



**XVIII**  
SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN  
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

# EFECTOS REPRODUCTIVOS, NEUROTÓXICOS Y MORFOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN AL GLIFOCAFÉ® EN *Drosophila melanogaster* (DROSOPHILIDAE)

Juan Huila<sup>1,3</sup>, Danier Muñoz<sup>1,2</sup>, Xavier García<sup>1,2</sup>

- 1. Departamento de Biología, Universidad del Cauca, Popayán
- 2. Semillero de Investigación en Biología del Desarrollo y Plasticidad Neural
- 3. Semillero de Investigación en Geología, Ecología y Conservación - ASIO



# ¿Qué es el glifosato?

El Glifosato (N-metilfosfonoglicina)  $C_3H_8NO_5P$  es un compuesto químico utilizado comúnmente en el mundo como herbicida no selectivo de amplio espectro, usado principalmente para matar plantas no deseadas. (Cortina et al., 2017)



**Figura 1.** Plantas potenciales a controlar: pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas.



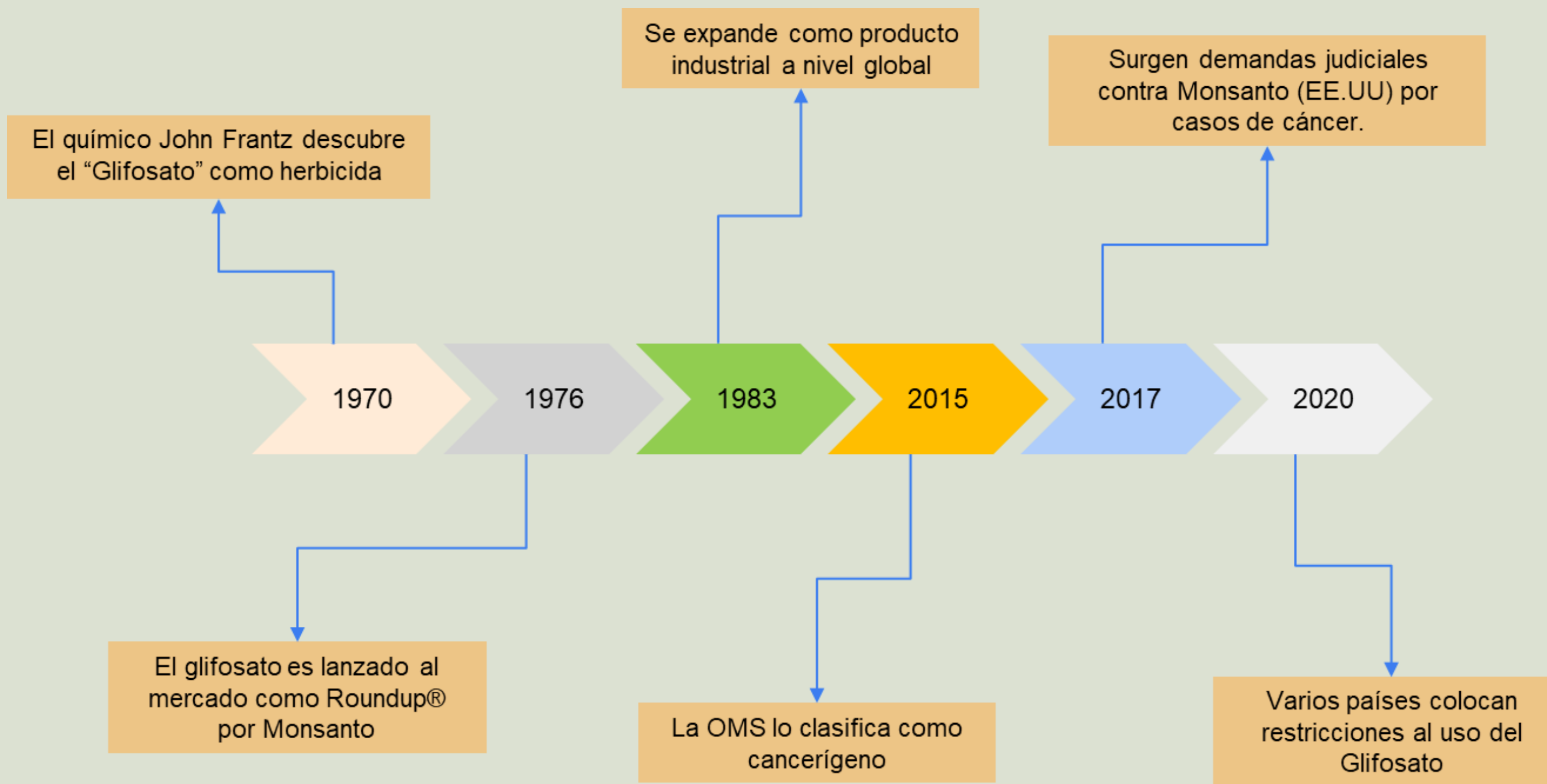
**Figura 2.** Especies que afrontan las consecuencias de las fumigaciones: Plantas no deseadas, animales, suelo y agua.



**Figura 3.** El uso indiscriminado de productos químicos genera preocupación a nivel mundial.

**La introducción de métodos de aspersión con glifosato surgió como primera medida para el control de cultivos ilícitos. (Cortina et al., 2017)**

# Introducción



**Figura 4.** Línea de tiempo de la creación, producción y escalabilidad industrial del glifosato en el mundo. Basado en

Los herbicidas constituyen cerca del 40 % del total de pesticidas utilizados a nivel mundial, con aplicaciones frecuentes en agricultura, silvicultura, horticultura y entornos domésticos (de Aguiar et al., 2016).

