

ISSN 2007-9133

# DUGESIANA

Revista de Entomología



Julio 2017

Volumen 24

Número 2

DEPARTAMENTO  
DE BOTÁNICA Y  
ZOOLOGÍA

Disponible en línea  
<http://www.revistascientificas.udg.mx/index.php/DUG/index>

Dugesiana, Año 24, No. 2, julio 2017- diciembre 2017 (segundo semestre de 2017), 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://www.revistascientificas.udg.mx/index.php/DUG/index>, [glenusmx@gmail.com](mailto: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 2017, con un tiraje de un ejemplar.

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.

## Riqueza de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en suelos salinos sometidos a tratamiento de electroremediación

### Species richness of ants (Hymenoptera: Formicidae) in saline soils under electroremediation treatment

Gabriela Castaño-Meneses<sup>1,2</sup>, Daniela Pérez-Velázquez<sup>2,3</sup>, Abel Ibáñez<sup>1</sup>, Erika Bustos<sup>4</sup> & Alicia Callejas-Chavero<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Ecología de Artrópodos en Ambientes Extremos, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001, C.P. 76230, Querétaro, Querétaro, E-mail: gabycast99@hotmail.com; <sup>2</sup> Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad Universitaria, Coyoacán, C. P. 04510. México, D. F.; <sup>3</sup> Laboratorio de Ecología Vegetal, Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Casco de Santo Tomás, Miguel Hidalgo C. P. 11340, México, D. F.; <sup>4</sup> Subdirección de Biotecnología y Electroquímica Ambiental, Dirección de Tecnología y Ciencia, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Sanfandila, Pedro Escobedo, C.P. 76703, Querétaro, México.

#### RESUMEN

La salinidad en el suelo es uno de los principales factores que afecta su fertilidad, así como la abundancia y riqueza de organismos que ahí se encuentran, entre ellos las hormigas. En este trabajo se analizó la comunidad de hormigas presente en suelos del antiguo Lago de Texcoco antes y después de la aplicación de un tratamiento de electroremediación química (TER), para rehabilitar los suelos en tres áreas con distinto grado de salinidad. En total se registraron siete especies de hormigas en el estudio. Las especies *Pogonomyrmex barbatus*, *Solenopsis aurea* y *Tapinoma sessile* mostraron tolerancia a las condiciones de salinidad, así como al TER, ya que antes y después de su aplicación permanecieron en el área, mientras que *Hyponopnera punctatissima* y dos especies del género *Pheidole* resultaron ser más sensibles a la salinidad, y sólo se registraron después del TER. Finalmente, el TER mostró un efecto positivo en la comunidad de hormigas, sugiriendo que puede ser un buen método, ya que promueve la reincorporación de fauna edáfica con la que se acelera la recuperación y fertilidad de los suelos con altas concentraciones de sales.

**Palabras clave:** conductividad, suelos, TER, *Pogonomyrmex*, *Hypoponera*.

#### ABSTRACT

Soil salinity is one of the main problems related to soil fertility and abundance and species richness of soil fauna, including ants. The aim of this work was to analyze the ant community of former Texcoco's Lake soils before and after an electroremediation treatment (ERT) was applied, in order to extract salts from the soil of three areas with different salinity. A total of seven species of ants were recorded in the study, the species *Pogonomyrmex barbatus*, *Solenopsis aurea* and *Tapinoma sessile* show tolerance both to the conditions of the environment as well as to the ERT, due they were found before and after in the area. *H. punctatissima* and two species belong to *Pheidole* genus were more sensitive to salinity and were recorded after ERT. Finally, ERT shows positive effects in the ant community, and can be a good option to reincorporation of edaphic fauna, which would increase the recovery and fertility of soils with high salts concentrations.

