

Patrones biogeográficos de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la península de Baja California y Sonora, México, mediante el uso de PAE

Biogeographical patterns of ants (Hymenoptera: Formicidae) from Baja California Peninsula and Sonora, México, using PAE

Fernando Varela-Hernández¹ y Robert Jones²

^{1,2}Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Zoología. Avenida de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, México C. P.76230. ¹ferdher@yahoo.com.mx ²rjones@uaq.mx

RESUMEN

Se presentan los patrones biogeográficos de las hormigas que habitan la península de Baja California y Sonora obtenidos mediante un análisis de parsimonia de endemismos. Se elaboró un mapa de distribución geográfica de las hormigas y se generó una matriz de datos de presencia/ausencia. Se obtuvieron dos clados que representan a la península y al continente. Se reconocieron dos áreas de endemismo, una para el continente y otra para la península, además de otras dos áreas menos inclusivas dentro de la península. Se espera que con la generación de inventarios más completos se puedan reconocer patrones de endemismo a menores escalas y generen conocimiento básico para el estudio de las hormigas y robustecer las hipótesis biogeográficas de dichos organismos.

Palabras clave: Baja California, biogeografía, endemismo, hormigas, Sonora.

ABSTRACT

Biogeographical patterns obtained from a parsimony analysis of endemism of the ants of the Baja California Peninsula and Sonora, are presented. A geographical distribution map was done and an absence/presence data matrix of the ants was generated. Two areas of endemism were obtained, one representing the peninsula and the other the continent, as well as two less inclusive endemism areas were recognized for the peninsula. It is expected that by improving the knowledge of the ants inhabiting such areas it will be possible to generate more robust biogeographical hypotheses for these organisms.

Key words: Ants, Baja California, biogeography, endemism, Sonora.

INTRODUCCIÓN

Para la evaluación y propuesta de áreas de conservación, no solamente se requiere del conocimiento de las que poseen el mayor número de especies, si no de aquellas que al ser evaluadas a través de un método comparativo permitan el desarrollo de estrategias viables para la conservación, uso y aprovechamiento de sus recursos (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999). El análisis de parsimonia de endemismo (PAE, por sus siglas en inglés) es un método comparativo que permite reconocer las unidades básicas en estudios de biogeografía evolutiva (Morrone, 1995; Morrone, 2007). Estas unidades básicas son las que en última instancia pueden ser usadas en la propuesta de dichas áreas de conservación entre otras aportaciones (Lohengrin, *et al.*, 2001)

Estudios con diferentes organismos usando PAE (e. g. Escalante, *et al.*, 2005; Márquez y Asiain, 2006), han demostrado su utilidad en la evaluación de hipótesis generales en la biogeografía. Estos estudios incluyen diferentes niveles de aproximación que van desde el análisis de diferentes provincias (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2003; Carrillo-Ruiz and Morón, 2003), hasta áreas locales de una sola provincia (Blancas-Calva, *et al.*, 2010).

Debido a sus adaptaciones evolutivas e interacciones ecológicas con otros organismos (Blüthgen and Fiedler, 2004; Palmer and Brody, 2007; Nielsen *et al.*, 2010), las hormigas forman uno de los seis grupos de insectos clave *sensu* Wilson and Hölldobler (2005), dominando la mayoría de los

ecosistemas terrestres. Según Bolton (2013), (catálogo en línea <http://antcat.org>), existen 12,903 especies de hormigas en el mundo, aunque se estima que pueden existir más de 20,000 especies (Hölldobler y Wilson, 1990). Esta gran diversidad hace de las hormigas un buen grupo de estudio en los análisis de distribución geográfica (Fisher and Girman, 2000).

Desde el punto de vista de la biogeografía, existen pocos estudios para México hechos con hormigas (e.g. Johnson y Ward, 2002) y ninguno ha utilizado PAE para proponer áreas de endemismo. A nivel mundial también son pocos los trabajos con hormigas usando PAE (e. g. Fisher and Girman, 2000). Este estudio pretende extender un estudio preliminar (Varela-Hernández, 2013) y proponer una hipótesis general de las relaciones de áreas como resultado de PAE usando los datos de distribución geográfica de las especies de hormigas registradas para la península de Baja California y Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información de la distribución geográfica de las hormigas de la península de Baja California y Sonora se obtuvo de la base de datos generada por los Dres. Philip S. Ward y Robert A. Johnson (comunicación personal). La base de datos contiene la información básica de colecta: país, estado, municipio, localidad, fecha, colector, nombre de la especie, y coordenadas geográficas. Se revisó el estatus taxonómico de cada una de las especies listadas en dicha base y se actualizaron los cambios basándose en Bolton *et al.* (2006), Vásquez-Bolaños

(2011) y Bolton (2013) (catálogo en línea <http://antcat.org>). Después de la actualización de la nomenclatura taxonómica, se procedió a eliminar los duplicados de cada especie para evitar redundancias en la base de datos. Posteriormente, se generaron mapas de distribución usando ArcGis V. 9.3 (ESRI, 2008).