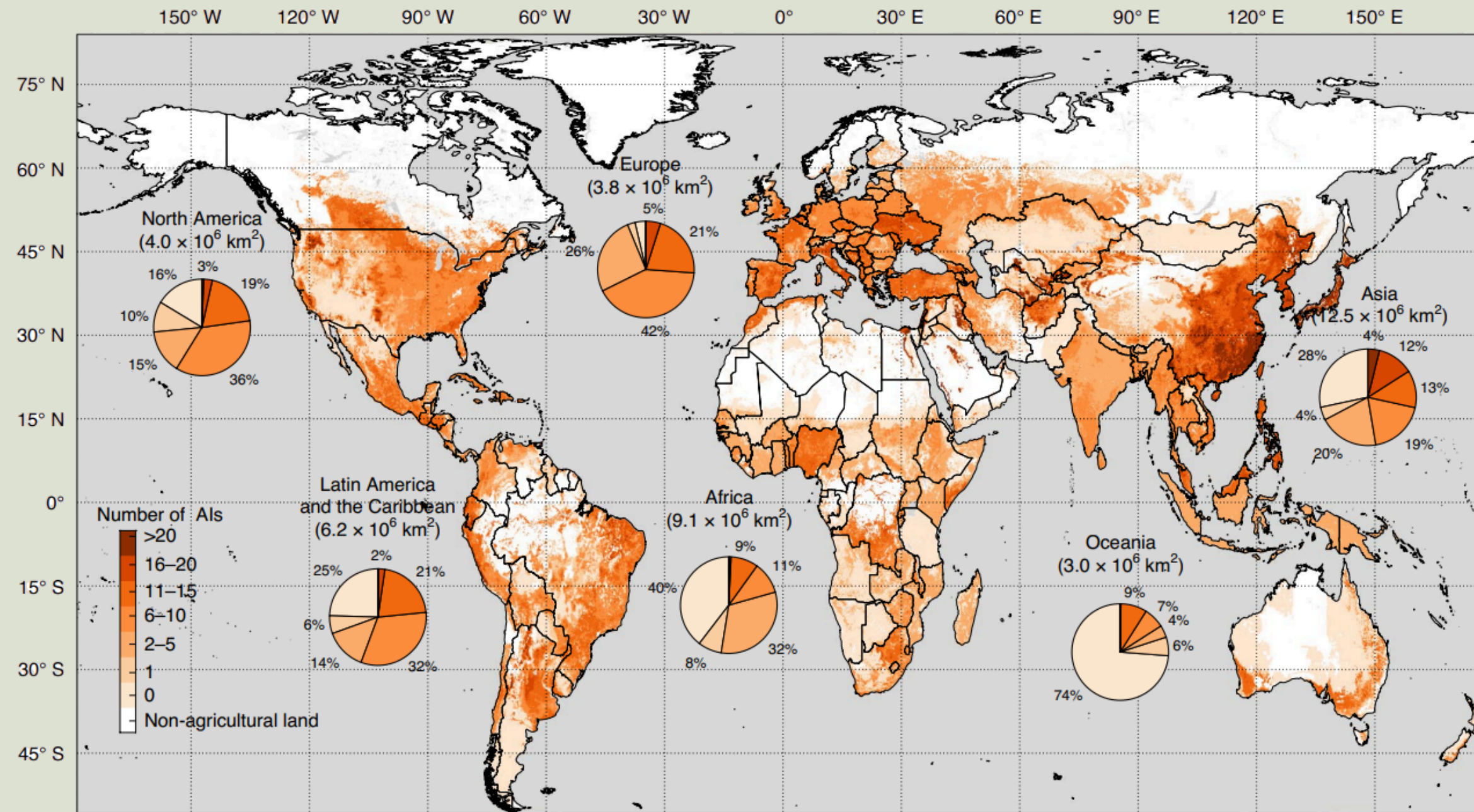
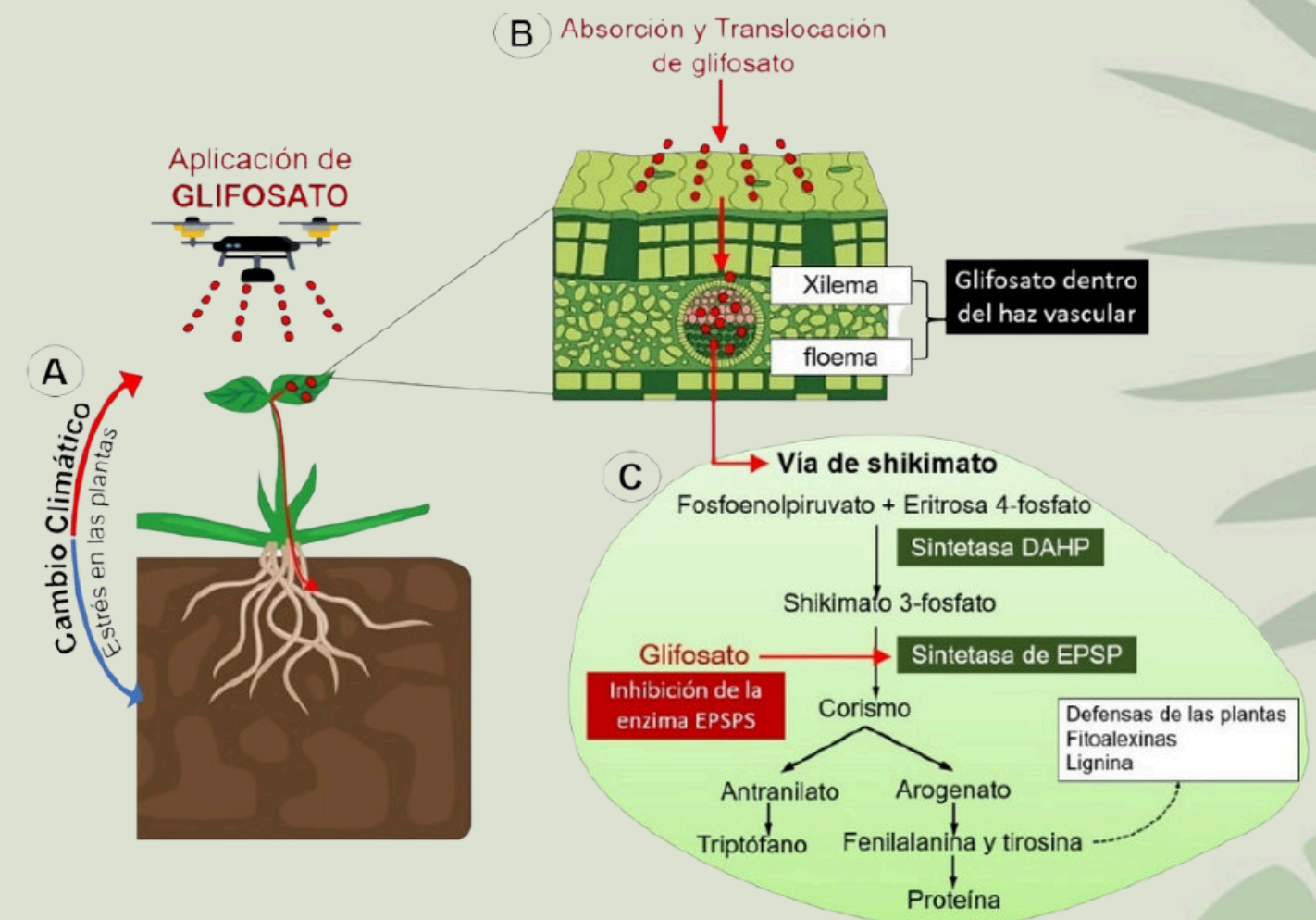


Figura 5. Uso de pesticidas a nivel global Tomado Tang et al. (2021)

