

Study of the ecotoxicological effect of Tartrazine on survival and behavior in the water flea

Moza Verástegui, Euder¹, Coronado Infante, Katherin¹, Alvarez Cabrera, Rodrigo¹
Diaz Gavidia, Wilber¹

Sánchez Peña, Marco Mg. Blgo¹, Torres Chávez, Oscar Mg. Blgo¹
N00337519@upn.pe, N00362948@upn.pe, N00336310@upn.pe, N00344209@upn.pe,
marco.sanchez@upn.pe, dolores.torres@upn.edu.pe

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú

Abstract

*This experimental and quantitative study, conducted in the laboratory of the Universidad Privada del Norte-Cajamarca, focused on analysing the ecotoxicological impact of tartrazine (synthetic azo dye E102), present in commercial mustards, on the survival and behavior of water fleas (*Daphnia magna*). *Daphnia magna* is a bioindicator sensitive to aquatic toxicity, and the objective was to provide evidence of the risk posed by this emerging contaminant when released into aquatic ecosystems. To this end, *Daphnia magna* neonates were exposed to solutions of three brands of mustard (A, B, C) and a control group (distilled water) for 15 days. The results demonstrated an acute and significant toxic effect, with total mortality (100%) recorded in the mustard treatments by day 13 of exposure. In addition, tolethality, morphological changes were observed, such as intense yellow pigmentation of the body, loss of transparency, deformation of the shell, and reduced mobility. In conclusion, the findings confirm that the concentrations of tartrazine present in commercial products may exceed ecotoxic levels, posing a potential risk to aquatic ecosystems and highlighting the need to regulate the discharge of these synthetic dyes.*

Keywords- Tartrazine, bioindicator, contaminant, ecosystems, pigmentation

Estudio del efecto ecotoxicológico de la tartrazina sobre la supervivencia y el comportamiento de la pulga de agua.

Moza Verástegui, Euder¹, Coronado Infante, Katherin¹, Alvarez Cabrera, Rodrigo¹
Diaz Gavidia, Wilber¹

Sánchez Peña, Marco Mg. Blgo¹ Torres Chávez, Oscar Mg. Blgo¹
N00337519@upn.pe, N00362948@upn.pe, N00336310@upn.pe, N00344209@upn.pe,
marco.sanchez@upn.pe, dolores.torres@upn.edu.pe

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú

Resumen - Este estudio experimental y cuantitativo, realizado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, se centró en analizar el impacto ecotoxicológico de la tartrazina (colorante azoico sintético E102), presente en mostazas comerciales, sobre la supervivencia y el comportamiento de las pulgas de agua (*Daphnia magna*). *Daphnia magna* es un bioindicador sensible a la toxicidad acuática, y el objetivo fue aportar evidencia del riesgo que representa este contaminante emergente al ser liberado en ecosistemas acuáticos. Para ello, neonatos de *Daphnia magna* fueron expuestos a soluciones de tres marcas de mostaza (A, B, C) y a un grupo control (agua destilada) durante 15 días. Los resultados demostraron un efecto tóxico agudo y significativo, registrándose una mortalidad total (100%) en los tratamientos con mostaza al día 13 de exposición. Además de la letalidad, se observaron cambios morfológicos, como una intensa pigmentación amarilla del cuerpo, pérdida de transparencia, deformación de la concha y reducción de la movilidad. En conclusión, los resultados confirman que las concentraciones de tartrazina presentes en productos comerciales pueden superar los niveles ecotóxicos, lo que supone un riesgo potencial para los ecosistemas acuáticos y subraya la necesidad de regular la descarga de estos colorantes sintéticos.

Palabras clave: Tartrazina, bioindicador, contaminante, ecosistemas, pigmentación.

