological engineers for Mediterranean grassland restoration: Impacts on soil and vegetation. *Biological Conservation*, (245): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108547>
- De Almeida T., Mesléard F., Santonja M., Gros R., Dutoit T. and O. Blight. 2020b. Above- and below-ground effects of an ecosystem engineer ant in Mediterranean dry grasslands. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1935): 1-10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1840>
- Díaz de Neira, S. J. A., G. Gallastegui Suárez, L. González Menéndez y M. J. Mancebo. 2019. *Vocabulario de rocas, sedimentos y formaciones superficiales*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Frouz, J. and V. Jilková. 2008. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, (11):191-199.
- García G., E.X., M. Mora-Núñez y R. Maciel-Flores. 2014. Paleontología de Jalisco. (pp. 393-398). En: Solís G., H. R. y K. A. y P. Planter (Coords.). *Jalisco en el mundo contemporáneo: aportaciones para una enciclopedia de la época. / Tomo III: ciencias biomédicas y físico-químico-biológicas*. Universidad de Guadalajara-Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. Guadalajara, México.
- Google Earth / INEGI CNES/ Airbus. 2019. Municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco. GoogleEarth Versión 9.183.0.1. Fecha de imágenes: 31/3/19. <http://www.google.com/earth/index.html>. Fecha de consulta: 7 de Junio de 2021.
- Gopar-Merino, L. F., Macías-Rodríguez, M. Á. y J. Giménez de Azcárate. 2022. Bioclimatología, indicadores Florísticos y Vegetación Potencial de la subcuenca Sayula, Jalisco, México. *Botanical Sciences*, 100(4): 877-898. <https://doi.org/10.17129/botsci.3041>
- Gosselin, E. N., Holbrook, J. D., Huggler, K., Brown, E., Vierling, K. T., Arkle, R. S. and D.S. Pilliod. 2016. Ecosystem engineering of harvester ants: effects on vegetation in a sagebrush-steppe ecosystem. *Western North American Naturalist*, 76(1): 82-89. <https://doi.org/10.3398/064.076.0109>
- Hatcher, J. B. 1896. Some localities for Laramie mammals and horned dinosaurs. *The American Naturalist*, 30(350): 112-120.
- Johnson, R. A. 1992. Soil texture as an influence on the distribution of the desert seed-harvester ants *Pogonomyrmex rugosus* and *Messor pergandei*. *Oecologia*, 89(1): 118-124. <https://doi.org/10.1007/BF00319023>
- Johnson, R. A. 2000. Seed-harvester ants (Hymenoptera: Formicidae) of North America: an overview of ecology and biogeography. *Sociobiology*, 36(1): 89-122.
- Johnson, R. A. 2021. A taxonomic revision of South American species of the seed-harvester ant genus *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae): Part II. *Zootaxa*, 5033(1): 1-230. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5033.1.1>
- Kirkham, D. R. and H.G. Fisser. 1972. Rangeland relations and harvester ants in northcentral Wyoming. *Journal of Range Management*, 25(1): 55-60. <http://dx.doi.org/10.2307/3896667>
- Korth, W.W., Boyd, C.A., Person, J.J. and D.K. Anderson. 2022. Fossil mammals from ant mounds situated on exposures of the Big Cottonwood Creek Member of the Chadron Formation (latest Eocene-early Oligocene), Sioux County, Nebraska. *Paludicola*, 13(4): 191-344.
- Lavigne, R. J. 1969. Bionomics and nest structure of *Pogonomyrmex occidentalis* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 62(5): 1166-1175. <https://doi.org/10.1093/aesa/62.5.1166>
- Lugo-Hubp, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 9(1): 82-111.
- MacKay, W. P., MacKay, E.E., Perez Domínguez, J.F., Valdéz Sánchez L.I. y P. Vielma Orozco. 1985. Las hormigas del estado de Chihuahua México: el género *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 11(1): 39-54.
- MacMahon, J. A., Mull, J. F. and T. O. Crist. 2000. Harvester ants (*Pogonomyrmex spp.*): their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and*