Para el PAE se superpuso una gradilla de 2 x 2 grados al mapa de distribución para generar una matriz (r x c) de presencia/ausencia, donde las filas (r) representan las áreas y las columnas (c) representan las especies. Con el mapa y la ayuda de ArcMap se eligieron las especies que se incluirían en la matriz de datos. Así, se excluyeron del análisis las especies que presentaban uno o más registros pero con las mismas coordenadas (carácter no informativo). En el Apéndice 1 se presenta la lista de especies que se incluyeron.

La matriz se codificó con "1" si la especie está presente y un "0" si no lo está. Con el objetivo de enraizar el cladograma, se añadió un grupo externo codificado con "0" (Morrone, 1994; Espinosa *et al.*, 2002) (Apéndice 2). Finalmente, la matriz de datos se importó al programa Winclada V. 1.0000 (Nixon, 2002) y se analizó usando NONA (Goloboff, 1999) bajo el método heurístico y utilizando la estrategia de búsqueda múltiple por TBR (Tree Bisection and Reconnection).

RESULTADOS

Se obtuvo un mapa de distribución de las hormigas presentes en la península de Baja California y Sonora. (Fig. 1).

Del mapa se obtuvo una matriz de datos (r x c) de presencia/ausencia de especies en cada cuadrante de la gradilla. Se reconocieron 16 cuadrantes informativos denominados A2, B2, C2, D2, E2, A3, B3, C3, D3, E3, B4, C4, D4, C5, D5 y D6. Se incluyeron 111 especies pertenecientes a 24 géneros y 7 subfamilias. De la matriz de datos se obtuvieron 4 cladogramas igualmente parsimoniosos de los que se generó un cladograma de consenso estricto (Fig. 2).

El cladograma muestra una rama separada (C2) como grupo hermano de otros dos grandes grupos. Por otro lado, se reconocen al menos 4 áreas de endemismo a diferentes niveles. En el primer nivel y más inclusivo, dos grandes áreas endémicas, una continental (Sonora) y la otra peninsular, representadas por dos grandes clados. El grupo continental está compuesto básicamente por los cuadrantes que se encuentran en Sonora, sin embargo, el único clado es el representado por los cuadrantes D3, E3, E2 y E3, respaldados por las sinapomorfias 36 (*Formica foreliana*) y 91 (*Pogonomyrmex barbatus*), dejando fuera al cuadrante D4. Los caracteres 80 (*Pheidole portalensis*) y 110 (*Trachymyrmex arizonensis*), respaldan a su vez áreas más restringidas. Además, una de las ramas terminales está respaldada por cinco autapomorfias, 18 (*Camponotus papago*), 22 (*Camponotus vafer*), 68 (*Nylanderia terricola*), 90 (*Pogonomyrmex apache*) y 107 (*Temnothorax emmae*). El segundo clado está compuesto por grupos pertenecientes a la península de Baja California.

El segundo nivel de endemismo está representado por el clado que contiene todos los cuadrantes que cubren la península de Baja California. Este clado está respaldado por las sinapomorfias 45 (*Messor julianus*) y 89 (*Pheidole yaqui*). Dentro de este clado, se encuentran otros dos, el que

contiene a todos los cuadrantes de la península (excepto A3) cuyas sinapomorfias son 6 (*Aphaenogaster megommata*), 52 (*Myrmecocystus flaviceps*) y 64 (*Neivamyrmex minor*), y el que contiene al clado (A2, B2), que está respaldado por las sinapomorfias 20 (*Camponotus sayi*), 21 (*Camponotus semitestaceus*), 35 (*Formica argentea*), 38 (*Formica integroides*), 42 (*Lasius californicus*), 99 (*Pogonomyrmex subnitidus*) y 108 (*Temnothorax nevadensis*). Finalmente, (D5, D6) no está respaldado por sinapomorfias, aunque la rama terminal D6 está sustentada por 5 autapomorfias.

Debido a que las ramas terminales A2 y D6 contienen varias sinapomorfias respectivamente, se decidió generar un mapa de dichas áreas y superponer una gradilla de menor resolución (1x1 grados) para analizar si la distribución de las especies representan áreas de endemismo a ese nivel, que es precisamente el nivel menos inclusivo de endemismo encontrado en este trabajo. A las nuevas áreas se les nombró como N y S (norte y sur respectivamente) para diferenciarlas en el nuevo cladograma. A continuación se presentan los mapas 2 y 3 que representan la nueva gradilla y el nivel de resolución de 1 x 1 grados (Fig. 3 y 4).