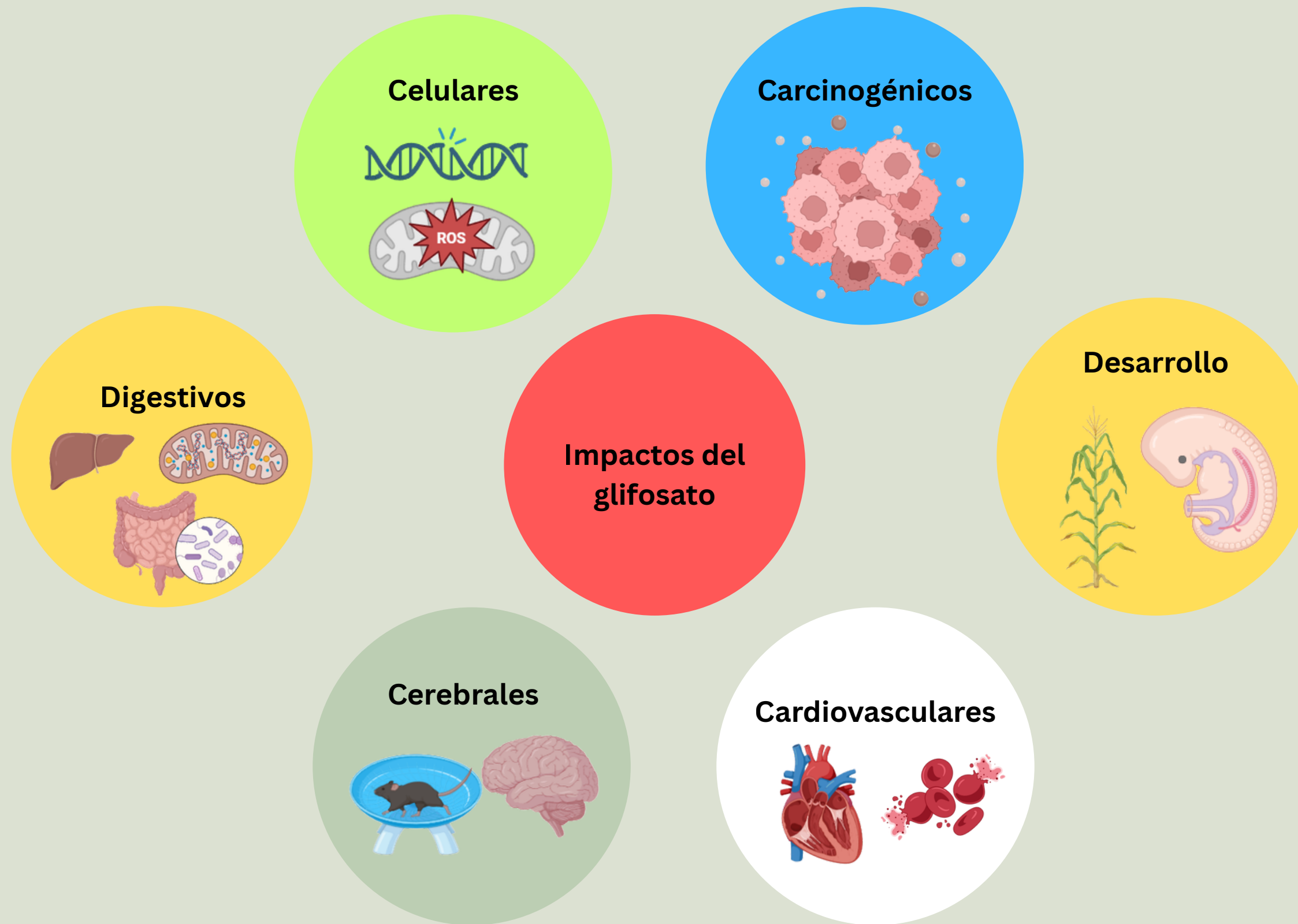
En Colombia, el glifosato se ha distribuido como “Roundup®” para la aspersion de cultivos necesario en la deshidratación de granos, sorgos; e igualmente mediante vía aérea siendo útil en la maduración de la caña de azúcar y coca (Niva E, Sánchez L., 2001; Rondón-Barragán et al., 2012).

# Mecanismo de acción del Glifosato



**Figura 6.** Absorción y translocación de glifosato en las plantas. Tomado de Galin et al. (2019)

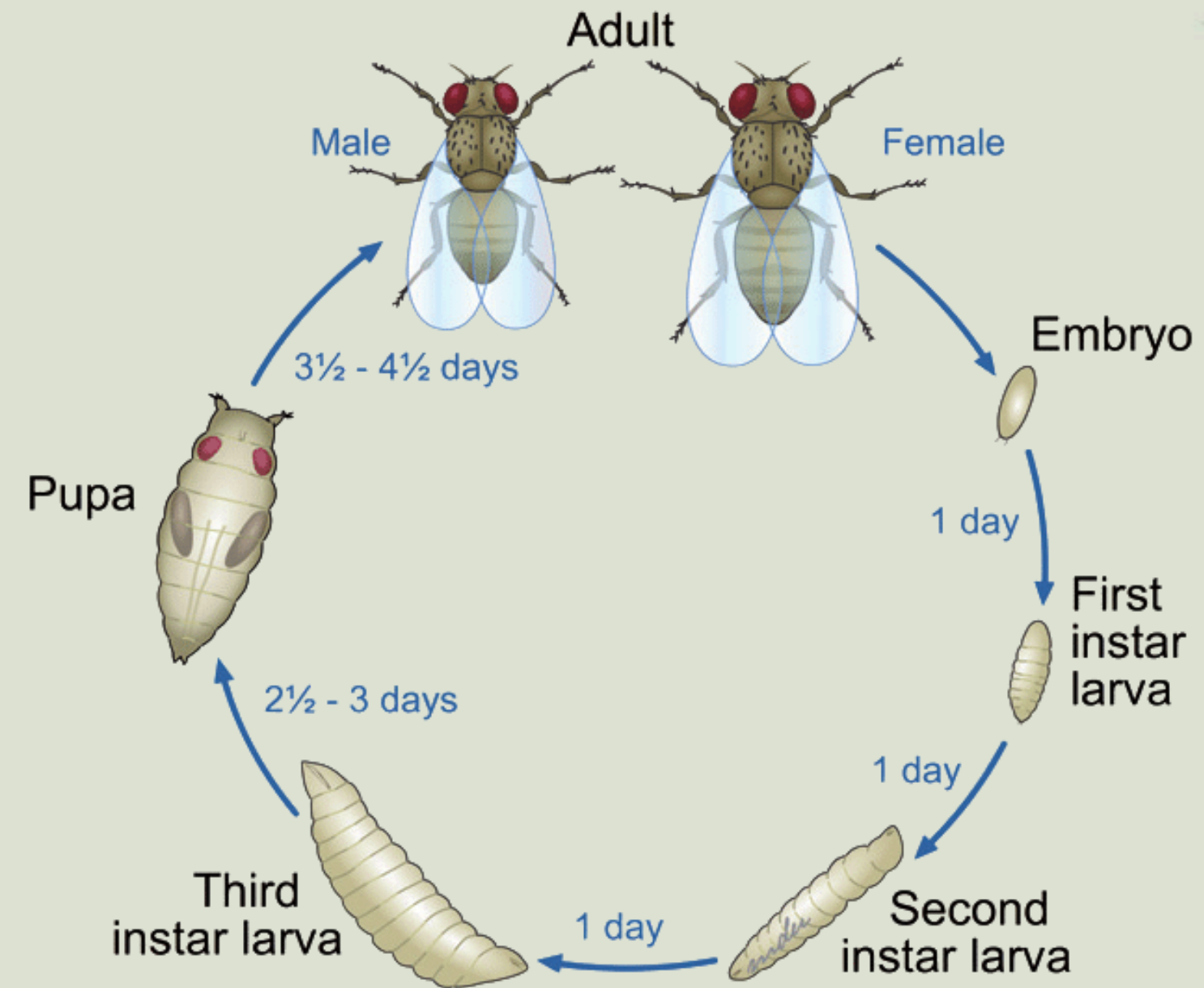
**El glifosato bloquea la enzima EPSPS (clave en la síntesis de aminoácidos). Al no producirse estos aminoácidos, la planta muere**



**Figura 7.** Impactos del glifosato y los herbicidas a base de glifosato en la salud animal. Tomado de Peillex, C., & Pelletier, M. (2020).

