

ARTÍCULO CIENTÍFICO II

OCULAR DUPLICATION OF A COMPOUND EYE IN *PHEIDOLE PALLIDULA* (NYLANDER, 1849)

[Duplicación ocular de un ojo compuesto
en *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849)]

Matvey Logachev¹, Paco Alarcón²

Abstract

This study reports a rare case of unilateral ocular duplication with hypoplasia in the ant *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849), discovered in Córdoba, Spain. The affected soldier ant exhibited two malformed right compound eyes, each significantly smaller and with fewer ommatidia compared to a normal eye. Although visual defects might hinder depth perception and light sensitivity, *P. pallidula* likely compensates them with other sensory modalities, allowing its complete functional integration into the colony.

Potential causes, including genetic mutations, embryonic errors, or environmental stressors, are discussed. This case highlights the adaptive plasticity of eusocial insects in tolerating physical abnormalities and underscores the importance of further studies to explore their ecological and developmental implications.

Keywords

Ants, Defect, Formicidae, Hypoplasia, Insect development.

Introduction

Defects and abnormalities in organisms are often detrimental and can result in death. But sometimes these anomalies are tolerable and do not significantly impede survival.

Resumen

Este estudio reporta un caso raro de duplicación ocular unilateral con hipoplasia en la hormiga *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849), descubierto en Córdoba, España. La obrera mayor afectada presentaba dos ojos compuestos derechos malformados, cada uno significativamente más pequeño y con menos ommatidios en comparación con un ojo normal. Aunque los defectos visuales podrían afectar la percepción de profundidad y la sensibilidad a la luz, *P. pallidula* probablemente compensa con otras modalidades sensoriales, permitiendo su completa integración funcional en la colonia.

Se discuten posibles causas, incluyendo mutaciones genéticas, errores embrionarios o factores de estrés ambiental. Este caso resalta la plasticidad adaptativa de los insectos eusociales para tolerar anomalías físicas y subraya la importancia de realizar más estudios para explorar sus implicaciones ecológicas y de desarrollo.

Palabras clave

Anomalía, desarrollo de insectos, Formicidae, hipoplasia, hormigas.

Introducción

Los defectos y anomalías en los organismos suelen ser perjudiciales y pueden resultar en

1. University of Granada, Faculty of Sciences (Department of Zoology), s/n Ave. del Hospicio, Granada E-18003, Spain. <https://orcid.org/0000-0001-9484-5108>. E-mail: logmatvey@gmail.com
2. 41012, Sevilla, Spain. <https://orcid.org/0009-0003-9221-3950>. E-mail: paco.alarcon.fotografia@gmail.com

In eusocial societies like ant colonies, if an ant's health condition prevents it from fulfilling its role within the colony, it dies. In some cases, injured ants do not succumb to their injuries but instead heal up or even undergo surgeries to continue to live and perform their duties (Frank et al., 2018; Frank et al., 2023; Frank et al., 2024).

Remarkably, many ants in a colony may be injured or missing body parts, particularly those involved in raid attacks, as noted by Frank et al., (2023). However, according to Gilad et al. (2021), ants missing an antenna or one or more legs can still be able to locate food as efficiently as uninjured workers. The researchers supposed that ants may have evolved compensatory mechanisms to mitigate the functional disadvantages of such injuries. These mechanisms likely include higher reliance on their remaining senses or adjustments in their behavior to maintain colony efficiency.

Eyes also play an important role in ants' life. While navigating their environment and foraging for resources, ants rely on vision despite seeing a low-resolution picture (Heinze et al., 2018; Zeil, 2012, 2023). Any eye deformation could potentially hinder depth perception or light sensitivity, thereby impacting the ant's efficiency in performing its duties.

This study examines the eye defect observed in a worker *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849) from Córdoba, aiming to describe the anomaly by comparing the external morphological features of the defective eye with those of morphologically normal specimens and to explore possible causes.

la muerte. Sin embargo, en ocasiones estas anomalías son tolerables y no impiden significativamente la supervivencia. En sociedades eusociales como las colonias de hormigas, si la condición de salud de una hormiga le impide cumplir con su función dentro de la colonia – se muere. En algunos casos, las hormigas lesionadas no sucumben a sus heridas, sino que logran curarse o incluso someterse a “cirugías” para continuar viviendo y desempeñando sus tareas (Frank et al., 2018; Frank et al., 2023; Frank et al., 2024).