**Key words:** conductivity, soils, ERT, *Pogonomyrmex*, *Hypoponera*.

La salinidad de los suelos es uno de los principales factores que afecta la productividad en diversos lugares del mundo, ya que limitan el desarrollo de la vegetación e incluso la disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que resulta más evidente en zonas áridas y semiáridas (Rengasamy 2006). Muchos organismos del suelo también se ven afectados por la salinidad, reduciendo en muchas ocasiones su sobrevivencia, como es el caso de la masa

microbiana y anélidos, tanto enquitreidos como oligoquetos (Yuan *et al.* 2007, Owojori *et al.* 2009a), no obstante hay especies que han desarrollado estrategias para soportar tales condiciones y poder ocupar estos ambientes, pese a las limitaciones ecológicas que ofrece (Owojori *et al.* 2009b, Foucreau *et al.* 2012, Silva *et al.* 2013). Las hormigas son uno de los grupos de insectos que puede establecer sus nidos en este tipo de suelos, explotando los recursos

que logran encontrar en estos ambientes (Heatwole 1996, Barech *et al.* 2016).

El antiguo Lago de Texcoco es considerado una de las superficies más afectadas por la salinidad en México (Krasilnikov *et al.* 2013), debido a que los suelos ahí formados, después de desecarse y quedar el lecho completamente expuesto, contienen grandes cantidades de Sodio y sales solubles, principalmente Carbonatos y Bicarbonato de Sodio. La alcalinidad se ha favorecido por el origen volcánico de las rocas del entorno cercano, presentando registro de valores de salinidad por arriba de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  (Gutiérrez-Castorena y Ortiz-Solorio 1999). Desde 1971 el área se ha sometido a distintos procesos de rehabilitación, principalmente química, así como al lavado de los suelos, lo que permitió establecer, con programas de reforestación, una cubierta vegetal tolerante a la salinidad en algunos sitios (Alcocer y Williams 1996). No obstante estas técnicas pueden producir la pérdida de nutrientes por el exceso de lavado, o bien el movimiento de sales fósiles de los horizontes profundos del suelo por la calidad del agua utilizada (Ortega y Orellana 2007), además de que resultan poco prácticas en áreas con baja disponibilidad de agua.

Existen diferentes tratamientos de suelo, como los biológicos, térmicos y fisicoquímicos, entre estos últimos se encuentra el tratamiento de electrorremediación (TER, Bustos 2013). Las técnicas de electrorremediación están basadas en la aplicación de un campo eléctrico en los suelos afectados por algún contaminante, de tal manera que se remueven los elementos debido a sus cargas eléctricas y polaridad. Esta técnica fue utilizada originalmente para la remoción de metales (Probstein y Hicks 1993), pero ha tenido resultados favorables también con remoción de hidrocarburos, sales y otros compuestos, e incluso ha sido combinada con otras técnicas como la fitorremediación (Page y Page 2002).

Un diseño novedoso en el arreglo de los electrodos desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Querétaro (CIDETEQ), México, fue aplicado en el ex Lago de Texcoco, mostrando resultados favorables (remoción de entre un 33 y un 18% de Sodio en los suelos; Cruz 2013), lo que indica que esta puede ser una herramienta útil para la rehabilitación de la zona. Sin embargo, no se tiene información sobre el efecto que la aplicación del campo eléctrico tiene sobre la fauna del suelo y sus procesos biológicos, se ha documentado que en algunos casos la exposición a un campo eléctrico puede ser letal, dependiendo del tiempo de exposición y el voltaje, o puede influir en las actividades fisiológicas (cardiaca y nerviosa, principalmente) y etológicas de los organismos (Marino y Becker 1977), por lo que la aplicación de este tratamiento podría resultar nocivo para algunos organismos en caso de que sean muy sensibles al campo eléctrico.