A continuación se presenta el cladograma que representa las relaciones de áreas generadas con las áreas A2 y D6 con resolución espacial de 1x1 grados (Fig. 5).

En el cladograma se observa que los cuadrantes que representan el extremo sur de la península de Baja California (áreas SB1 y SB2), forman un área de endemismo respaldada por dos sinapomorfias, mientras que en el extremo norte se distinguen dos áreas de endemismo, una formada por el clado (NB2, NC2) y otro formado por el clado NB1 y NA1.

DISCUSIÓN

El análisis de parsimonia de endemismos generó diferentes niveles de inclusión, que son el equivalente a hipótesis de homología primaria biogeográfica (Morrone, 2001a). El primer nivel es el que se encuentra entre las áreas que corresponden a Sonora y la península de Baja California, es decir, endemismos a nivel de provincias. A este nivel, este trabajo se corresponde con lo que Oñate-Ocaña *et al.*, (2003) y Llorente *et al.*, (2006), encuentran con las mariposas de México de las familias Papilionidae y Pieridae respectivamente, donde la provincia de Baja California está relacionada estrechamente con Sonora. Se ha conjeturado acerca de estas afinidades biogeográficas explicando que las relaciones de parentesco entre las biotas de las provincias de California, Baja California y Sonora son producto de la fragmentación de la península de Baja California de la parte continental de México desde el Oligoceno, ca. 30 millones de años (Craw *et al.*, 1999). Las especies de hormigas que respaldan el clado de la península de Baja California incluye las provincias de California y Baja California (Morrone, 2001b), y las especies de Sonora incluyen la provincia de Sonora y el Altiplano Mexicano (Morrone, 2001b).

La ausencia de patrones de endemismo inclusivos al nivel de provincia, en el caso de Sonora, se puede deber a que se incluyó un menor número de géneros y especies en el análisis. El mayor número de registros se encuentran en la parte central del estado, pero existen grandes extensiones, sobre todo la parte

occidental y noroccidental que carecen de registros, es decir, prácticamente toda la provincia de Sonora. Un inventario más completo de la mirmecofauna de estas áreas podría permitir una resolución más detallada de los patrones de endemidad en dichas áreas.

Los patrones de endemismo inclusivos en mayor grado se presentaron en la península de Baja California. A diferencia de lo que sucede con los registros de Sonora, la península de Baja California cuenta con una serie de registros relativamente amplia, por lo que el número de géneros y especies incluidos en el análisis es mayor. Los patrones de endemismo se presentaron sobre todo en el extremo norte y en el extremo sur de la península, que corresponden a las provincias de California y del Cabo (*sensu* Johnson y Ward, 2002; o Selva Baja Caducifolia *sensu* CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>), respectivamente.

Johnson y Ward (2002), registran que la provincia de California representa la región con menos porcentaje y menor número de endemismos, sin embargo, en este trabajo se registró que una de las áreas más resueltas en los cladogramas en términos de endemismos fue dicha provincia. Esto concuerda con los trabajos de Escalante *et al.*, (2003), Oñate-Ocaña *et al.*, (2003) y Llorente-Bousquets *et al.*, (2006), en el sentido de que esta región es un área de endemismo para organismos con potenciales de dispersión tan diferentes como mariposas y mamíferos terrestres. Este patrón de endemismo puede deberse a que la provincia de California es considerada como un elemento que dio origen a parte de la biota actual del resto de la península, por lo que los endemismos registrados en este trabajo podrían ser exclusivos de esa provincia original. Rojas-Soto *et al.*, (2003), mencionan que los patrones de endemismo en términos de la avifauna de la península se presentan en forma de “endemismo anidado sucesivo”, siendo la provincia de California la de anidamiento más inclusivo con lo que se concluye que esta provincia pudo haber sido una zona con biota ancestral que contribuyó al origen de la biota del resto de la península.

Por otro lado, Escalante (2003), por medio de un análisis de los mamíferos terrestres de México y Morrone y Márquez (2008), usando arácnidos y hexápodos de México, reconocen distintos nodos panbiogeográficos, uno de ellos se encuentra en la parte norte de Baja California, donde se intersectan las provincias de California, Baja California y Sonora, esto coincide con el patrón de endemismo encontrado en este trabajo en el extremo norte de la península.

