

Introducción

El glifosato, comercializado en Colombia como *Glifo Café*, es un herbicida basado en N-fosfonometilglicina ampliamente utilizado por su eficacia en el control de malezas. Sin embargo, su uso ha suscitado creciente preocupación debido a sus posibles efectos adversos en la salud humana. Diversos estudios lo han asociado con genotoxicidad, citotoxicidad, neurotoxicidad y alteraciones en la fertilidad. (Cai et al., 2017; Clair et al., 2012; Muller et al., 2021; Romano et al., 2012; Teleken et al., 2020). Esta inhibición podría comprometer funciones neurológicas clave y ha sido relacionada con enfermedades como Alzheimer, Parkinson y trastornos motores donde organismos modelo como *Drosophila melanogaster* son pertinentes, reforzando la necesidad de evaluar los efectos del glifosato desde una perspectiva toxicológica y biomédica, dada su alta exposición en poblaciones rurales y agrícolas. En el presente trabajo se evaluaron los efectos reproductivos y neurotóxicos asociadas a la exposición con Glifo Café en *D. melanogaster*.

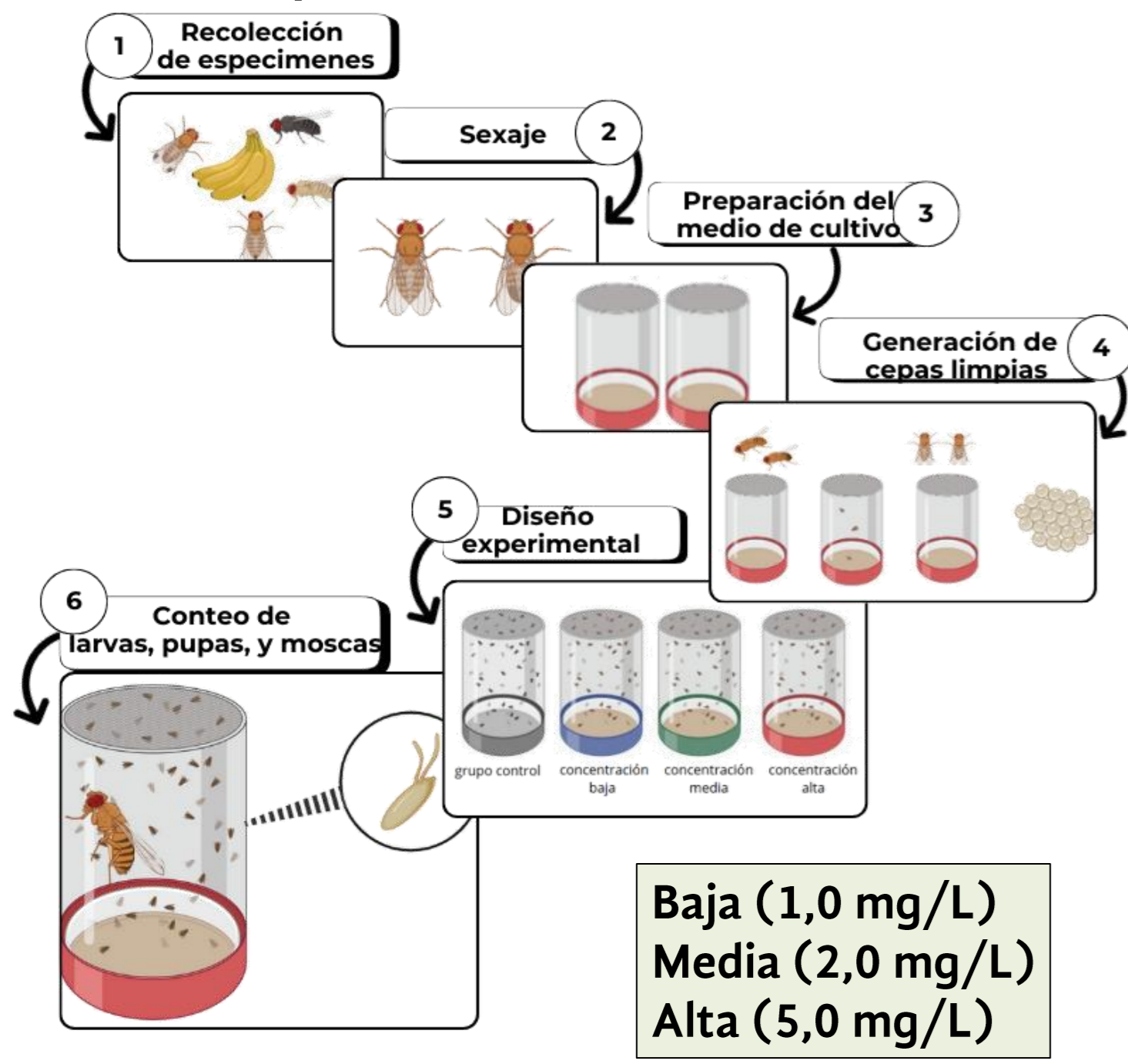
Objetivo

Evaluar los efectos reproductivos, neurotóxicos y morfológicos de la exposición al Glifo café en *Drosophila melanogaster*

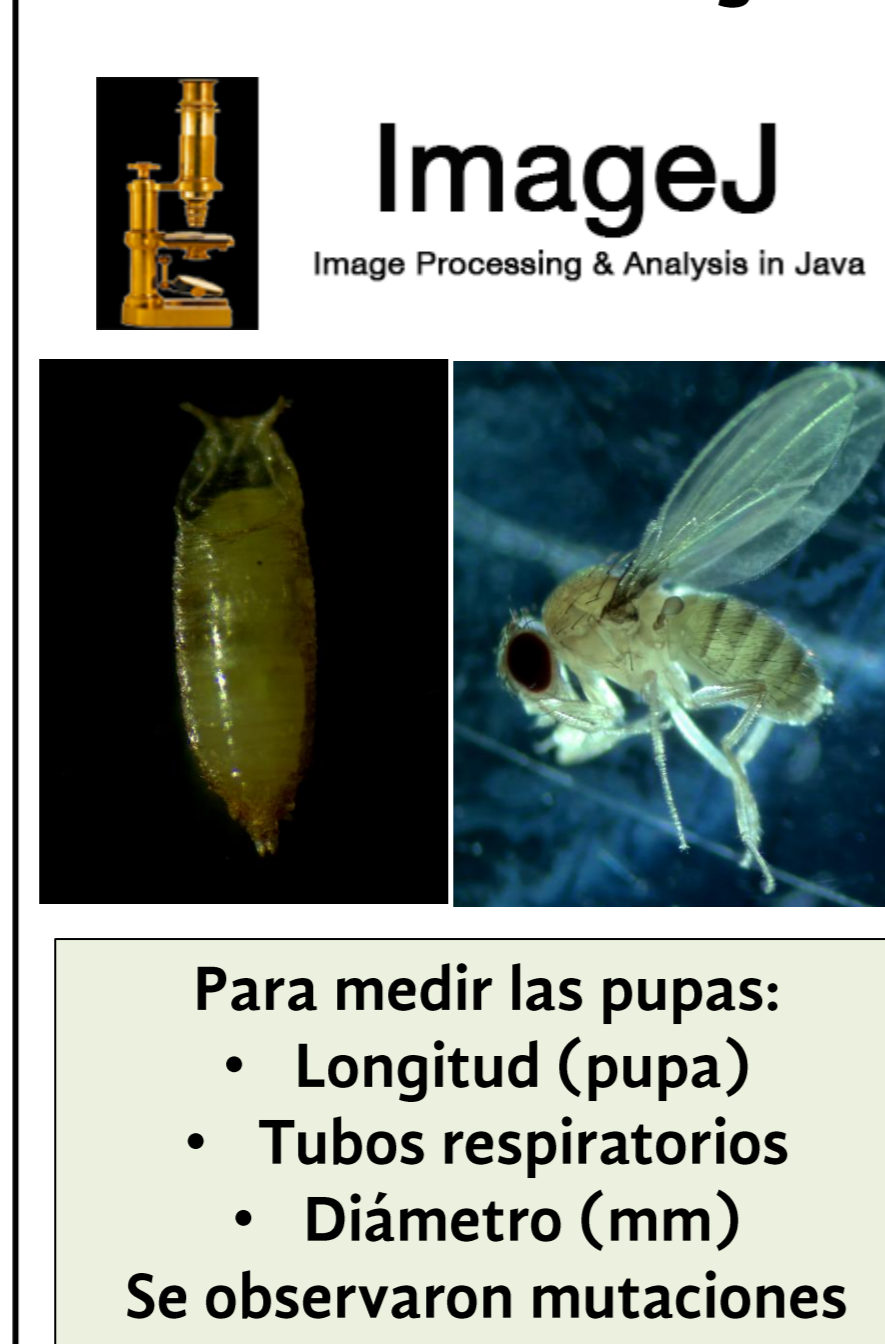
Materiales y métodos

Se realizaron ensayos de desova, eclosión, morfología y herramientas computacionales para establecer rutas moleculares afectadas por la exposición del glifocafé.