Las hormigas son uno de los grupos ecológicamente más exitosos en casi todos los ambientes terrestres (Wilson 1987), incluyendo suelos con altos contenidos de sales,

que en general representan un ambiente con restricciones para los organismos edáficos. Si bien se ha observado que la densidad y riqueza de hormigas disminuye con el aumento de la salinidad, es uno de los grupos dominantes de invertebrados en tales condiciones (Khobrakova *et al.* 2015, Pan *et al.* 2015), con especies que son capaces de mantenerse e incluso colonizar estos ambientes.

Si las concentraciones de salinidad en el suelo afectan el establecimiento de las hormigas se espera encontrar una mayor riqueza en el área con menor salinidad en comparación con el sitio de mayor salinidad. Así mismo, si las concentraciones de sal en el suelo disminuyen después de aplicado el tratamiento TER y se presentan condiciones favorables para el establecimiento de las hormigas, se espera la permanencia y/o llegada de otras especies después de aplicado el tratamiento de electrorremediación.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la aplicación del TER en tres áreas con diferentes niveles de salinidad y vegetación en el antiguo Lago de Texcoco, sobre la riqueza, composición, distribución espacial y temporal de hormigas en estas áreas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el área del antiguo Lago de Texcoco, existen tres áreas bien delimitadas, de acuerdo al grado de salinidad de los suelos, así como de la cubierta vegetal que presentan debido a los programas de reforestación que se han llevado a cabo en el área. Las zonas han sido denominadas como: El Caracol, área con la mayor concentración de sales y ninguna cubierta vegetal; Zona Intermedia, con salinidad intermedia y una cubierta vegetal representada principalmente por pastos, y finalmente, la Zona Reforestada, que presenta los valores más bajos en salinidad y se ha establecido una cubierta vegetal mediante reforestación, dominada por plantas herbáceas y algunas especies arbóreas (Cuadro 1). Los sitios de trabajo se determinaron sobre un transecto de 9.8 km de longitud, al final del cual se ubica El Caracol, a 2.5 km de este sitio se ubica la Zona Intermedia, mientras que la zona Reforestada está a 6.6 km de la anterior. En cada sitio se delimitó, al azar, una parcela de  $15 \times 5 \text{ m}$ , donde fue aplicado el TER que consistió en el montaje de siete electrodos, un cátodo y seis ánodos (de aproximadamente 60 cm de largo), los cuales fueron enterrados formando un hexágono con el cátodo al centro, rodeado por una pequeña fosa, que siempre se mantuvo con agua y una solución de Sulfato de Calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), durante la aplicación de la corriente eléctrica. El área de influencia por el campo eléctrico fue de aproximadamente  $6.25 \text{ m}^2$ , por los que se hizo pasar un potencial de entre 3.5 a 10 voltios y una corriente de 3 amperios durante tres horas, dependiendo de las características químicas del suelo. Para la colecta de hormigas, antes de aplicar el tratamiento, en cada sitio se tomaron 10 muestras de suelo de  $156 \text{ cm}^2$ , con ayuda de una pala de jardinería y un recipiente plástico de  $15 \times 11$ , a una profundidad máxima de 10 cm, que es donde se concentra la mayor cantidad de mesofauna edáfica. Las