La otra región de endemismos registrada en este trabajo fue la del Cabo. Rojas-Soto *et al.*, (2003), utilizando la información de datos de recolecta y modelos de distribución geográfica predictiva, sugieren, por un lado, que la región del Cabo está respaldada por sinapomorfías, y por otro, que dicha región está más relacionada con las provincias de Baja California y California que con las provincias continentales, respaldando así algunos otros trabajos que sugieren la misma hipótesis. En este trabajo no se puede sugerir con certeza si la región del Cabo es más afín a las provincias de Baja California y/o California ya que la información de los registros de hormigas no es tan detallado, pero sí se puede concluir que la región del Cabo, en

términos de su mirmecofauna, forma un grupo independiente del resto de la península. Un análisis más detallado a través de nuevas recolectas y el uso de y generación de modelos predictivos de distribución geográfica podría revelar si los endemismos se corresponden con las diferentes provincias que confluyen en dicha área.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Querétaro y CONACyT por el apoyo proporcionado para la estancia posdoctoral de Fernando Varela-Hernández sin el cual no habría sido posible realizar este trabajo. A los Dres. Philip S. Ward y Robert A. Johnson por la aportación de los datos de colecta de las hormigas.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Aguilar, R., R. Contreras-Medina and G. Salgado-Maldonado. 2003. Parsimony analysis of endemism (PAE) of Mexican hydrological basins based on helminth parasites of fresh water fishes. *Journal of Biogeography*, 30: 1861-1872.
- Blancas-Calva, E., A. G. Navarro and J. J. Morrone. 2010. Patrones biogeográficos de la avifauna de la Sierra Madre del Sur. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 561-568.
- Bolton, B., G. Alpert, P. S. Ward and P. Naskrecki. 2006. *Bolton's catalogue of ants of the world: 1758-2005*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Blüthgen, N. and K. Fiedler. 2004. Competition for composition: lessons from nectar-feeding ant communities. *Ecology*, 85: 1479-1485.
- Carrillo-Ruiz, H. y M. A. Morón. 2003. Fauna de Coleoptera Scarabaeoidea de Cuetzalan del Progreso, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s), (88): 87-121.
- Craw, R. C., J. R. Grehan and M. J. Heads. 1999. *Panbiogeography. Tracking the History of Life*. New York. Oxford University Press. 229 p.
- Escalante, T. E. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 74: 211-237.
- Escalante, T. E., D. Espinosa, J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets. 2003. De las bases de datos a los atlas biogeográficos. *Ciencia*, 54: 71-76.
- Escalante, T., G. Rodríguez y J. J. Morrone. 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76: 199-205.
- Espinosa, D., J. J. Morrone, J. Llorente y O. Flores. 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Facultad de Ciencias, UREH, Las Prensas de Ciencias, FES Zaragoza, México, D. F.
- ESRI, 2008. ArcGis Desktop 9.3. Environmental Systems Research Institute. Redlands.
- Fisher, B. L and D. J. Girman. 2000. Biogeography of ants in Eastern Madagascar. (pp. 331-344). In: Lourenço, W. R and S. M. Goodman (Eds.). *Biogeography of Madagascar*;

- diversity and endemism in Madagascar. 2nd Colloque international*. Société de Biogéographie, Paris.
- Goloboff, P. 1999. *Nona, version 2.0* (for Windows). Published by the author, San Miguel de Tucumán.
- Hölldobler, B. and E. O. Wilson. 1990. *The Ants*. Harvard University Press/Springer-Verlag.
- Johnson, R. A. and P. S. Ward. 2002. Biogeography and endemism of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Baja California, Mexico: a first overview. *Journal of Biogeography*, 29: 1009-1026.
- Llorente-Bousquets, J., L. Trujano-Ortega, A. Luis-Martínez, J. Castro e I. Vargas-Fernández. 2006. Patrones de distribución de la familia Pieridae (Lepidoptera). (pp. 715-770). En: Morrone, J. J y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Lohengrin, A. C., M. Mihoc, A. Marticorena, C. Marticorena, O. Matthei y F. A. Squeo. 2001. Determinación de áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. (pp. 159-170). En: F. A. Squeo, G. Arancio y J. R. Gutiérrez (Eds.). *Libro rojo de la flora nativa y de sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo*. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena Chile.
- Márquez, J y J. Asiain. 2006. Patrones de distribución de la familia Staphilinidae (Coleoptera) (pp. 157-236). En: Morrone, J. J y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*, 43: 438-431.
- Morrone, J. J. 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26: 373-401.
- Morrone, J. J. 2001a. Homology, biogeography and areas of endemism. *Diversity and Distributions*, 7: 297-300.
- Morrone, J. J. 2001b. *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. M y T- Manuales y Tesis SEA. Vol. 3. Zaragoza,
- Morrone, J. J. 2007. Hacia una biogeografía evolutiva. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80: 509-520.
- Morrone, J. J. y J. Márquez. 2008. Biodiversity of Mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s), 24: 15-41.
- Nielsen, C., A. A. Agrawal and A. E. Hajek. 2010. Ants defend aphids against lethal disease. *Biology Letters*, 6: 205-208.
- Nixon, K. 2002. *WinClada* ver. 1.00.08. Published by the author, Ithaca, New York, USA.
- Oñate-Ocaña, L., M. Trujano-Ortega, J. Llorente-Bousquets, A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández. 2006. Patrones de distribución de la familia Papilionidae (Lepidoptera) (pp. 661-714). En: Morrone, J. J y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Palmer, T. M. and A. K. Brody. 2007. Mutualism as reciprocal exploitation: African plant-ants defend foliar but not reproductive structures. *Ecology*, 88: 3004-3011.
- Posadas, P. and D. R. Miranda-Esquivel. 1999. El PAE (Parsimony analysis of endemism) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 539-546.
- Rojas-Soto, O. R., O. Alcántara-Ayala and A. G. Navarro. 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemism and distributional modelling approach. *Journal of Biogeography* 30: 449-461.
- Varela-Hernández, F. 2013. Análisis de parsimonia de endemismos de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la península de Baja California y Sonora, México. (pp. 1572-1578). En: Equihua-Martínez, A., E. G. Estrada-Venegas, J. A. Acuña-Soto y M. P. Chaires-Grijalva. (Eds.) *Entomología mexicana*. Sociedad Mexicana de Entomología A. C.
- Vásquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18: 95-133.
- Wilson, E. O. and B. Hölldobler. 2005. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 21: 7411-7414.