Sección experimental



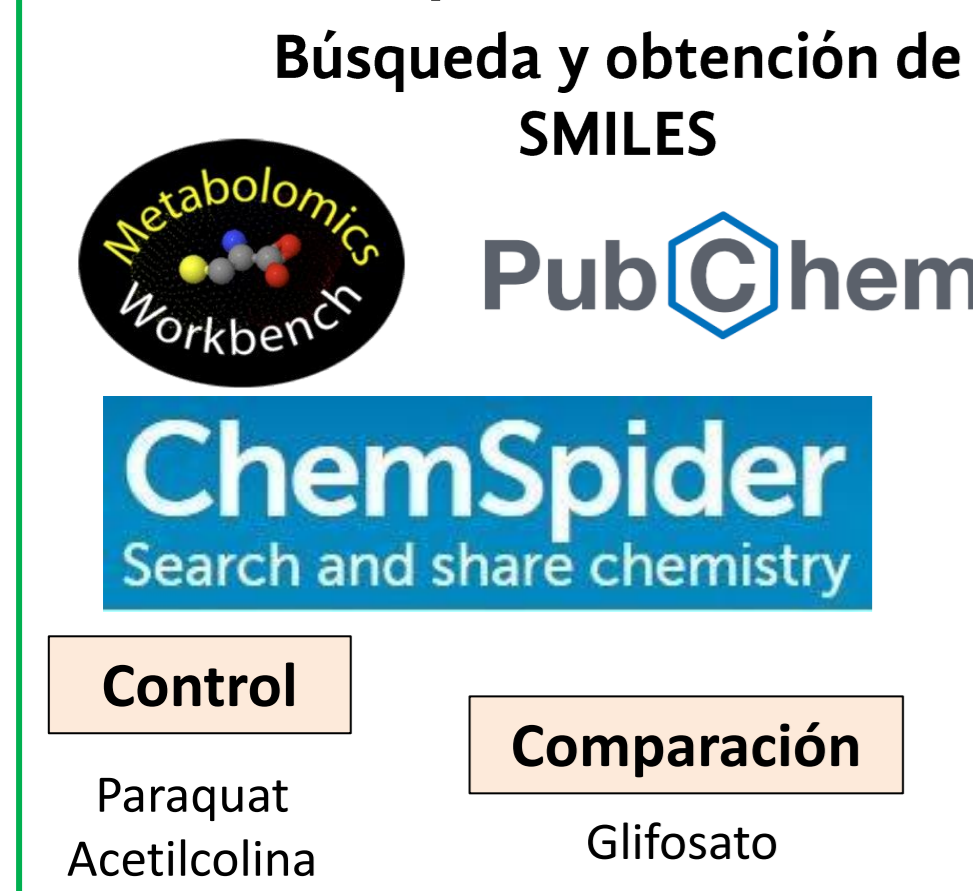
Alteraciones morfológicas



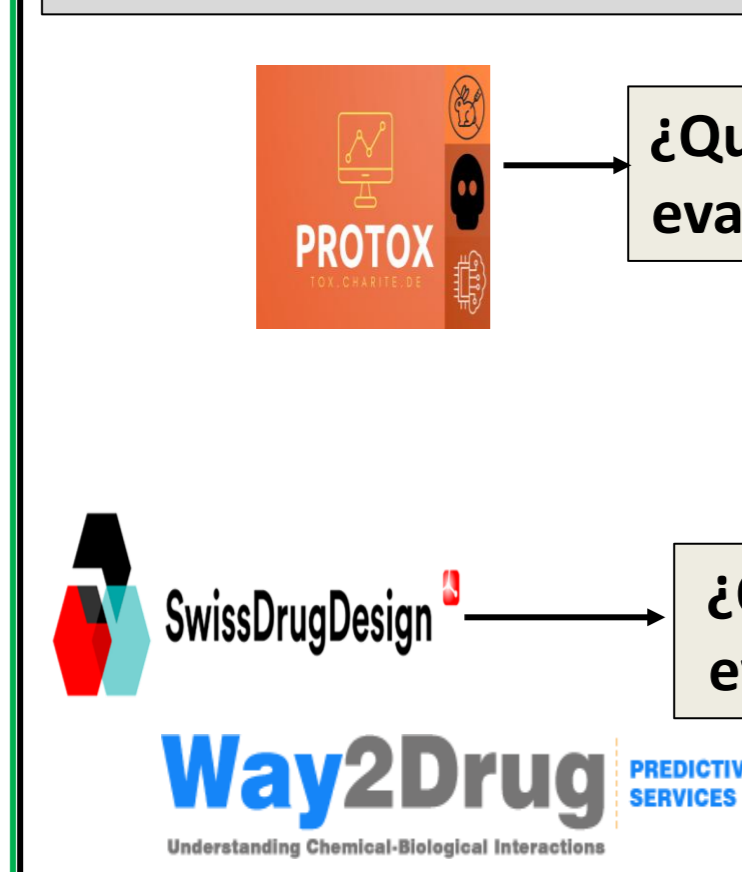
Análisis estadístico



Sección computacional



Estrategias de predicción



Inmunotoxicidad, Mutagenicidad, MMP, Citotoxicidad, Neurotoxicidad, AhR – AR – AR LBD, PPARP- Gamma, AChE, GABAR, AMPAR, NMDAR, Aromatasa, ER – ER LBD, CYP1A2 – CYP2C19 – CYP2C9 – CYP2D6 – CYP3A4 – CYP2E1

TPSA, BOILED-Egg, Átomos rotables, Accesibilidad sintética, Lipinski, Veber, FCSP3, Biodisponibilidad, H- aceptores y donadores