Notablemente, muchas hormigas en una colonia pueden estar lesionadas o carecer de partes del cuerpo, especialmente aquellas involucradas en ataques de incursión, como señalaron Frank et al. (2023). Sin embargo, según Gilad et al. (2021), las hormigas que pierden una antena o una o más patas aún pueden localizar alimento con la misma eficiencia que las obreras ile-sas. Los investigadores sugirieron que las hormigas podrían haber desarrollado mecanismos compensatorios para mitigar las desventajas funcionales de tales lesiones. Estos mecanismos probablemente incluyen una mayor dependencia de los sentidos restantes o ajustes en su comportamiento para mantener la eficiencia de la colonia.

Los ojos también desempeñan un papel importante en la vida de las hormigas. Al navegar por su entorno y buscar recursos, las hormigas dependen de su visión, a pesar de que perciben imágenes de baja resolución (Heinze et al., 2018; Zeil, 2012, 2023). Cualquier deformación ocular podría afectar la percepción de profundidad o la sensibilidad a la luz, impactando así la eficiencia de la hormiga en el cumplimiento de sus tareas.

Este estudio examina un defecto ocular observado en una obrera de *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849) de Córdoba, con el objetivo de describir la anomalía comparando las características morfológicas externas del ojo defectuoso con las de especímenes morfológicamente normales y explorar posibles causas.

Materials and methods

During a field trip to Córdoba, Spain, on November 2, 2024, a soldier of *P. pallidula* with an eye defect was discovered (Fig. 1, 2). The defective ant was observed under a rock in a developed colony in a Mediterranean scrubland habitat near the Site of Community Importance "Guadiato-Bembézar" (37°55'47.5"N 4°48'41.8"W). However, other examined workers appeared visually normal and did not display any detectable abnormalities. For comparison, a normal soldier of the same species was examined. This soldier was caught in August 2022 in Sevilla (37°20'58.4"N 5°59'02.2"W).

The photos were made by a Sony A6000 camera equipped with a Plan APO 10X and a Nikon Mplan 40X ELWD microscope objectives. For the focus stacking technique, an electronic macro rail with a resolution < 1 µm per photo was used. Lighting was provided by two LED panels of adjustable intensity. The scale bar was obtained by photographing a graduated slide with 0.01 mm divisions at the same magnification as the photo of the specimen. The actual measurement was obtained using the ImageJ program.

Results and discussion

To evaluate the abnormality, measurements of a normal *P. pallidula* soldier's compound eyes were used for comparison (Fig. 3). The data indicate that the normal eye size is approximately 164 µm in length and 135 µm in width, with a surface area of about 16,300 µm². Number of ommatidia is around 49. Based on these metrics, the left eye of the affected ant appears to be normal.

Currently, the condition is provisionally diagnosed as unilateral ocular duplication with hypoplasia of the right compound eye where both defective eyes are approximately 2.5 times smaller than the normal one. (Table 1; Fig. 1,2)

Materiales y métodos

Durante una salida de campo a Córdoba, España, el 2 de noviembre de 2024, se descubrió un soldado de *P. pallidula* con un defecto ocular (Fig. 1, 2). La hormiga defectuosa fue observada bajo una roca en una colonia desarrollada, ubicada en un hábitat de matorral mediterráneo cerca del Lugar de Importancia Comunitaria "Guadiato-Bembézar" (37°55'47.5"N 4°48'41.8"W). Sin embargo, las otras obreras examinadas parecían visualmente normales y no presentaban anomalías detectables. Para la comparación, se examinó un soldado normal de la misma especie, capturado en agosto de 2022 en Sevilla (37°20'58.4"N 5°59'02.2"W).

Las fotografías fueron tomadas con una cámara Sony A6000 equipada con objetivos de microscopio Plan APO 10X y Nikon Mplan 40X ELWD. Para la técnica de apilamiento de enfoque, se utilizó un riel macro electrónico con una resolución menor a 1 µm por foto. La iluminación fue proporcionada por dos paneles LED de intensidad ajustable. La escala fue obtenida fotografiando un portaobjetos graduado con divisiones de 0,01 mm a la misma magnificación que las fotos del espécimen. Las mediciones reales se obtuvieron utilizando el programa ImageJ.

Resultados y discusión

Para evaluar la anomalía, se utilizaron mediciones de los ojos compuestos de un soldado normal de *P. pallidula* como referencia (Fig. 3). Los datos indican que el tamaño normal del ojo es de aproximadamente 163 µm de longitud y 135 µm de ancho, con una superficie de alrededor de 16.000 µm². El número de omatidios es de aproximadamente 49. Según estas métricas, el ojo izquierdo de la hormiga afectada parece ser normal.