Recibido: 31 de mayo 2013

Aceptado: 22 de agosto 2013

Apéndice 1. Lista de especies incluidas en la matriz de datos.

1. *Acromyrmex versicolor* (Pergande, 1893)
2. *Anoplolepis gracilipes* (Smith, 1857)
3. *Aphaenogaster albisetosa* Mayr, 1886
4. *Aphaenogaster boulderensis* Smith, 1941
5. *Aphaenogaster patruelis carbonaria* Pergande, 1894
6. *Aphaenogaster cockerelli* André, 1893
7. *Aphaenogaster megommata* Smith, 1963
8. *Atta mexicana* (Smith, 1858)
9. *Camponotus anthrax* Wheeler, 1911
10. *Camponotus* cf. *yogi*
11. *Camponotus clarithorax* Creighton, 1950
12. *Camponotus dumetorum* Wheeler, 1910
13. *Camponotus essigi* Smith, 1923
14. *Camponotus festinatus* (Buckley, 1866)
15. *Camponotus fragilis* Pergande, 1893
16. *Camponotus hyatti* Emery, 1893
17. *Camponotus mina* Forel, 1879
18. *Camponotus ocreatus* Emery, 1893
19. *Camponotus papago* Creighton, 1953
20. *Camponotus sansabeanus* (Buckley, 1866)
21. *Camponotus sayi* Emery, 1893
22. *Camponotus semitestaceus* Snelling, 1970
23. *Camponotus vafer* Wheeler, 1910
24. *Camponotus vicinus* Mayr, 1870
25. *Cerapachys davisii* Smith, 1942
26. *Crematogaster californica* Wheeler, 1919
27. *Crematogaster depilis* Wheeler, 1919