Resultados

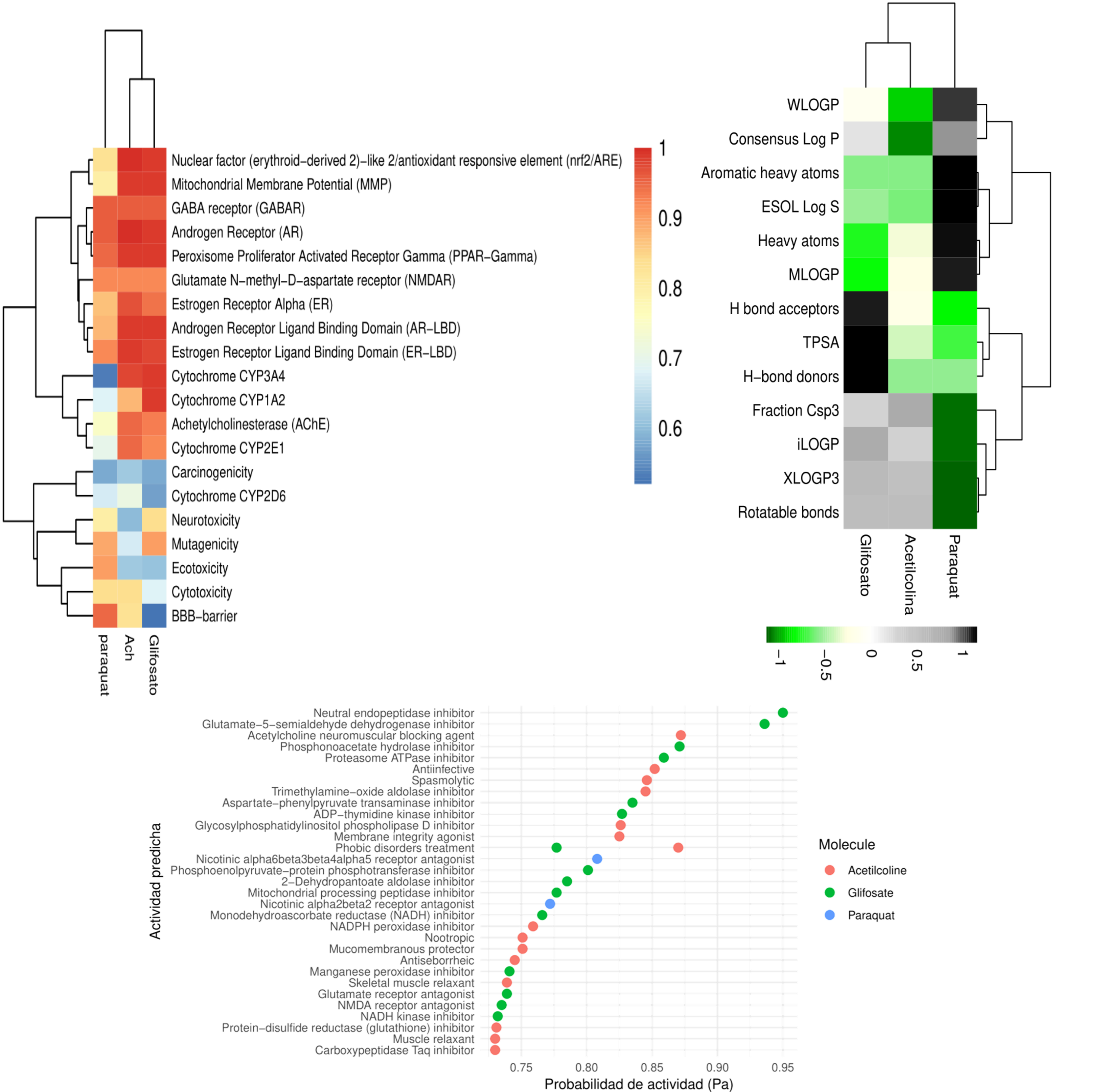


Figura 5. Análisis computacional de las propiedades toxicológicas (izquierda) y fisicoquímicas (derecha) de glifosato, paraquat y acetilcolina. El calor de la izquierda indica alta probabilidad de interacción con blancos moleculares como receptores hormonales, enzimas (como AChE) y efectos adversos (neurotoxicidad, mutagenicidad). Glifosato mostró más afinidad por AChE y potencial neurotóxico. A la derecha, el perfil fisicoquímico agrupa a glifosato y acetilcolina por similitud en propiedades como aceptores de puentes de hidrógeno y polaridad, lo que apoya su posible interacción a nivel molecular. En la parte superior el gráfico muestra la probabilidad de actividad (PA) para el receptor antagonista del glutamato (0.75) y el receptor antagonista NMDA (0.7) por parte del glifosato, mostrando que existen actividades asociadas a neurotoxicidad.