Actualmente, la condición se diagnostica provisionalmente como una duplicación ocular unilateral con hipoplasia del ojo compuesto derecho, donde ambos ojos defectuosos son aproximadamente 2,5 veces más pequeños que el ojo normal (Tabla 1; Fig. 1, 2).

	Upper right eye / Ojo superior derecho	Lower right eye / Ojo inferior derecho	Left eye / Ojo izquierdo	Normal eyes (left-right) / Ojos normales (izquierdo- derecho)*
Length / Longitud (µm)	76	102	164	164 – 162
Width / Anchura (µm)	90	94	140	135 – 135
Surface / Superficie (µm ²)	6250	8150	17750	16300-15630
Number of ommatidia / Número de omatidios	19	22	49	49-48

Table 1. Measurements of eyes

*Normal eye measurements were made on a soldier of *P. pallidula* without any defects.

Tabla I. Medidas del ojo.

* Las mediciones de los ojos normales se realizaron en un soldado de *P. pallidula* sin ningún defecto.

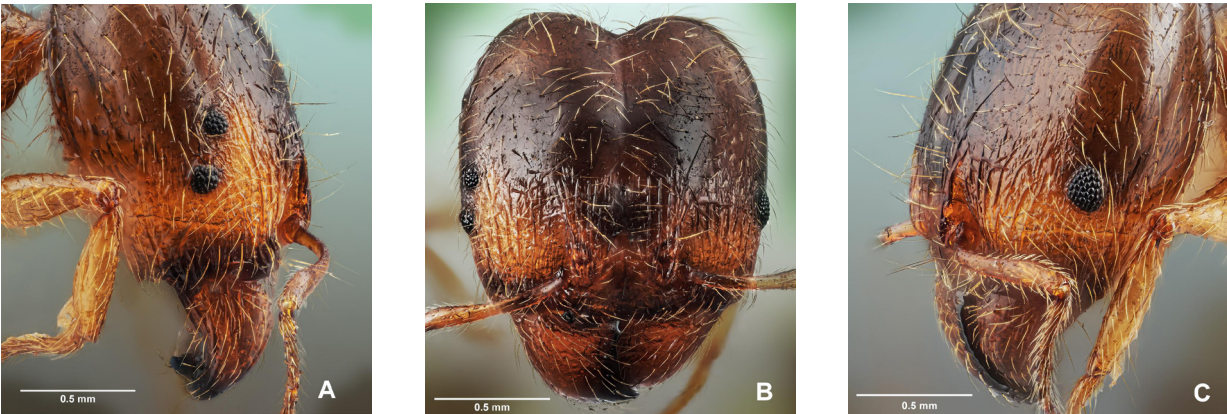


Figure 1. Unilateral ocular duplication with hypoplasia in *P. pallidula*. A. right side; B. frontal view; C. left side.
Figura 1. Duplicación ocular unilateral con hipoplasia en *P. pallidula*. A. Vista lateral derecha; B. Vista frontal; C. Vista lateral izquierda.

Photos made by Paco Alarcón / Fotografías realizadas por Paco Alarcón.



Figure 2. Comparison of defective eyes (A) with normal eye (B) of the same *P. pallidula*.
Figura 2. Comparación de los ojos defectuosos (A) con el ojo normal (B) del mismo individuo de *P. pallidula*

Photos made by Paco Alarcón. / Fotografías realizadas por Paco Alarcón.



Figure 3. *P. pallidula* without defects.
Figura 3. *P. pallidula* sin defectos.
Photos made by Paco Alarcón.
Fotografías realizadas por Paco Alarcón.

Knowing that ants rely on vision for navigation, another question arises: “Do all ants see equally well, or do some ants possess superior vision and depend on it heavier than others?” Interestingly, certain ants, such as those in the genus *Harpegnathos* Jerdon, 1851, rely on their eyes not only for navigation but also for hunting prey (Baroni Urbani et al., 1994; Dejean et al., in press). A closer examination reveals that these ants have a larger number of ommatidia. Similarly, other Iberian ants like *Goniomma* Emery, 1895, *Oxyopomyrmex* André, 1881 and some species of *Temnothorax* Mayr, 1861 also possess relatively large eyes.

Research by Land (1997) and Shen et al. (2024) highlights that the resolution and visual field of compound eyes are determined by the number, size, and arrangement of ommatidia. In other words, larger eyes with more ommatidia provide better vision. This diversity in eye size and structure among ant species reflects their adaptive evolution to meet varying ecological and behavioral needs.