***Drosophila melanogaster* como un biomodelo útil para describir procesos asociados a la exposición del glifocafé. Fórmulada derivada de la N-metilfosfonoglicina**

- Bajo costo
- Alta disponibilidad de cepas transgénicas
- Homología con el ser humano del 70 %
- Rápido crecimiento
- Disponibilidad de bioensayos



Alves, S. P. H. (2023)

# Objetivo

## Objetivo general

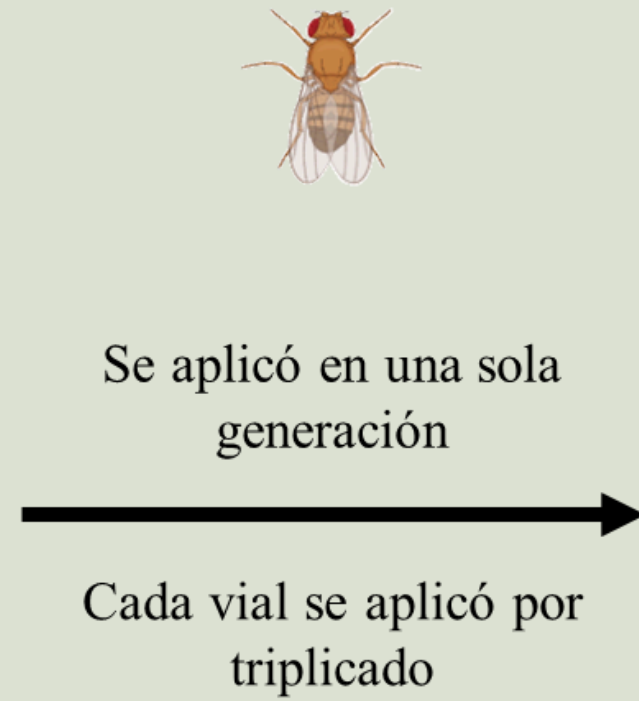
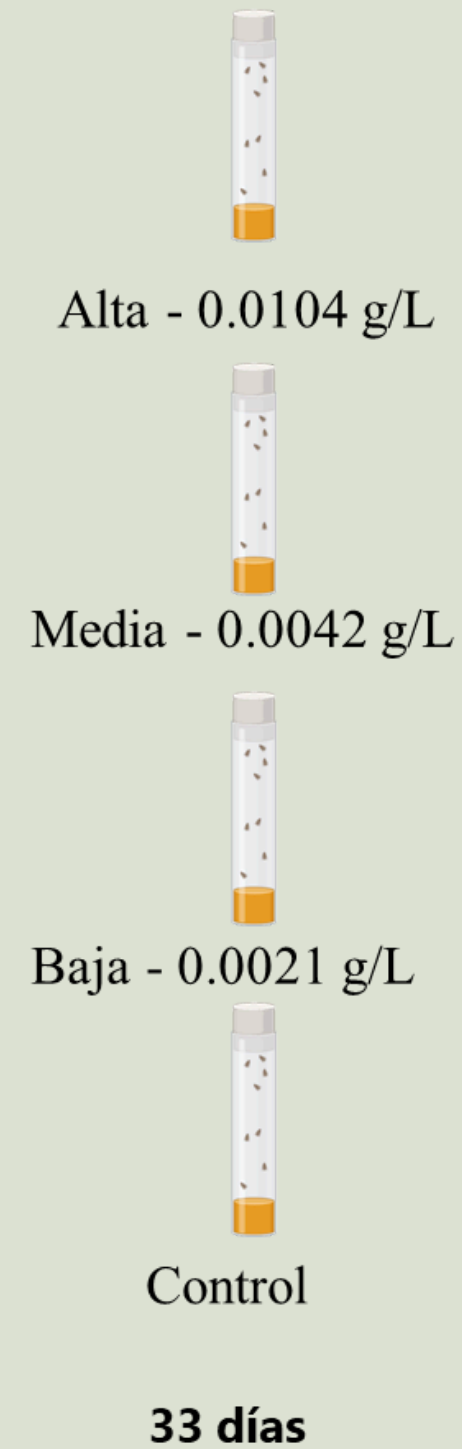
- Evaluar los efectos reproductivos, neurotóxicos y morfológicos de la exposición al Glifocafé en *Drosophila melanogaster*

## Objetivo específico

- Determinar efectos reproductivos en *Drosophila melanogaster* por la exposición al Glifocafé
- Evaluar efectos neurotóxicos en *Drosophila melanogaster* por la exposición al Glifocafé.
- Describir caracteres morfológicos en *Drosophila melanogaster* por la exposición al Glifocafé.