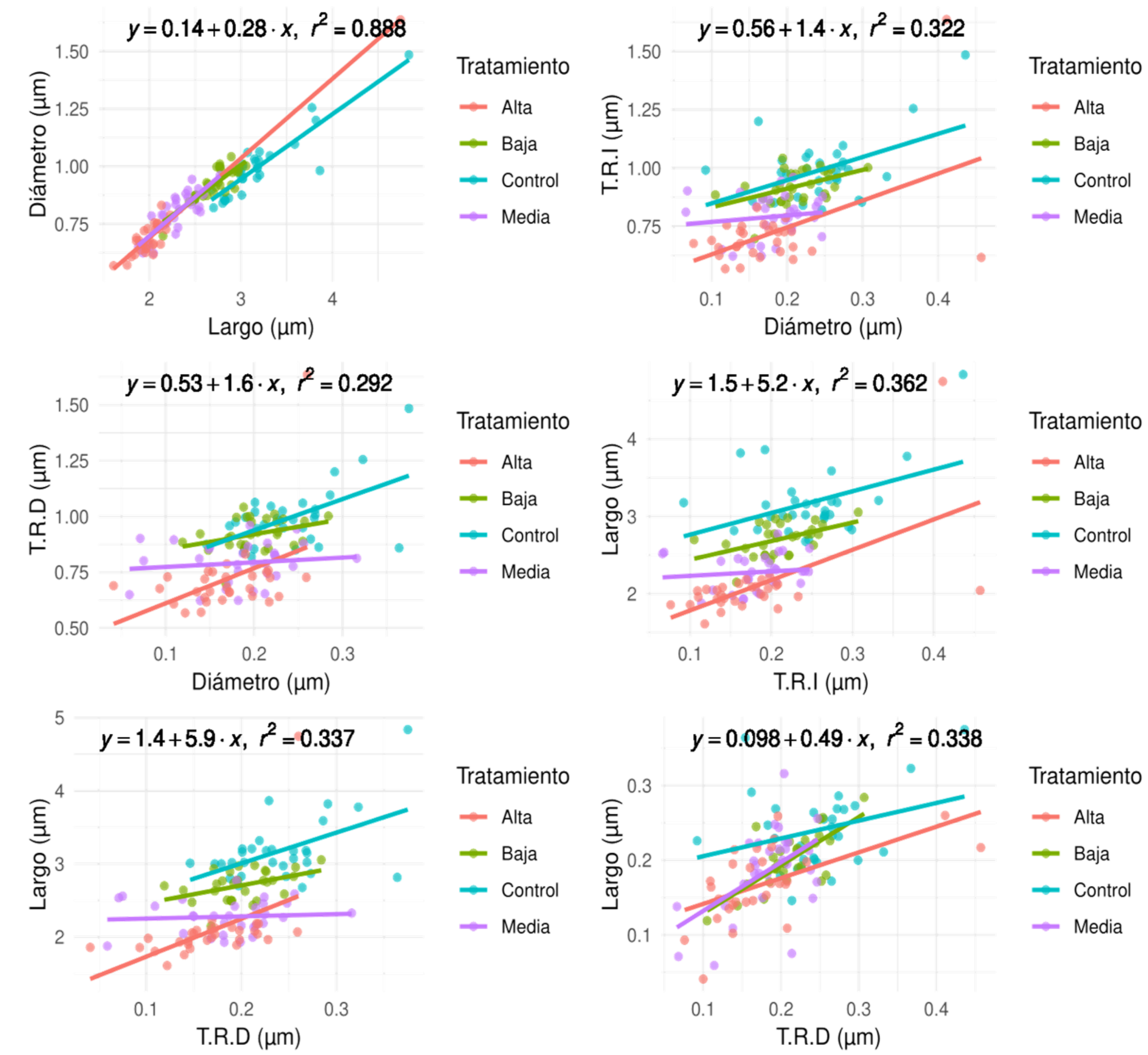


Figura 3. Relación entre variables morfométricas en pupas de *Drosophila melanogaster* expuestas a diferentes concentraciones del herbicida Glifo Café. Se muestran regresiones lineales entre largo, diámetro y los tubos respiratorios derecho (T.R.D) e izquierdo (T.R.I), diferenciadas por tratamiento (Alta, Media, Baja y Control). La relación más fuerte se observó entre diámetro y largo $R^2 = 0.888$, indicando un crecimiento proporcional. Las demás relaciones (largo vs T.R.D y T.R.I) presentaron correlaciones moderadas $R^2 = 0.33$, lo que sugiere posibles efectos en estructuras respiratorias. A la derecha, imágenes representativas de pupas medidas con ImageJ evidencian diferencias morfológicas entre tratamientos. El análisis de regresión indica una fuerte correlación entre el largo y el diámetro de las pupas ($R^2 = 0.888$).



Figura 4. Adultos de *D. melanogaster* expuestos a distintas concentraciones de Glifo Café. En la dosis alta se observan malformaciones abdominales y en patas; en media, individuos deformes; y en baja, morfología conservada.