muestras fueron tomadas de forma aleatoria dentro de la parcela. Pasadas 24 horas de la aplicación, se colectaron cinco muestras más por cada sitio de trabajo dentro del área de influencia del tratamiento, siguiendo el arreglo de los electrodos y a una distancia de 30 cm de los mismos. Se consideró un periodo de 24 horas para permitir las migraciones verticales que normalmente se presentan en la fauna de suelo; así mismo, un mes después de aplicado el tratamiento, se volvió a recolectar en los mismos sitios, tomando nuevamente 10 muestras por sitio. Estos tiempos fueron establecidos de acuerdo con la actividad que tiene la fauna de suelo, considerando que las hormigas podrían ampliar sus áreas de forrajeo en este período si las condiciones y los recursos disponibles resultaran más favorables. Los muestreos se realizaron en la época de lluvias (en Septiembre los muestreos de antes y 24 horas después del tratamiento, y Octubre 2013, el correspondiente a un mes después del tratamiento), y de sequía (Mayo, antes y 24 horas después; y Junio 2014, un mes después). Cabe mencionar que en el Caracol no se pudieron obtener muestras del mes de Octubre por problemas de inundación en la zona de trabajo. Dado que durante la época de sequía no se registraron tampoco hormigas en esta área, pero sí otros organismos de la fauna de suelo, se considera que las inundaciones no fueron un factor que limitara la presencia de hormigas en la zona, y que es más probable que la salinidad si lo sea. Las muestras de suelo fueron procesadas en embudos de Berlese-Tullgren durante 6 días, las hormigas obtenidas fueron separadas e identificadas en el Laboratorio de Artrópodos en Ambientes Extremos. Para la identificación se utilizaron las claves de Bolton (1994) para nivel genérico, y para especies, Taber (1998), Pacheco y MacKay (2013) y las claves disponibles en MacKay y MacKay (2003). Se realizó una prueba de t para comparar los valores de la conductividad registrada antes y después del tratamiento para las dos temporadas en cada uno de los sitios, los cálculos se hicieron en el programa Statistica ver. 7 (StatSoft, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del TER, se registraron valores de conductividad ligeramente más altos en todos los casos, excepto para la zona Intermedia en la temporada de lluvias y para la zona Reforestada en la sequía, sin embargo, sólo se encontraron diferencias significativas en la zona Intermedia para la temporada de sequía (Cuadro 2). No obstante, el aumento en la conductividad indica un efecto positivo del TER sobre los suelos, pues permite haya mayor disponibilidad de algunas sales, como cloruro de sodio (NaCl), carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>), y una mayor la conductividad, estas sales pueden ser utilizadas por la flora tolerante o bien lavadas de manera más eficiente al aumentar la humedad en el suelo (Pérez-Corona *et al.* 2013, Cuevas *et al.* 2016). Se registraron en total siete especies de hormigas para el área de estudio, mostrando diferencias en la composición de especies de acuerdo a la

zona y a la etapa del tratamiento (Cuadro 2). Antes de la aplicación del tratamiento, durante la temporada de lluvias, se registró la presencia de *Solenopsis aurea* Wheeler en la zona Intermedia, así como la de *Hypoponera punctatissima* (Roger) y *Tapinoma sessile* (Say) en el área Reforestada, mientras que *Pogonomyrmex barbatus* (Smith) se presentó en las dos zonas (Intermedia y Reforestada). En El Caracol, no se registró la presencia de hormigas. Después de 24 h de aplicado el tratamiento, sólo *S. aurea*, *P. barbatus* y *T. sessile* permanecieron en las mismas áreas. Un mes después del tratamiento, nuevamente se registró a *H. punctatissima*, pero sólo en la zona Intermedia, junto con *T. sessile*. La presencia de *Pheidole* sp. 1 y *S. aurea* se detectó en el área Reforestada, y nuevamente *P. barbatus* estuvo presente en las dos áreas (Intermedia y Reforestada).

Para la época de sequía, se registró a *P. barbatus*, *S. aurea*, *T. sessile* y una reina de *Pheidole* sp. 2 en la zona Intermedia, e igualmente se registraron las mismas especies en el área Reforestada, incluyendo también reinas de *T. sessile* y *Pheidole* sp. 2. Después de 24 h de la aplicación del TER, en ambas zonas sólo se encontró a *S. aurea*, con la presencia de reinas en la zona Intermedia, así como a *P. barbatus*. Nuevamente, no se registraron hormigas en El Caracol en estos muestreos. Pasado un mes del tratamiento, en la zona Intermedia se registró a *H. punctatissima*, *P. barbatus* y *T. sessile*, especies que se también registraron en la zona Reforestada, además de *S. aurea*. Durante este muestreo, se registró una morfoespecie del género *Temnothorax* en la zona de El Caracol.