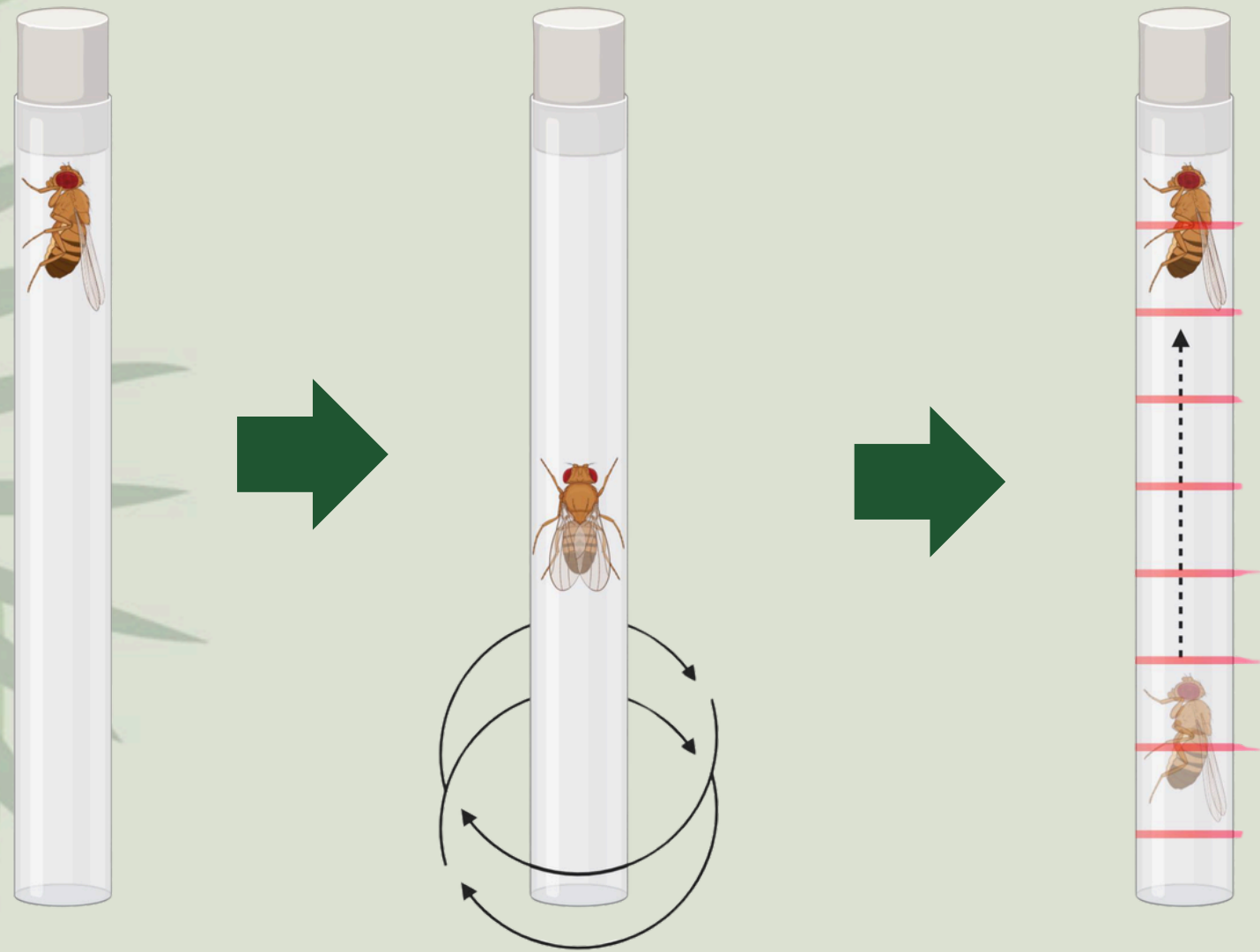
# Materiales y métodos



Durante todo el experimento se mantuvo un fotoperiodo 12h/12h a 25°C

(de Aguiar et al., 2016)

## Ensayo de locomoción



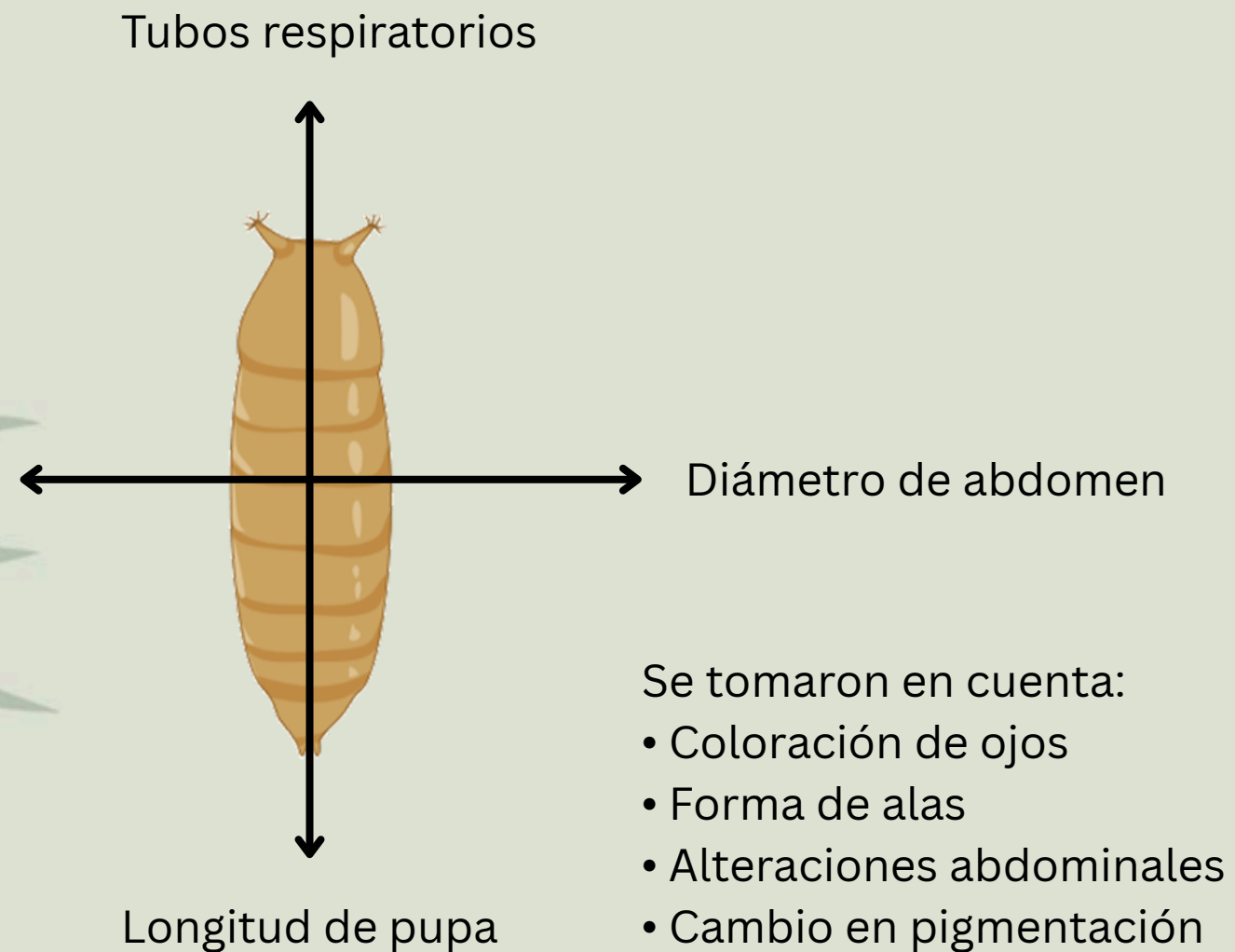
## Ensayo de reproducción

$$\text{Tasa de desova} = \frac{\# \text{ de huevos recogidos}}{\# \text{ de hembras expuestas} \times \text{días de recolección}}$$

$$\text{Tasa de eclosión} = \frac{\# \text{ de huevos eclosionados}}{\# \text{ total de huevos}} \times 100$$



## Alteraciones morfológicas



- Las muestras fueron seleccionadas aleatoriamente, tomando diez pupas por repetición, para un total de 120 individuos evaluados
- Se hicieron 3 réplicas por tratamiento.