- Systematics*, 31(1): 265-291.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.265>
- Martín-Perea, D., Fesharaki, O., Soledad Domingo, M., Gamboa, S. and M. Hernández Fernández. 2019. *Messor barbarus* ants as soil bioturbators: Implications for granulometry, mineralogical composition and fossil remains extraction in Somosaguas site (Madrid basin, Spain). *Catena*, (172): 664-677.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.018>
- Matthias, A. and K. Carpenter. 2004. Experimental fossil and glass bead collecting by the harvester ant. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, (2): 80-86.
<https://doi.org/10.1127/njgpm/2004/2004/80>
- Menta, C. and S. Remelli. 2020. Soil health and arthropods: From complex system to worthwhile investigation. *Insects*, 11(1): 1-21
<https://doi.org/10.3390/insects11010054>
- Montellano-Ballesteros, M. 2015. Síntesis sobre el registro fósil de los mamíferos mesozoicos mexicanos. *Boletín Geológico y Minero*, 126 (1): 1-14.
- Nicolai, N. 2019. Ecological engineers' nests benefit plant recovery following fire in a semiarid grassland, New Mexico, USA. *Journal of Vegetation Science*, 30(4): 709-719.
<https://doi.org/10.1111/jvs.12755>
- Pastrana, A. 1987. Datos geomorfológicos de la cuenca lacustre Zacoalco-Sayula, Jalisco. *Arqueología*, (1): 195-222.
- Porter, S. D. and C.D. Jorgensen. 1988. Longevity of harvester ant colonies in southern Idaho. *Journal of Range Management*, 41(2): 104-107.
- Quintana-Ascencio, P. F. y M. González-Espinoza. 1990. Variación estacional en la dieta de *Pogonomyrmex barbatus* (Hymenoptera: Formicidae) en nopaleras del centro de México. *Folia Entomológica Mexicana*, (80): 245-261.
- Rivas-Arancibia, S. P., Carrillo-Ruiz, H., Bonilla-Arce, A., Figueroa-Castro, D. M. and A.R. Andrés-Hernández. 2014. Effect of disturbance on the ant community in a semiarid region of central Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(3): 703-716.
- Rivas-Martínez S., Rivas-Sáenz S. and A. Penas-Merino. 2011. Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*, (1):1-634.
<http://dx.doi.org/10.5616/gg110001>
- Rogers, L. E. and R. J. Lavigne. 1974. Environmental effects of western harvester ants on the shortgrass plains ecosystem. *Environmental Entomology*, 3(6): 994-997.
<https://doi.org/10.1093/ee/3.6.994>
- Schoville, B. J., Burris, L. E. and L.C. Todd. 2009. Experimental artifact transport by harvester ants (*Pogonomyrmex* sp.): implications for patterns in the archaeological record. *Journal of Taphonomy*, 7(4): 285-303.
- SGM. 2000. Carta geológico-minera Guadalajara F13-12 Jalisco, Michoacán y Guanajuato. Escala 1:250,000. Servicio Geológico Mexicano. México.
- SGM. 2004. Carta de dominios litológicos Guadalajara F-13-12 Jalisco, Michoacán y Guanajuato. Escala 1:250,000, Servicio Geológico Mexicano. México.
- Shipman, P. and A. Walker. 1980. Bone-collecting by harvesting ants. *Paleobiology*, 6(4): 496-502.
<https://doi.org/10.1017/S0094837300003651>
- Smith, C. R. and W.R. Tschinkel. 2005. Object depots in the genus *Pogonomyrmex*: exploring the "who," what, when, and where. *Journal of Insect Behavior*, 18(6): 859-879.
<https://doi.org/10.1007/s10905-005-8745-1>
- Soulé P.T. and P. A. Knapp. 1996. *Pogonomyrmex owyheei* nest site density and size on a minimally impacted site in Central Oregon. *The Great Basin Naturalist*, 56(2):162-166.
- Tschinkel, W. R. 2004. The nest architecture of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *Journal of Insect Science*, 4(1):1-19.
<https://doi.org/10.1093/jis/4.1.21>
- Uhey, D. A. and R. W. Hofstetter. 2022. From pests to keystone species: Ecosystem Influences and Human Perceptions of Harvester Ants (*Pogonomyrmex*, *Vermessor*, and *Messor* spp.). *Annals of the Entomological Society of America*, 115(2): 127-140.
<https://doi.org/10.1093/aesa/saab046>
- Usnick, S. J. and R. H. Hart. 2002. Western harvester ants' foraging success and nest densities in relation to grazing intensity. *Great Plains Research*, 12(2): 261-273.
- Vásquez-Bolaños, M. 1997. *Pogonomyrmex barbatus* (Fr. Smith, 1858) "hormigas cosechadoras" Hymenoptera: Formicidae. *Dugesiana*, 4(1): 32-33.
<https://doi.org/10.32870/dugesiana.v4i2>
- Vásquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18(1): 95-133.
<https://doi.org/10.32870/dugesiana.v18i1>
- Vásquez-Bolaños, M. 2015. Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1): 1-53.
- Wagner, D., Brown M. J. F. and D. M. Gordon. 1997. Harvester ant nests, soil biota and soil chemistry. *Oecologia*, 112(2): 232-236.
<https://doi.org/10.1007/s004420050305>
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of geology*, 30(5): 377-392.
<https://doi.org/10.1086/622910>
- Wheeler, G. C., and J. Wheeler. 1983. The superstructures of ant nests (Hymenoptera: Formicidae). *Transactions of the American Entomological Society*, 109(2):159-177.
- Whitford, W. G. 1978. Structure and seasonal activity of Chihuahuan desert ant communities. *Insectes Sociaux*, 25(1): 79-88.
<https://doi.org/10.1007/BF02224487>