La mayoría de las especies encontradas (*H. punctatissima*, *S. aurea* y *T. sessile*), son consideradas como especies vagabundas (“tramp species”), ya que han sido dispersadas ampliamente debido al comercio y transporte humano, estableciéndose exitosamente en nuevos ambientes y muchas veces desplazando a las especies nativas porque son altamente agresivas y competitivas, así como tolerantes a temperaturas altas y condiciones extremas (Hölldobler y Wilson 1990, Wetterer 2007, 2009, 2011). Por ejemplo *H. punctatissima* se describió originalmente de Europa (Roger 1959), donde tiene una amplia distribución, pero se considera que llegó a este continente hace más de 1,000 años, a través del comercio, procedente de África o el centro de Asia, y ha continuado invadiendo nuevos territorios, incluidos Sudamérica y Oceanía (Delabie y Blard 2002, Harris 2003). Nuestros resultados sugieren que *H. punctatissima* es, al parecer, más sensible a la salinidad, pero la electrorremediación aparentemente mejora las condiciones del área, permitiendo la presencia de esta especie en la zona Intermedia después del tratamiento, así como la colonización de las especies de *Pheidole*, uno de los géneros de hormigas más diverso (Wilson 2003), cabe mencionar que el ejemplar que se encontró de *Pheidole* sp. 1 era una reina, mientras que de los cuatro ejemplares que se encontraron de *Pheidole* sp. 2, dos eran reinas. En cuanto a *S. aurea* y *T. sessile*, también son consideradas como especies antropofílicas, y se ha encontrado que en áreas

urbanas y semiurbanas, *T. sessile* aumenta sus poblaciones en las cercanías de las construcciones humanas, al explotar los recursos de espacio y alimento encontrados en estos ambientes (Toennisson *et al.* 2011).

Además de estas dos especies, *P. barbatus* mostró la mayor tolerancia a las condiciones de salinidad, así como al efecto que pudiera haber tenido el campo eléctrico generado por el TER, ya que estuvo presente en las zonas Intermedia y Reforestada durante todo el estudio, y además fueron observadas varias colonias dentro de las mismas zonas. *Pogonomyrmex* es un género muy común en zonas áridas y semiáridas, y se ha encontrado que la actividad de sus especies, produce alteraciones en las propiedades físicas y químicas del suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas, además, los montículos de sus colonias ayudan el establecimiento de la vegetación (Mandel y Sorenson 1982).

De acuerdo con los resultados, el TER mejora las condiciones del suelo, ya promueve que haya una mayor disponibilidad de sales y permite que éstas sean removidas (Pérez-Corona *et al.* 2013, Cuevas *et al.* 2016), y no tiene un efecto negativo sobre las comunidades de hormigas a mediano plazo, ya que un mes después del tratamiento, se registraron especies que no habían sido detectadas antes del tratamiento, como fueron *Temnothorax* sp. en El Caracol, y *Pheidole* sp. 1 en la zona Reforestada. La presencia de otras especies de hormigas (i.e. incremento en la riqueza y cambio en la composición de hormigas) posterior al TER, se sugiere que este procedimiento de recuperación de los suelos cambia las condiciones edáficas, propiciando el establecimiento de estos insectos, los cuales, a través de sus labores ecológicas, pueden mejorar la aireación, recirculación de nutrientes y otros procesos que facilitan el establecimiento y sucesión de especies vegetales (Wolff y Debussche 1999, Vlasáková *et al.* 2009). La presencia de las hormigas en los suelos estudiados, resulta de gran relevancia, ya que se ha encontrado que la actividad de bioturbación y forrajeo de hormigas, pueden ayudar a reducir el sodio en suelos que presentan este problema (Nkem *et al.* 2000), por lo que, combinado con el TER, puede ser un elemento importante para lograr una recuperación exitosa en estos suelos. Por otro lado, es reconocida la importancia de las hormigas como bioindicadores de ambientes rehabilitados, como se ha visto en zonas de minas y fundidoras (Majer 1983, Andersen *et al.* 2002). Las hormigas también podrían resultar un buen indicador de la recuperación de los suelos salinos en Texcoco.