# ImageJ

Image Processing & Analysis in Java

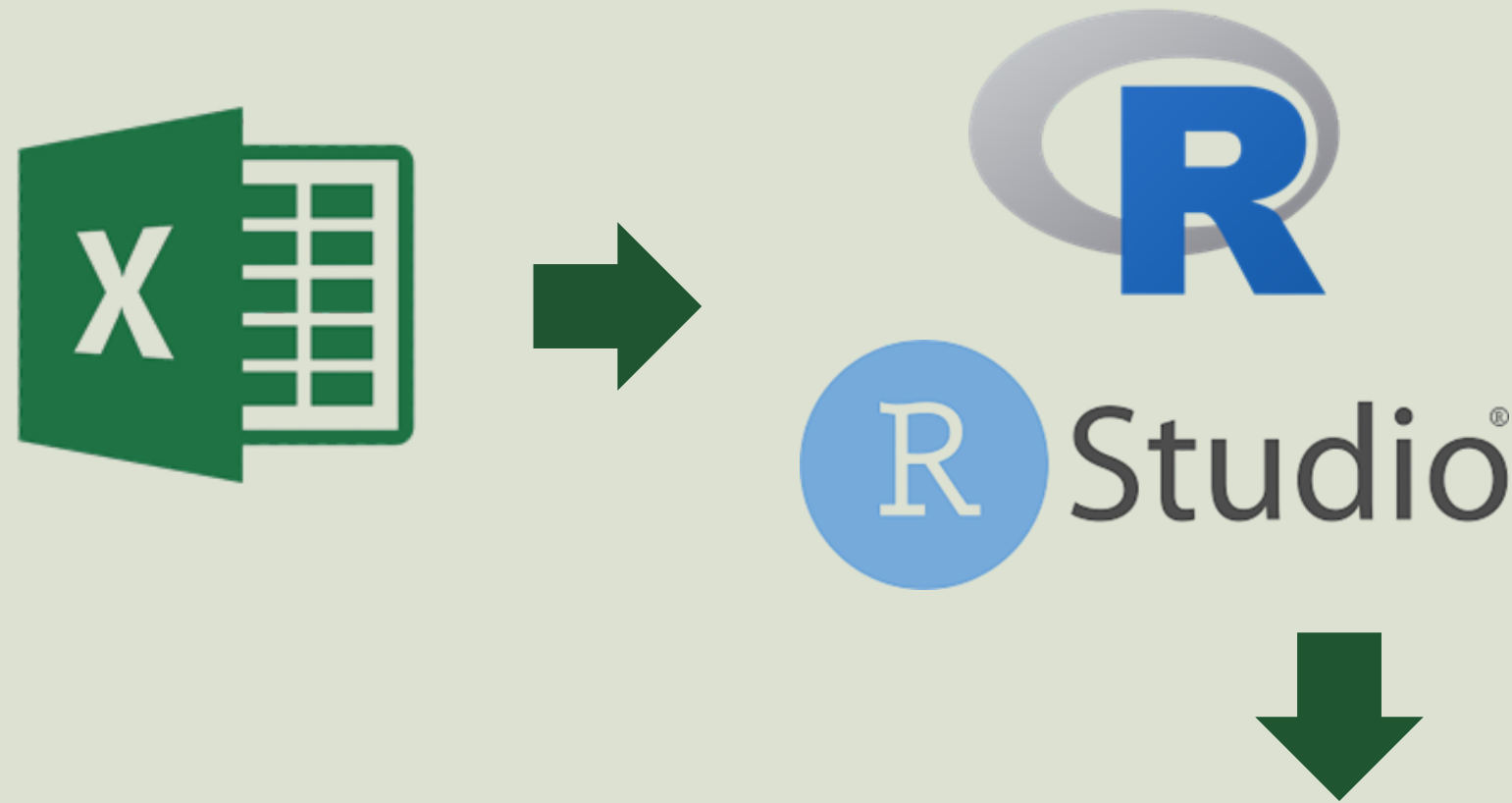
Las mediciones realizadas se hicieron tomando como referencia la escala reportada por Zen lite 3.8 que corresponde a 2000  $\mu\text{m}$

(Rand, 2010; Roy et al., 2018)



## Análisis estadístico

La versión de R 4.4.2 y Rstudio 2024.12.0 Build 467

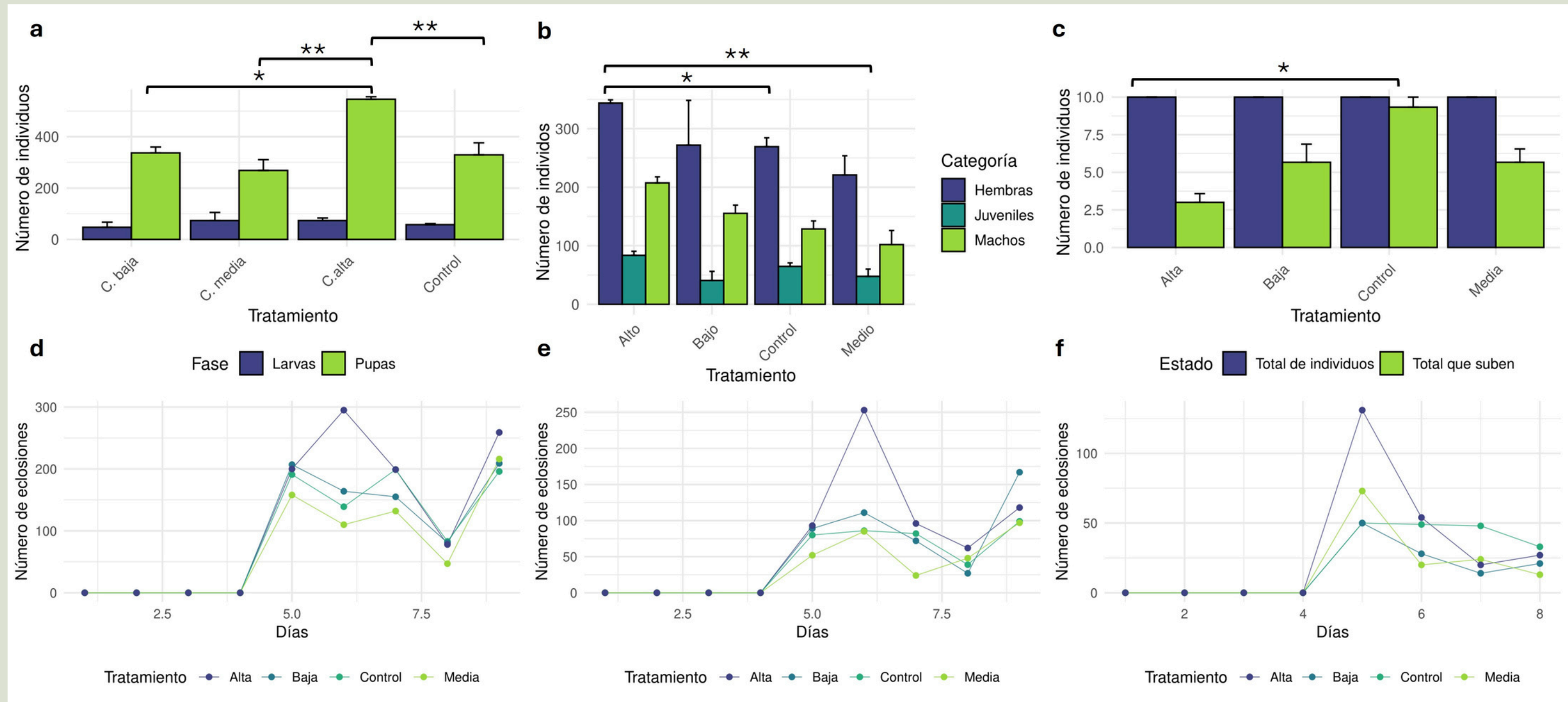


Se aplicó:

- Pruebas paramétrica (ANOVA) de una vía (Desova y eclosión) - Prueba post-hoc de Tukey
- Desova :  $p < 0.05^*$ ,  $p < 0.01^{**}$ .
- Eclosión:  $p > 0.05$ ,  $p < 0.05^*$ ;  $p > 0.05$
- Prueba no paramétrica (KRUSKAL Wallis) para (Ensayo de locomoción) - post-hoc Dunn con ajuste de Bonferroni
- Locomoción:  $p < 0.05^*$
- Correlación de Spearman, para características morfológicas - (No paramétrica) - Relacionar dos variables



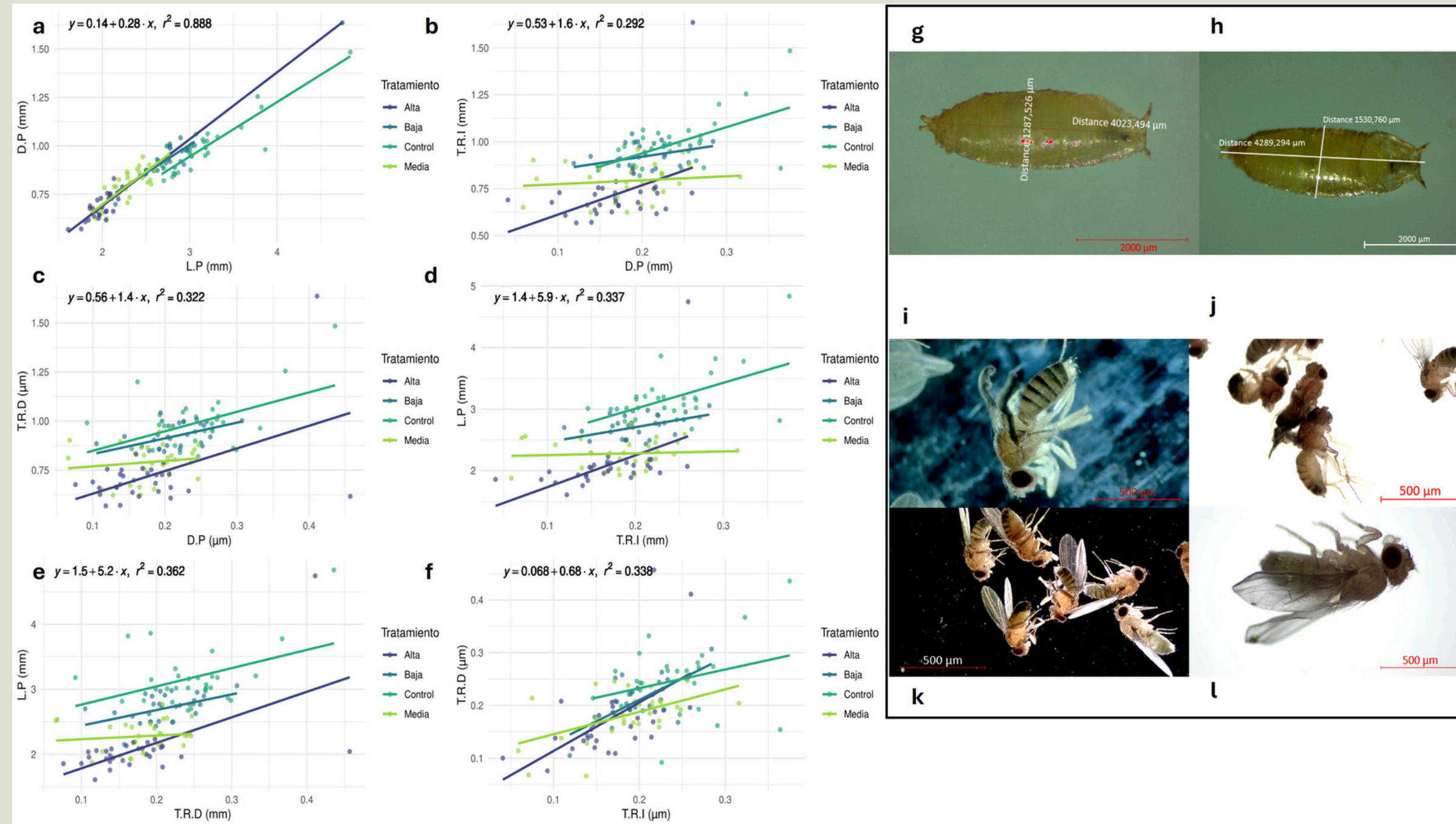
# Resultados y discusión



**Figura 11.** **a.** Número de pupas y larvas según el tratamiento (control, baja, media y alta). **b.** Total de eclosionados hembras, machos y juveniles en relación al tratamiento (control, baja, media, alta). **c.** Prueba de geotaxis negativa donde se muestra el número total de individuos de *D. melanogaster* y el número de individuos que superan los 8 cm en los viales. **d-f.** Dinámica de eclosión diaria de hembras, machos y juveniles.

\* Indica diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) y barras de error representa desviación estándar ( $\pm$  SD)

# Resultados y discusión



**Figura 12.** Análisis de regresión lineal entre variables morfométricas T.R.D, T.R.I, D.P y L.P (mm) discriminadas por tratamiento (control, baja, media y alta). Las regresiones muestran relaciones significativas entre los valores  $R^2=0.3-0.4$ .

## Conclusiones

- La combinación de datos computacionales, morfológicos, neurológicos y reproductivos permiten inferir que la exposición crónica al Glifocafé, incluso a concentraciones subletales, genera un conjunto de efectos adversos.
- Se encontraron relaciones presentes en el diámetro de pupas en concentración alta; mayor desova y eclosiones aceleradas en concentraciones altas.
- Para futuras investigaciones se deberían evaluar efectos transgeneracionales para poder evidenciar con mayor certeza los efectos del glifosato; así como probar dosis más altas.