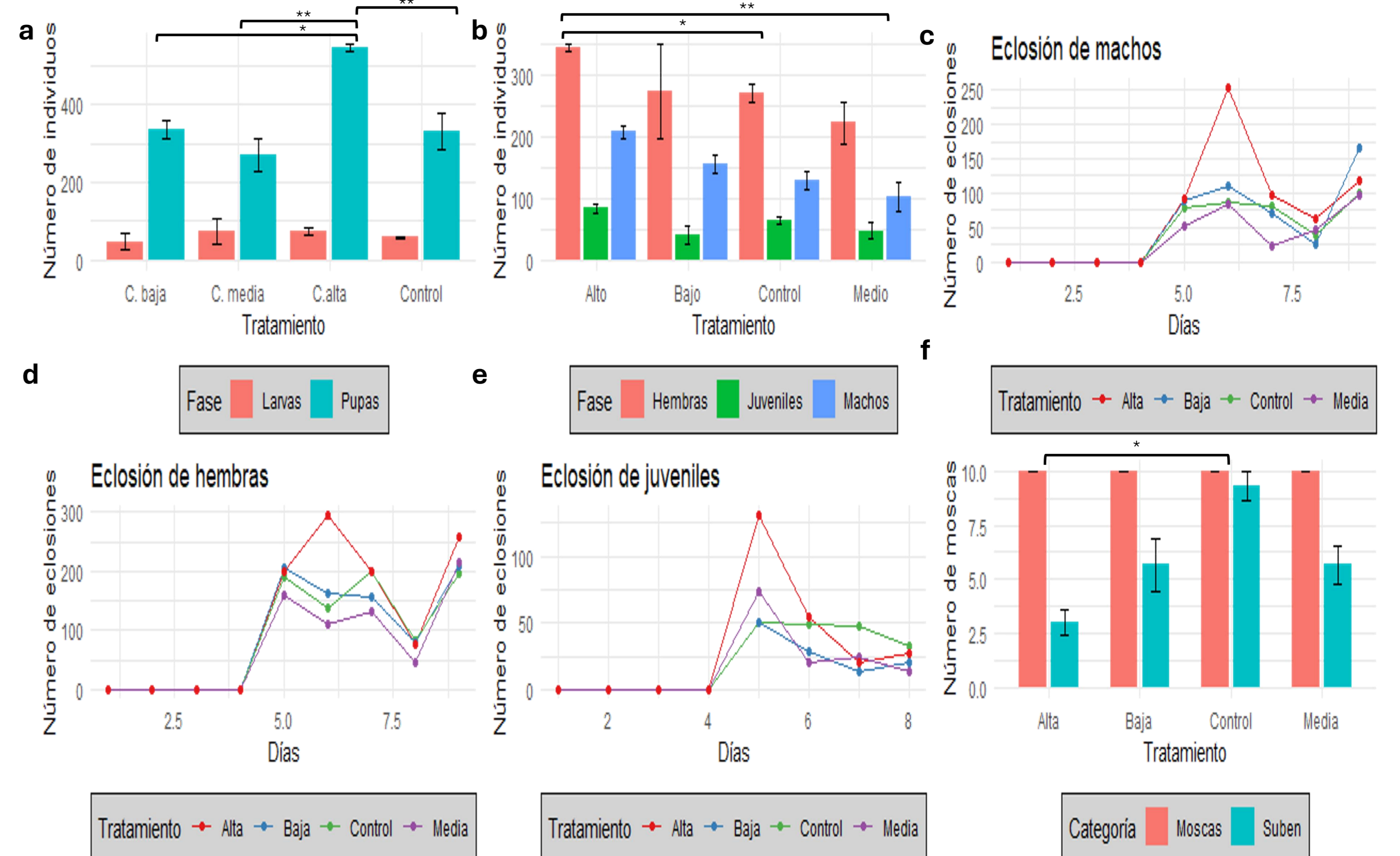


Figura 2. a. Número de pupas/larvas producidas en oviposición (96 horas). Muestra mayor aceleración del desarrollo en concentraciones altas de glifosato y desarrollo tardío de larvas; b. Análisis de componentes principales respecto a la relación de caracteres morfológicos según el tratamiento. Muestra la relación existente según la concentración por la probabilidad de que exista una alteración según el tratamiento. En cuanto a la PCA, se observó una separación moderada entre grupos, especialmente en el tratamiento alto, lo que indica un efecto diferencial en las características morfológicas.

Discusión

Los efectos neurotóxicos y reproductivos observados por la exposición al Glifo Café en *Drosophila melanogaster* evidencian alteraciones locomotoras y del desarrollo, coherentes con posibles disrupciones en rutas colinérgicas y glutamatérgicas. La reducción en la geotaxis negativa a altas concentraciones podría estar relacionada con el bloqueo neuromuscular mediado por acetilcolina y el antagonismo del receptor de glutamato, como lo predijo PASS (Figura 3), y con la inhibición de AChE descrita en estudios previos (Hong et al., 2018; Huang et al., 2024; Menéndez-Helman et al., 2012; Silva et al., 2022). Este patrón ha sido reportado también en *Danio rerio*, donde el glifosato indujo cambios locomotores posiblemente asociados con daño neuronal (Zhang et al., 2017)

Conclusiones

Este estudio demuestra que la exposición a un herbicida comercial con glifosato genera efectos significativos y dosis-dependientes sobre variables clave del ciclo de vida en *Drosophila melanogaster*, como la eclosión, morfología pupal y fecundidad. La aceleración en el desarrollo observada en tratamientos de alta concentración sugiere un posible mecanismo de estrés fisiológico compensatorio, lo cual podría ser relevante en modelos de toxicidad reproductiva.

Bibliografía