En conclusión, el TER mostró un efecto positivo sobre la comunidad de hormigas, por lo que se sugiere que es un buen método para la reincorporación de fauna edáfica, lo cual permitiría acelerar la recuperación y fertilidad de suelos con altas concentraciones de sal.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional del Agua en México (CONAGUA) y al Programa Lago de Texcoco, las

facilidades otorgadas para el acceso al ex Lago de Texcoco. El Mtro. Jesús Cárdenas y el Ing. Roberto Frausto, del CIDETEQ, apoyaron en las actividades realizadas para la aplicación del TER en el área de estudio. Los M. en C. Carmen Maldonado Vargas y Elihú Catalán Alfaro, amablemente colaboraron en el trabajo de campo. El Dr. Miguel Vásquez Bolaños (Universidad de Guadalajara) y tres revisores anónimos, aportaron valiosas sugerencias para mejorar el escrito.

#### LITERATURA CITADA

- Alcocer, J. and W.D. Williams. 1996. Historical and recent changes in Lake Texcoco, a saline lake in Mexico. *International Journal of Salt Lake Research*, 5 (1): 45-61.
- Andersen, A.N., B.D. Hoffmann, W.J. Müller and A.D. Griffiths. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, 39 (1): 8-17.
- Barech, G., M. Khaldi, S. Ziane, A. Zedam, S. Doumandji, M. Sharaf and X. Edpadaler. 2016. A first checklist and diversity of ants (Hymenoptera:Formicidae) on the saline dry lake Chott El Hodna in Algeria, a Ramsar Conservation Wetland. *African Entomology*, 24 (1): 143-152.
- Bolton, B. 1994. *Identification guide to the ant genera of the World*. Harvard University Press.
- Bustos E. 2013. Remediación electro-cinética de suelos contaminados con hidrocarburo. Remediación de Suelos y Acuíferos Contaminados en México: Bases Teóricas y Experiencias Reales.
- Cuevas, O., R.A. Herrada, J.L. Corona, M.G. Olvera, S. Sepúlveda-Guzmán, I. Sirés and E. Bustos. 2016. Assessment of IrO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>|Ti electrodes for the electrokinetic treatment of hydrocarbon-contaminated soil using different electrode arrays. *Electrochimica Acta*, 208: 282-287.
- Cruz, Y.G. 2013. Tratamiento electro-cinético para la recuperación de suelo salino a suelo agrícola desarrollado en el CIDETEQ. Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Tesis Técnico Superior Universitario, Querétaro, México.
- Delabie, J.H.C. and F. Blard. 2002. The tramp ant *Hypoponera punctatissima* (Roger) (Hymenoptera: Ponerinae): new records from the Southern hemisphere. *Neotropical Entomology*, 31 (1): 149-151.
- Foucreau, N., D. Renault, K. Hidalgo, R. Lugan and J. Pétilion. 2012. Effects of diet and salinity on the survival, egg laying and metabolic fingerprints of the ground-dwelling spider *Arctosa fulvolineata* (Aranea, Lycosidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A 163 (3-4): 388-395.
- Gutiérrez-Castorena, Ma. del C. y C.A. Ortiz-Solorio. 1999. Origen y evolución de los suelos del ex-lago de Texcoco, México. *Agrociencia*, 33 (2): 199-208.

- Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electrónica* 4: 9. Disponible en: [http://paleo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Harris, A.C. 2003. A first record of *Hypoponera punctatissima* (Roger) (Formicidae: Ponerinae) established in Dunedin, New Zealand. *Weta*, 26 (1): 7-11.
- Heatwole, H. 1996. Ant assemblages at their dry limits: the northern Atacama Desert, Peru, and the Chott El Djerid, Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 33 (4): 449-456.
- Hölldobler, B. and E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. Belknap, Harvard University Press.
- Khobrakova, L.T., I.N. Lavrentieva, S.N. Danilov, L.L. Ubugunov, V.I. Ubugunova and S.V. Zaisteseva. 2015. Invertebrates of the Cheegrass teppe in solonchic soils of Transbaikalia: spatial and time structure. *Contemporary Problems of Ecology*, 8 (1): 72-82.
- Krasilnikov, P., M del C. Gutiérrez-Castorena, R.J. Ahrens, C.O. Cruz-Gaistardo, S.N. Sedov and E. Solleiro-Rebolledo. 2013. *The Soils of Mexico*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- MacKay, W. and E. MacKay. 2003. The ants of North America. Disponible en: <http://utep.edu/leb/antgenera.htm>. Fecha de consulta: 15 de Agosto de 2016.
- Majer, J.D. 1983. Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management*, 7 (4): 375-383.
- Mandel, R.D. and C.J. Sorenson. 1982. The role of the western harvester ant (*Pogonomyrmex occidentalis*) in soil formation. *Soil Science Society of American Journal*, 46 (4): 785-788.
- Marino, A.A. and R.O. Becker. 1977. Biological effects of extremely low frequency electric and magnetic fields: a review. *Physiological Chemistry and Physics*, 9 (2): 131-147.
- Nkem, J.N., L.A. Lobry de Bruyn, C.D. Grant and N.R. Hulugalle. 2000. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. *Pedobiologia*, 44 (5): 609-621.
- Ortega, F. y R. Orellana. 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. I. Aguas salinas o alcalinas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 (1): 41-44.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke and A.B. Rozanov. 2009a. The combined stress effects of salinity and copper on the earthworm *Eisenia fetida*. *Applied Soil Ecology*, 41 (3): 277-285.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke, P. Voua-Otomo and S.A. Rinecke. 2009b. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporretodea caliginosa*). *Pedobiologia*, 52 (6): 351-360.
- Pacheco, J.A. and W.P. MacKay. 2013. The systematics and biology of the New World thief ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae). Edwin Mellen Press.
- Page, M.M. and C.L. Page. 2002. Electroremediation of contaminated soils. *Journal of Environmental Engineering*, 128 (3): 208-219.
- Pan, C., H. Zhao, Q. Feng, J. Liu, L. Liu, Y. Cai, C. Liu and J. Li. 2015. Temporal variations of ground-dwelling arthropods in relation to grassland salinization. *European Journal of Soil Biology*, 68: 25-32.
- Pérez-Corona, M., E.D. Beltrán, S. Catro, J.L. Corona, J. Cárdenas and E. Bustos. 2013. Electroremediation of hydrocarbon-contaminated Vertisol type soil employing different electrode configurations. *Sustainable Environment Research*, 23 (4): 285-288.
- Probstein, R.F. and R.E. Hicks. 1993. Removal of contaminants from soils by electric fields. *Science*, 260 (5107): 498-503.
- Rengasamy, R. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57 (5): 1017-1023.
- Roger, J. 1859. Beiträge zur Kenntnis der Ameisenfauna der Mittelemeerlande. I. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 3: 225-259.
- Silva, A.L.P., M. Holmstrup, V. Kostal and M.J.B. Amorim. 2013. Soil salinity increases survival of freezing in the enchytraeid *Enchytraeus albidus*. *Journal of Experimental Biology*, 216 (14): 2732-2740.
- StatSoft Inc. 1995. Statistical user guide. Complete Statistical System Statsoft, Oklahoma.
- Taber, S.W. 1998. *The world of haverstern ants*. Texas A&M University Press.
- Toennisson, T.A., N.J. Sanders, W.E. Klingeman and K.M. Vail. 2011. Influences of the structure of suburban ants (Hymenoptera: Formicidae) communities and the abundance of *Tapinoma sessile*. *Environmental Entomology*, 40 (6): 1397-1404.
- Vlasáková, B., J. Raabová, T. Kyncl, P. Dostál, M. Kovářová, P. Kovář and T. Herben. 2009. Ants accelerate succession from mountain grassland towards spruce forest. *Journal of Vegetation Science*, 20 (4): 577-587.
- Wetterer, J.K. 2007. Biology and impacts of Pacific islands invasive species. 3. The African big-headed ant, *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae). *Pacific Science*, 61 (4): 437-456.
- Wetterer, J.K. 2009. Worldwide spread of the ghost ant, *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12: 23-33.
- Wetterer, J.K. 2011. Worldwide spread of the tropical fire ant, *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 14: 21-35.
- Wilson, E.O. 1987. Causes of ecological success: the case of the ants. *Journal of Animal Ecology*, 56 (1): 1-9.