### Efectos reproductivos, neurotóxicos y morfológicos de la exposición al Glifo Café en *Drosophila melanogaster*.

Asesor: Tatiana Arcos Ortega, PhD

Xavier Clemente García Cevallos<sup>1,2</sup>, Danier Muñoz Buitrón<sup>1,2</sup>, Juan Felipe Huila<sup>3,4</sup>  
1. Estudiantes del Programa de Biología; 2. Semillero de Biología del Desarrollo y Plasticidad Neural - Grupo de Investigación en Microscopía y Análisis de Imágenes (GIMAI); 3. Semillero de Investigación en Geología, Ecología y Conservación (ASIO); 4. Grupo de Estudios en Geología, Ecología y Conservación (GECO); 5. Profesor del departamento de Biología de la Universidad del Cauca



#### Introducción

El glifosato, comercializado en Colombia como Glifo Café, es un herbicida basado en N-fosfonometilglucina 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; Romano et al., 2012; Telexen 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 asociados a la exposición con Glifo Café en *D. melanogaster*.

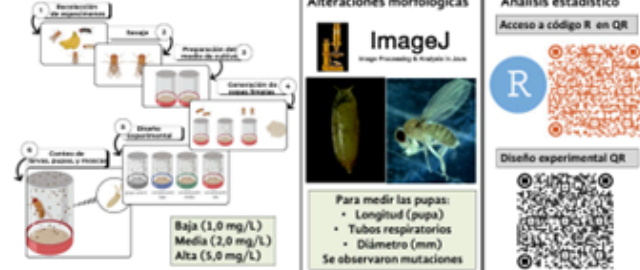
#### Objetivo

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

ImageJ

Para medir las pupas:  
• Longitud (pupa)  
• Tubos respiratorios  
• Diámetro (mm)  
Se observaron mutaciones

#### Análisis estadístico

Acceso a código R en QR

Diseño experimental QR

#### Sección computacional



#### Resultados

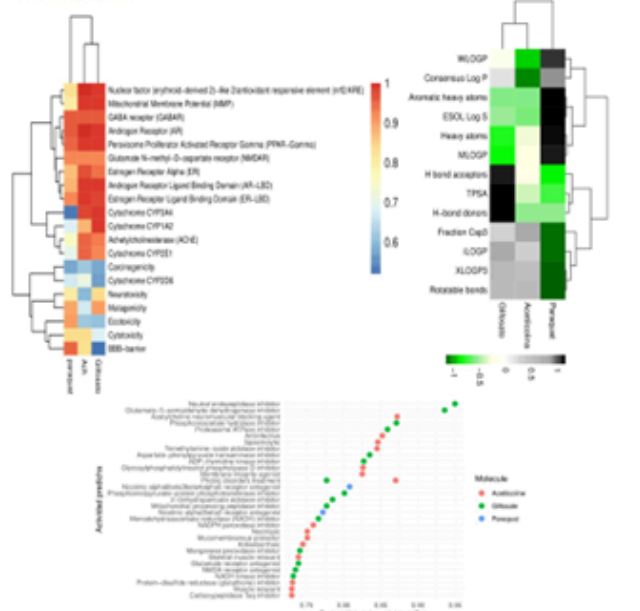


Figura 5. Análisis computacional de las propiedades toxicológicas (izquierda) y fisicoquímicas (derecha) de glifosato, paraquat y acetilcolina. El calor de la izquierda indica alta probabilidad de interacción con blancos moleculares como receptores hormonales, enzimas (como AChE) y efectos adversos (neurotoxicidad, mutagenicidad). Glifosato muestra 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.

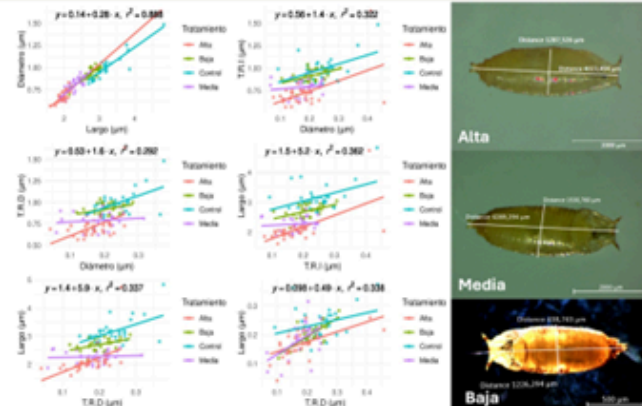


Figura 3. Relación entre variables morfométricas en pupas de *Drosophila melanogaster* expuestas a diferentes concentraciones del herbicida Glifo Café. Se muestran regresiones lineales entre largo, diámetro y los tubos respiratorios derecho (T.R.D) e izquierdo (T.R.I), diferenciadas por tratamiento (Alta, 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.

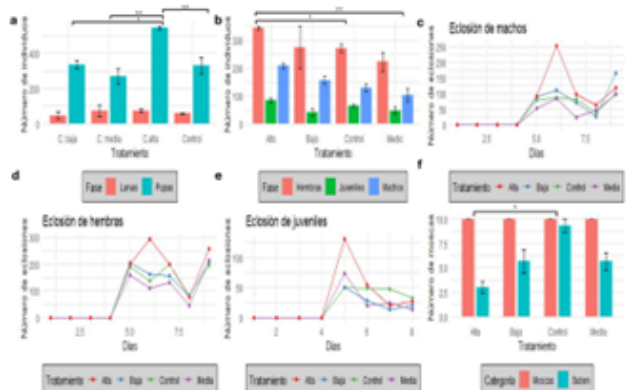


Figura 2. a. Número de pupas/larvas producidas en oviposición (96 horas). Muestra mayor aceleración del desarrollo en concentraciones altas de glifosato y desarrollo tardío de larvas. b. Análisis de componentes principales respecto a la relación de caracteres morfológicos según el tratamiento. Muestra 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 glutamatergicas. La reducción en la geotaxis negativa a altas concentraciones podría estar relacionada con el litigero 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; Méndez-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



Prem\_6023 | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE DURANGO | ESCUELA DE MEDICINA UAD | OTORGA EL PRESENTE | Reconocimiento A: Xavier Clemente García Cevallos, Danier Muñoz Buitrón, Juan Felipe Huila & Tatiana Arcos Ortega | Por obtener el PRIMER LUGAR en el Concurso de Carteles Científicos de Área Externa, Ciclo Escolar Febrero – Julio 2025; con el trabajo de investigación titulado: "Evaluación de los efectos reproductivos, neurotóxicos y morfológicos por exposición al Glifo Café en *Drosophila Melanogaster*" | durante el XIII Encuentro de Investigación en Tecnología Biomédica, Competencias Clínicas y Educación, celebrado en las instalaciones del Lobodome de la Universidad Autónoma de Durango Campus Zacatecas. | Zacatecas, Zac., 30 de mayo del 2025 | Dr. Fabián Fernández Cruz (Director de la Escuela de Medicina), Dr. José Ángel Valdez Aguilar (Secretario Académico), Dr. en C. José Luis Martínez Rodríguez (Coordinador de investigación)

# Agradecimientos



SEMILLERO DE  
INVESTIGACIÓN EN  
GEOLOGÍA,  
ECOLOGÍA Y  
CONSERVACIÓN -  
ASIO



Universidad  
del Cauca



Grupo de Estudios  
en Geología, Ecología  
y Conservación



**Muchas gracias**



# Referencias



**Escanéame**