Recibido: 28 febrero 2023

Aceptado: 20 abril 2023

Cuadro 1. Medidas de los montículos de los nidos de *Pogonomyrmex barbatus*. Se incluyen los promedios y desviaciones estándar de once nidos activos.

I.D nido	Entradas	Tamaño de entrada	Circunferencia	Superficie	Altura	Volumen
		(mm)	(m)	(m²)	(cm)	(m³)
1	1	45	8.1	4.52	20	0.348
10	2	15.0, 20.0	7.4	3.80	4	0.058
11	3	22.5, 25, 15.0	9.05	5.31	6	0.130
12	1	22.5	7.5	3.98	20	0.298
13	1	50	5.49	2.35	37	0.296
14	2	50.0, 30.0	3.75	1.03	0	0.004
15	2	80.0, 30.0	3.7	0.79	0	0.004
16	1	15	2.59	0.35	0	0.002
17	1	60	7.7	3.92	10	0.157
19	1	30	5.1	1.71	3.5	0.024
20	1	50	5.75	2.34	11	0.096
Promedio (desviación estándar)	1.454(0.688)	33.83(20.91)	6.012(2.096)	2.737(1.662)	10.136(11.507)	0.129(0.130)

Cuadro 2. Montículos de *P. barbatus* con mayor porcentaje de material fósil en las muestras de los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2021 en Zacoalco Jalisco, México. Se muestran los valores generales de promedio (desviación estándar) correspondientes a 53 muestras.

I.D montículo	Fecha Colecta	Peso neto total	Peso rocas	Peso fósiles	Fósiles
		(g)	(g)	(g)	(%)
14	28-jun-10	866.3	657.4	208.9	24.11
21	02-nov-11	146.4	135.3	11.1	7.58
3	22-mar-12	633.5	537	96.5	15.23
2	28-ene-13	1812.5	1,602.10	210.4	11.61
12	13-may-21	750	600	150.00	20
Valores generales N=53		790 (535.93)	728(474.99)	64.07 (82.12)	6.79 (5.77)
Promedio(de)					