28. *Crematogaster hespera* Buren, 1968
29. *Crematogaster marioni* Buren, 1968
30. *Crematogaster mormonum* Wheeler, 1919
31. *Crematogaster opaca cedrosensis* Wheeler, 1934
32. *Crematogaster rossi* Buren, 1968
33. *Crematogaster torosa* Mayr, 1870
34. *Cyphomyrmex wheeleri* Forel, 1900
35. *Dorymyrmex insanus* (Buckley, 1866)
36. *Formica argentea* Wheeler, 1912
37. *Formica foreliana* Wheeler, 1913
38. *Formica francoeuri* Bolton, 1995
39. *Formica integroides* Wheeler, 1913
40. *Formica moki* Wheeler, 1906
41. *Formica subpolita* Mayr, 1886
42. *Hypoponera punctatissima* (Roger, 1859)
43. *Lasius californicus* Wheeler, 1917
44. *Leptogenys peninsularis* Mann, 1926
45. *Messor andrei* (Mayr, 1886)
46. *Messor julianus* (Pergande, 1894)
47. *Messor pergandei* (Mayr, 1886)
48. *Messor stoddardi* (Emery, 1895)
49. *Monomorium ergatogyna* Wheeler, 1904
50. *Myrmecocystus* cf. *mendax*
51. *Myrmecocystus creightoni* Snelling, 1971
52. *Myrmecocystus depilis* Forel, 1901
53. *Myrmecocystus flaviceps* Wheeler, 1912
54. *Myrmecocystus intonsus* Snelling, 1976
55. *Myrmecocystus kennedyi* Snelling, 1969
56. *Myrmecocystus mendax* Wheeler, 1908
57. *Myrmecocystus mexicanus* Wesmael, 1838
58. *Myrmecocystus mimicus* Wheeler, 1908
59. *Myrmecocystus navajo* Wheeler, 1908
60. *Myrmecocystus nequazcatl* Snelling, 1976
61. *Myrmecocystus perimeces* Snelling, 1976
62. *Myrmecocystus semirufus* Emery, 1893
63. *Myrmecocystus testaceus* Emery, 1893
64. *Neivamyrmex californicus* (Mayr, 1870)
65. *Neivamyrmex minor* (Cresson, 1872)
66. *Neivamyrmex nyensis* Watkins, 1977
67. *Nylanderia bruesii* (Wheeler, 1903)
68. *Nylanderia* cf. *terricola*
69. *Nylanderia terricola* (Buckley, 1866)
70. *Pheidole barbata* Wheeler, 1908
71. *Pheidole californica* Mayr, 1870
72. *Pheidole* cf. *californica*
73. *Pheidole cerebrosior* Wheeler, 1915
74. *Pheidole* cf. *vistana*
75. *Pheidole clementensis* Gregg, 1969
76. *Pheidole clydei* Gregg, 1950
77. *Pheidole gilvescens* Creighton & Gregg, 1955
78. *Pheidole granulata* Pergande, 1896
79. *Pheidole hyatti* Emery, 1895
80. *Pheidole pilifera* (Roger, 1863)
81. *Pheidole portalensis* Wilson, 2003
82. *Pheidole psammophila* Creighton & Gregg, 1955
83. *Pheidole rhea* Wheeler, 1908
84. *Pheidole rugulosa* Gregg, 1959
85. *Pheidole sciophila* Wheeler, 1908
86. *Pheidole tepicana* Pergande, 1896
87. *Pheidole titanis* Wheeler, 1903
88. *Pheidole vistana* Forel, 1914
89. *Pheidole xerophila* Wheeler, 1908
90. *Pheidole yaqui* Creighton & Gregg, 1955
91. *Pogonomyrmex apache* Wheeler, 1902
92. *Pogonomyrmex barbatus* (Smith, 1858)
93. *Pogonomyrmex bicolor* Cole, 1968
94. *Pogonomyrmex laevinodis* Snelling, 1982
95. *Pogonomyrmex magnacanthus* Cole, 1968
96. *Pogonomyrmex montanus* MacKay, 1980
97. *Pogonomyrmex pima* Wheeler, 1909
98. *Pogonomyrmex rugosus* Emery, 1895
99. *Pogonomyrmex snellingi* Taber, 1998
100. *Pogonomyrmex subnitidus* Emery, 1895
101. *Pogonomyrmex tenuispinus* Forel, 1914
102. *Pseudomyrmex apache* Wheeler, 1902
103. *Solenopsis amblychila* Wheeler, 1915
104. *Solenopsis molesta* (Say, 1836)
105. *Solenopsis xyloni* McCook, 1880
106. *Temnothorax andrei* (Emery, 1895)
107. *Temnothorax* cf. *andrei*
108. *Temnothorax emmae* (MacKay, 2000)
109. *Temnothorax nevadensis* (Wheeler, 1903)
110. *Temnothorax obliquicanthus* (Cole, 1953)
111. *Trachymyrmex arizonensis* (Wheeler, 1907)

Apéndice 2. Matriz de datos (presencia/ausencia) de las especies de hormigas y las áreas codificadas.

Sp/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Área hip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
B2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
E2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C3	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
E3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
D4	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
D6	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Sp/C	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Área hip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
B2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
B3	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
C3	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
D3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
E3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
C4	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
D4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
C5	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
D5	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
D6	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0

Sp/C	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
hip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1
B2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Patrones biogeográficos de hormigas (Hymenoptera) de Baja California y Sonora, México, mediante el uso de PAE

D2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B3	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
C3	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
D3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
E3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
D6	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Sp/C Area	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
hip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
B2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
C2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
C3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
D3	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
E3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
B4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
D4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
C5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Sp/C	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
hip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
B2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
E2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
B3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
C3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
E3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
C4	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
D4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
D5	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
D6	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0

Notación: Sp= especie; C= cuadrante; Área hip= área hipotética.