Wilson, E.O. 2003. *Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus*. Harvard University Press.

Wolff, A. and M. Debussche. 1999. Ants as seed disperser in a Mediterranean old-field succession. *Oikos*, 84 (3): 443-452.

Yuan, B., Z. Li, H. Liu, M. Gao and Y. Zhang. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology*, 35 (2): 319-332.

Recibido: 27 de enero 2017

Aceptado: 24 de marzo 2017

Cuadro 1. Localización y características de los tres sitios de muestreo en el antiguo Lago de Texcoco, Estado de México.

Sitio	Coordenadas	Altitud (m s.n.m.)	Conductividad (dSm <sup>-1</sup> )	Vegetación
Caracol (CA)	19° 33' 42"N; 98° 59' 44"O	2237	1288	Ninguna
Zona Intermedia (ZI)	19° 32' 53"N; 98° 59' 37"O	2242	806.4	Pasto salado ( <i>Distichlis spicata</i> ) y algunas hierbas anuales.
Zona Reforestada (ZR)	19° 28' 46"N; 98° 59' 41"O	2234	14.72	Pasto salado, los arbustos <i>Tamarix plumosa</i> , <i>Tamarix parviflora</i> y <i>Casuarina</i> sp. Plantas anuales y algunas perenes.

Cuadro 2. Valores de conductividad eléctrica (media± desviación estándar) en mS/m, y resultado de la prueba de t para la comparación de los valores medios en suelo antes (AT) y después (DT) del tratamiento de electrorremediación (TER) en tres sitios del antiguo Lago de Texcoco, México. N = 5.

	Lluvias			Sequía		
	AT	MD	p	AT	MD	p
Caracol	2508±1125.4	2613±1252.01	0.8	680.53±520.1	928.2±385.4	0.4
Intermedia	64.4±8.9	61.07±8.6	0.3	127.1±10.2	209±42.1	0.003
Reforestada	62,3±23.1	79.3±14.1	0.1	112.4±36	107.6±32.2	0.8

Cuadro 3. Hormigas colectadas durante el proceso de electrorremediación en tres sitios del antiguo Lago de Texcoco, Estado de México, sometidos. R = zona reforestada, I = zona intermedia, C = el caracol, AT = Antes del tratamiento, 24 = 24 h después de la aplicación, MD = Un mes de la aplicación

Especie/Sitio/Etapa	Lluvias									Sequía								
	R			I			C			R			I			C		
	AT	24	MD	AT	24	MD	AT	24	MD	AT	24	MD	AT	24	MD	AT	24	MD
<i>Hypoponera punctatissima</i> (Roger)	X					X						X			X			
<i>Pheidole</i> sp. 1			X															
<i>Pheidole</i> sp. 2										X			X					
<i>Pogonomyrmex barbatus</i> (Smith)	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X			
<i>Solenopsis aurea</i> Wheeler		X	X	X	X					X	X	X	X	X				
<i>Tapinoma sessile</i> (Say)	X	X			X	X				X		X	X		X			
<i>Temnothorax</i> sp.																		X