For example, *Harpegnathos saltator* Jerdon, 1851, known for its visually guided hunting behaviors, has more than 1,400 ommatidia in each eye. In contrast, *Goniomma baeticum* Reyes, Espadaler & Rodríguez, 1987, which also rely on vision but to a lesser extent, have around 120 ommatidia per eye. At the other extreme, *P. pallidula* with approximately 45-50 ommatidia per eye, suggesting that vision likely plays a secondary role in their daily activities.

In this context, the defective ant might adapt by relying more heavily on other sensory modalities, such as chemosensation or tactile cues, to compensate for poorer vision. However, the extent of the defectiveness remains uncertain, requiring further investigation, involving detailed internal analysis, such as anatomical and functional assessments of sensory structures, to be able to clarify the nature and impact of this defect.

As mentioned earlier, the area where the ant was found borders the Site of Community

Sabemos que las hormigas dependen de la visión para orientarse, pero surge otra pregunta: “¿Todas las hormigas ven igual o algunas poseen una visión superior y dependen más de ella?” Curiosamente, ciertas hormigas, como las del género *Harpegnathos* Jerdon, 1851, utilizan sus ojos no solo para la navegación, sino también para cazar presas (Baroni Urbani et al., 1994; Dejean et al., en prensa). Un análisis más detallado revela que estas hormigas poseen un mayor número de omatidios. De manera similar, otras hormigas ibéricas como *Goniomma* Emery, 1895, *Oxyopomyrmex* André, 1881, y algunas especies de *Temnothorax* Mayr, 1861 también tienen ojos relativamente grandes.

Las investigaciones de Land (1997) y Shen et al. (2024) destacan que la resolución y el campo visual de los ojos compuestos están determinados por el número, tamaño y disposición de los omatidios. En otras palabras, ojos más grandes con más omatidios proporcionan una mejor visión. Esta diversidad en el tamaño y la estructura de los ojos entre las especies de hormigas refleja su evolución adaptativa para satisfacer diferentes necesidades ecológicas y conductuales.

Por ejemplo, *Harpegnathos saltator* Jerdon, 1851, conocida por sus comportamientos de caza guiados por la vista, tiene más de 1,400 omatidios en cada ojo. En contraste, *Goniomma baeticum* Reyes, Espadaler & Rodríguez, 1987, que también depende de la visión, pero en menor medida, tiene alrededor de 120 omatidios por ojo. En el extremo opuesto, *P. pallidula*, con aproximadamente 45-50 omatidios por ojo, sugiere que la visión probablemente juega un papel secundario en sus actividades diarias.

En este contexto, la hormiga con el defecto ocular podría adaptarse dependiendo más de otros sentidos, como la quimiosensación o señales táctiles, para compensar su visión limitada. Sin embargo, el grado de defectuosidad sigue siendo incierto, lo que requiere más investigaciones que incluyan análisis internos detallados, como evaluaciones anatómicas y funcionales de las estructuras

Importance “Guadiato-Bembézar”. This site, though protected, is adjacent to agricultural zones. Environmental pollution, including pesticide use, can elevate the likelihood of genetic mutations in local fauna (Verma *et al.*, 2022). However, considering the species’ resilience to environmental changes and its ability to thrive in disturbed habitats, it is unlikely that these conditions directly caused the observed defect (Borowiec & Salta, 2021). It could rather proceed from an occasional genetic mutation affecting the genes responsible for eye development, pathological disturbances such as parasitic infection, malnutrition or other physiological stressors or errors during embryogenesis, such as disrupted cellular division or differentiation.

Conclusion

Observations of a defective soldier ant integrated into its colony suggest that ants with physical anomalies are not automatically excluded but may still find a niche within the colony’s complex social structure and in some cases, they may even have a life similar to their healthy counterparts. This aligns with earlier researches which observed that older workers or individuals with minor injuries and abnormalities often continue contributing to the colony (Gilad *et al.*, 2021; Giraldo & Traniello, 2014; Wilson, 1985).

Such defects as eye duplication, though rare, could provide insight into the flexibility of eusocial insects and their integration ability. Further investigations should clarify the severity of such defects and will shed light if eye duplication with hypoplasia affected the vision.

sensoriales, para poder aclarar la naturaleza e impacto de este defecto.

Como se mencionó anteriormente, el área donde se encontró la hormiga bordea el Lugar de Importancia Comunitaria “Guadiato-Bembézar”. Este sitio, aunque protegido, está adyacente a zonas agrícolas. La contaminación ambiental, incluido el uso de pesticidas, puede aumentar la probabilidad de mutaciones genéticas en la fauna local (Verma *et al.*, 2022). Sin embargo, considerando la resiliencia de la especie frente a los cambios ambientales y su capacidad para prosperar en hábitats alterados, es poco probable que estas condiciones hayan causado directamente el defecto observado (Borowiec & Salata, 2021). Es más plausible que el defecto sea consecuencia de una mutación genética ocasional que afecte a los genes responsables del desarrollo ocular, alteraciones patológicas como infecciones parasitarias, malnutrición u otros factores de estrés fisiológico, o errores durante la embriogénesis, como interrupciones en la división o diferenciación celular.