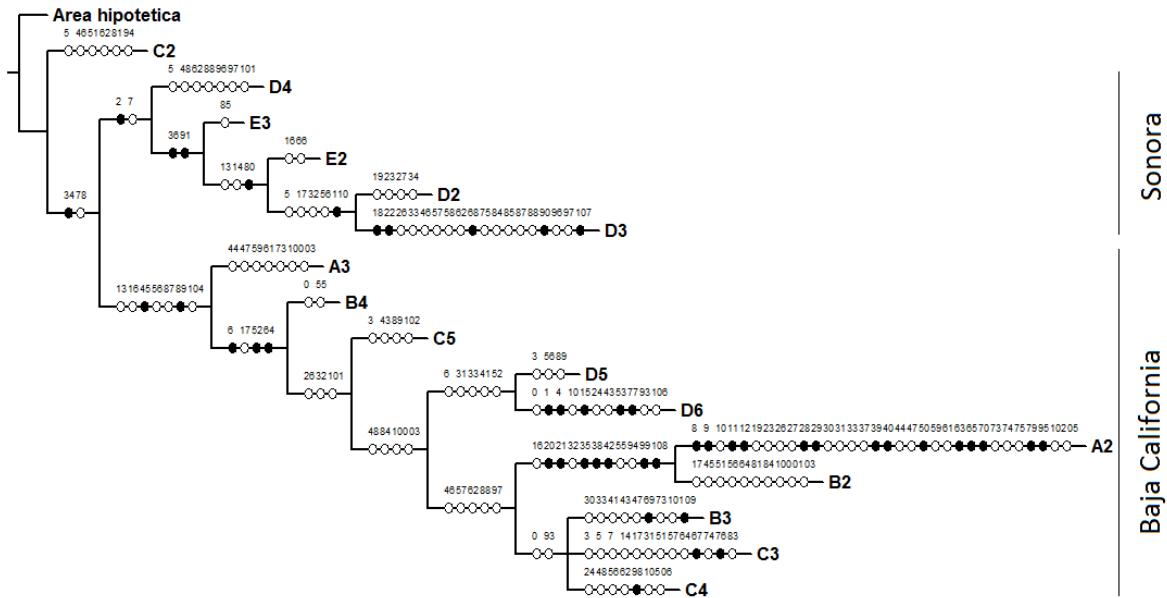
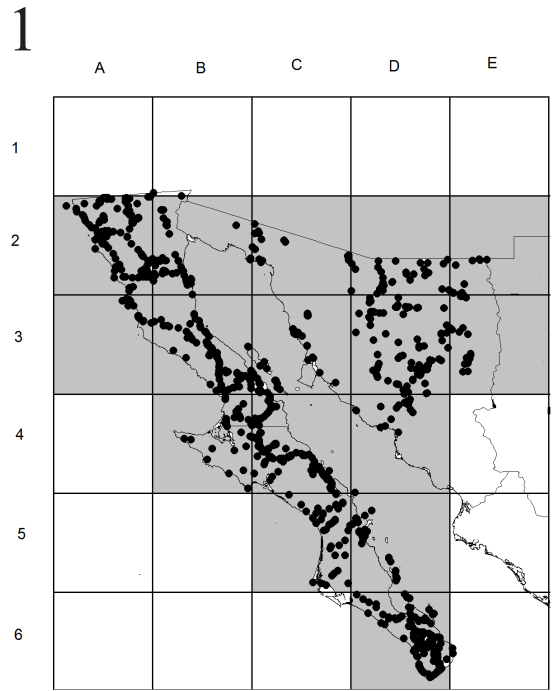
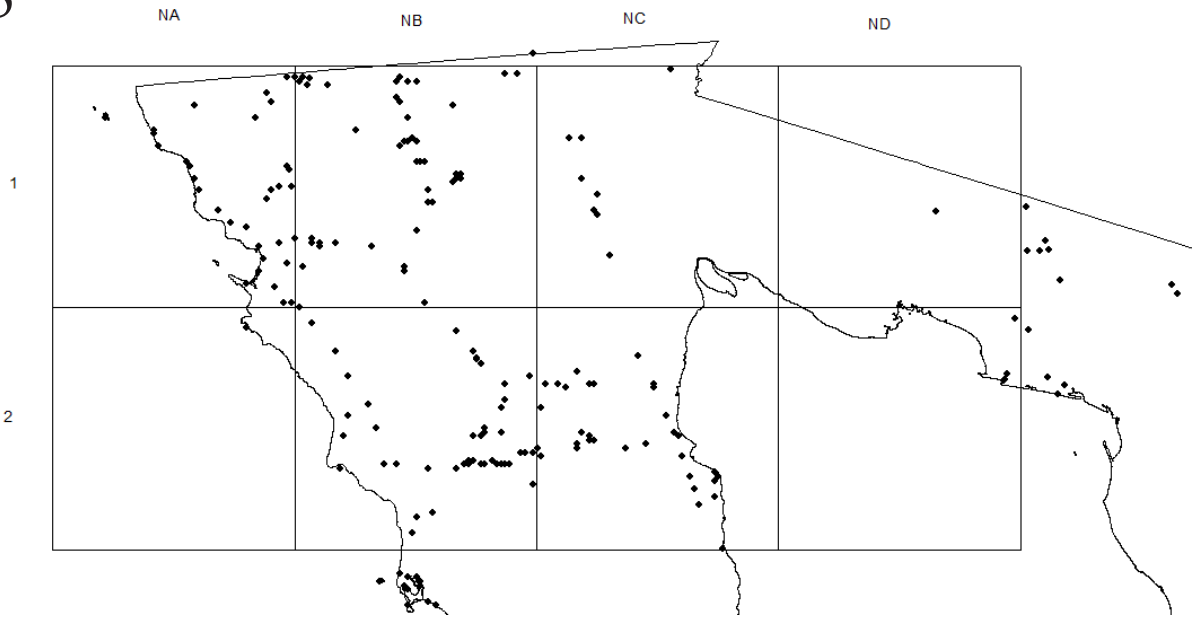
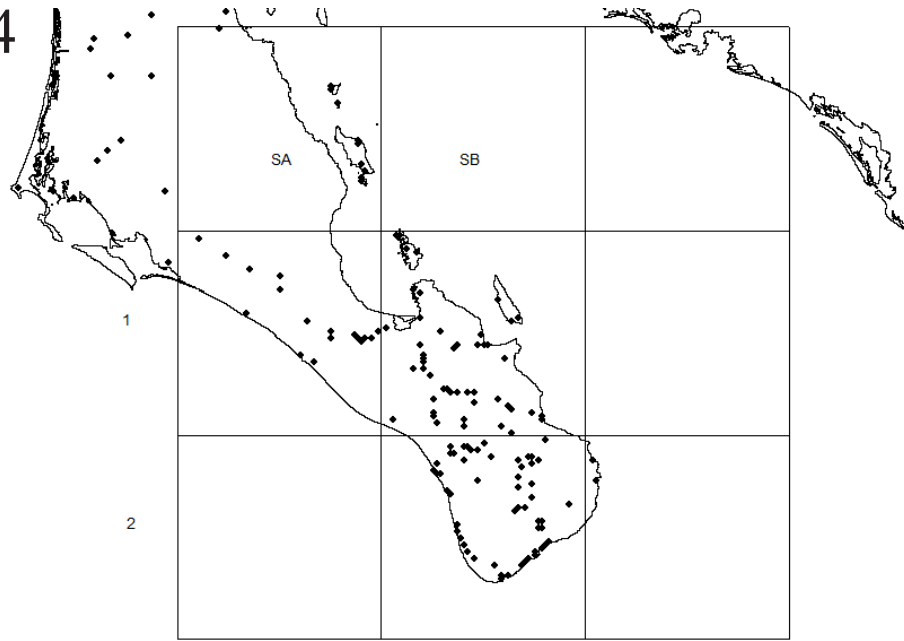