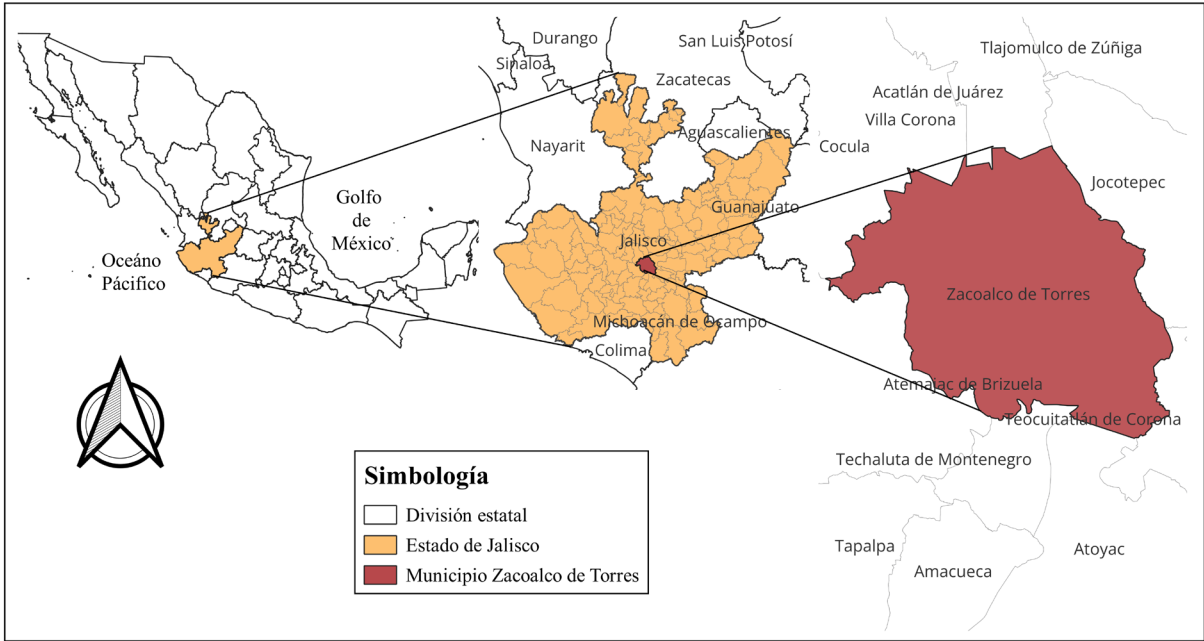


Figura 1. Mapa que muestra la zona de estudio en el municipio de Zacoalco de Torres (20°13'39.72" N -103°34'9.84" O).



Figura 2. Zona de estudio y colecta de 2011. Tomada por M. Mora-Núñez.



Figura 3. Técnica de colecta sobre el montículo *P. barbatus*. Tomada por J.A. Siordia-Saito.

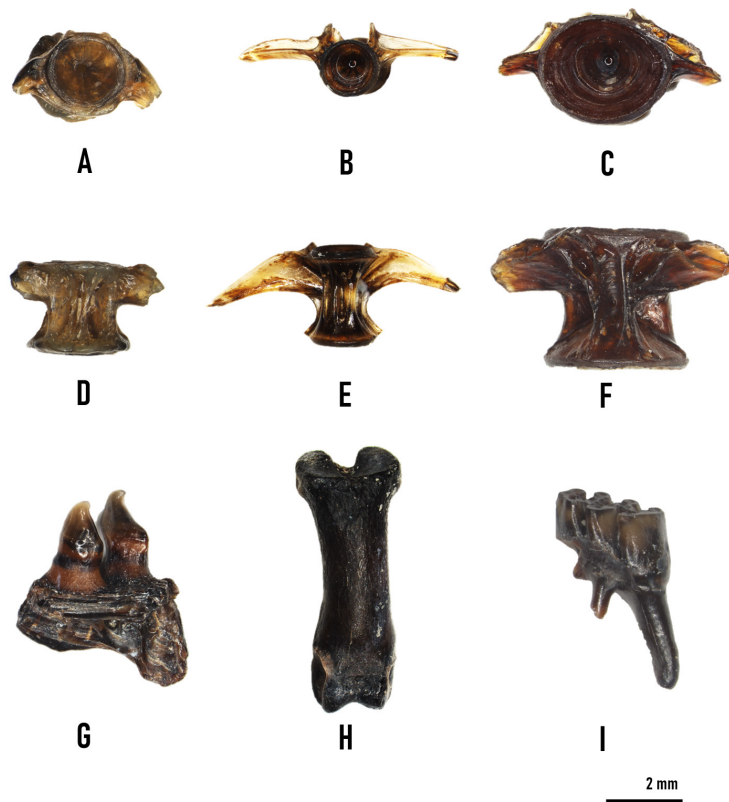


Figura 4. Ejemplos de fósiles encontrados en los montículos: (A-F) Vértebras de bagre (Siluriformes: Ictaluridae); (G) Dientes de bagre (Siluriformes: Ictaluridae); (H) Falange de ave (Passeriformes indet.); (I) Molar de roedor (Rodentia: Cricetidae). Tomadas por J.L. Navarrete-Heredia.