Conclusión

Las observaciones de un soldado con defectos integrado en su colonia sugieren que las hormigas con anomalías físicas no son automáticamente excluidas, sino que pueden encontrar un nicho dentro de la compleja estructura social de la colonia. En algunos casos, incluso pueden llevar una vida similar a la de sus compañeros sanos. Esto concuerda con investigaciones previas que señalaron que las obreras mayores o los individuos con lesiones y anomalías menores a menudo continúan contribuyendo a la colonia (Gilad *et al.*, 2021; Giraldo & Traniello, 2014; Wilson, 1985).

Defectos como la duplicación ocular, aunque raros, podrían proporcionar información sobre la flexibilidad de los insectos eusociales y su capacidad de integración. Investigaciones futuras deberían aclarar la gravedad de tales defectos y determinar si la duplicación ocular con hipoplasia afecta la visión.

References

- BOROWIEC, L., & SALATA, S. 2021. Notes on ants (Hymenoptera: Formicidae) from Western Greece. *Annals of the upper Silesian Museum in Bytom, Entomology*, 30: 1–23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571258>
- DEJEAN, A., ORIVEL, J., CERDÁ, X., AZÉMAR, F., CORBARA, B., & TOUCHARD, A. In press. Foraging by predatory ants: A review. *Insect Science*. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13461>
- FRANK, E. T., BUFFAT, D., LIBERTI, J., AIBEKOVA, L., ECONOMO, E. P., & KELLER, L. 2024. Wound-dependent leg amputations to combat infections in an ant society. *Current Biology*, 34(14), 3273–3278.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.06.021>
- FRANK, E. T., KESNER, L., LIBERTI, J., HELLEU, Q., LEBOEUF, A. C., DASCALU, A., ... & KELLER, L. 2023. Targeted treatment of injured nestmates with antimicrobial compounds in an ant society. *Nature Communications*, 14(1), 8446. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43885-w>
- FRANK, E., WEHRHAHN, M., & LINSENMAIR, K. E. 2018. Wound treatment and selective help in a termite-hunting ant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2457>
- GILAD, T., DORFMAN, A., SUBACH, A., & SCHARF, I. 2021. Leg or antenna injury in *Cataglyphis* ants impairs survival but does not hinder searching for food. *Current Zoology*, 68(4): 441–450. <https://doi.org/10.1093/cz/zoab027>
- GIRALDO, Y. M., & TRANIELLO, J. F. A. 2014. Worker senescence and the sociobiology of aging in ants. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 68(12): 1901–1919. <https://doi.org/10.1007/s00265-014-1826-4>
- HEINZE, S., NARENDRA, A., & CHEUNG, A. 2018. Principles of Insect Path Integration. *Current Biology*, 28(17), R1043–R1058. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.04.058>
- LAND, M. F. 1997. Visual acuity in insects. *Annual Review of Entomology*, 42: 147–177. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.147>
- SHEN, X., WYSTRACH, A., GÉLIN, U., CHARLES-DOMINIQUE, T., & TOMLINSON, K. 2024. A comparative study of navigation behaviours in ants. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.10.24.619962>
- Baroni Urbani, C., Boyan G. S., Blarer, A., Billen, J., & Musthak Ali, T. M. 1994. A novel mechanism for jumping in the indian ant *Harpegnathos saltator* (Jerdon) (Formicidae, Ponerinae). *Experientia*, 50(1): 63–71. <https://doi.org/10.1007/BF01992052>
- VERMA, V., RAWAT, B., KAUR, B., BABU, N., SHARMA, A., DEWALI, S., YADAV, M., KUMARI, R., SINGH, S., MOHAPATRA, A., PANDEY, V., RANA, N., & CUNILL-FLORES, J. 2022. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- WILSON, E. O. 1985. The Sociogenesis of Insect Colonies. *Science*, 228(4707): 1489–1495. <https://doi.org/10.1126/science.228.4707.1489>
- ZEIL, J. 2012. Visual homing: An insect perspective. *Current Opinion in Neurobiology*, 22: 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.12.008>
- 2023. Visual navigation: Properties, acquisition and use of views. *Journal of Comparative Physiology A*, 209: 499–514. <https://doi.org/10.1007/s00359-022-01599-2>