Figura 1. Distribución geográfica de las hormigas registradas para la península de Baja California y Sonora, México. En gris los cuadrantes informativos. Fig. 2. Cladograma de consenso estricto de las 16 áreas (cuadrantes de 2 x 2 grados). Los números sobre las ramas indican la especie de hormiga que respalda el clado. En blanco las homoplasias y en negro las sinapomorfías.

3



4



5

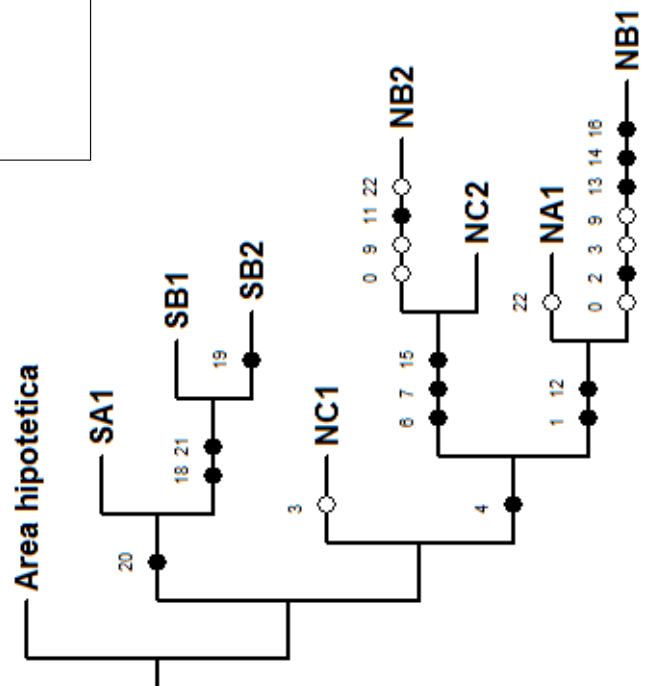


Figura 3. Distribución de la especies de hormigas del área original A2 ahora con una resolución espacial de 1x1 grados. Fig. 4. Distribución de la especies de hormigas del área original D6 ahora con una resolución espacial de 1x1 grados. Figura 5. Cladograma de las áreas A2 (SA1, SB1y SB2) y D6 (NC1, NB2, NC2, NA1 y NB1). En blanco las homoplasias y en negro las sinapomorfías.