I. INTRODUCCION

La tartrazina, un colorante artificial derivado del petróleo, es comúnmente utilizada en alimentos, medicamentos y productos cosméticos. Su popularidad en la industria se debe a su bajo costo y durabilidad, lo que la convierte en una opción económica para los fabricantes de productos ultra procesados. [1]. Sin embargo, diversos estudios han planteado preocupaciones sobre su potencial toxicidad y los efectos adversos que pueden causar en organismos acuáticos cuando el colorante llega al medio ambiente, especialmente a través de vertidos industriales y residuos domésticos en ecosistemas

acuáticos, la exposición a sustancias químicas como la tartrazina puede representar un riesgo significativo para los organismos, alterando el equilibrio ecológico. La toxicidad de esta sustancia es de especial interés en las pulgas de agua, pequeños crustáceos que sirven como bioindicadores debido a su sensibilidad a los contaminantes, su rápido ciclo de vida y su importancia en la cadena trófica de ambientes acuáticos.

Los colorantes artificiales, como la tartrazina (E102), son ampliamente utilizados en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética debido a su bajo costo y alta estabilidad [2]. Sin embargo, su presencia en cuerpos de agua como resultado de descargas industriales y domésticas plantea serias preocupaciones ambientales, ya que pueden generar efectos tóxicos en diversos organismos [3]. La tartrazina es un colorante azoico sintético que, aunque aprobado para el consumo humano en dosis controladas, puede actuar como un contaminante emergente al ser liberado sin tratamiento adecuado en el medio hídrico [4].

Entre los bioindicadores más sensibles para evaluar la toxicidad de contaminantes en medios dulceacuícolas, se encuentra el bioindicador *Daphnia magna*, una especie de zooplancton ampliamente utilizada en estudios ecotoxicológicos debido a su ciclo de vida corto, facilidad de cultivo en laboratorio y alta sensibilidad a sustancias tóxicas [5]. La exposición de *Daphnia magna* a contaminantes como la tartrazina permite evaluar no solo la toxicidad aguda, sino también posibles efectos subletales, como alteraciones en la reproducción o en la movilidad, que podrían comprometer la estabilidad ecológica de los ecosistemas acuáticos [6].

En este estudio se evaluó los efectos citotóxicos y mutagénicos de la tartrazina en células eucariotas, utilizando diferentes concentraciones del colorante para analizar su impacto a nivel celular. Los resultados evidenciaron que la exposición a este aditivo provoca alteraciones significativas en

la viabilidad celular, así como daños en el material genético, lo que sugiere la inducción de procesos de estrés oxidativo y posibles mecanismos de genotoxicidad. Asimismo, se observaron cambios en la integridad de las membranas celulares y en la actividad metabólica, indicando un efecto negativo directo sobre el funcionamiento celular, fue realizado por Dos Santos [7].

Según Arenazas, desarrolló una metodología analítica basada en cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para cuantificar tartrazina en bebidas artificiales y evaluar su efecto citotóxico en líneas celulares de cáncer. Los resultados evidenciaron concentraciones superiores a los límites establecidos por la normativa europea y una reducción significativa en la viabilidad celular, indicando el potencial riesgo de este colorante sintético para la salud. Este trabajo subraya la importancia de controlar su concentración y analizar sus efectos en organismos biológicos [8].

Gruszczyńska et al. evaluaron la toxicidad de la tartrazina y otros colorantes azoicos en *Daphnia magna* mediante ensayos de inmovilización aguda y aproximaciones multiómicas. Sus resultados mostraron que la tartrazina produjo una concentración de efecto medio (CE50) de aproximadamente 0.8 mg/L, afectando la expresión génica relacionada con la detoxificación y el metabolismo energético de los organismos expuestos. Estos hallazgos confirman que la tartrazina actúa como contaminante emergente con capacidad de alterar los procesos fisiológicos fundamentales de los crustáceos acuáticos, incluso a concentraciones bajas presentes en productos de consumo cotidiano [9].

La tartrazina posee efectos citotóxicos documentados, ya que altera las condiciones del proceso de replicación del ADN y la síntesis de proteínas, comprometiendo la viabilidad celular incluso a concentraciones permitidas para consumo humano [2]. En los estudios realizados por Dos Santos et al. [7] e Abe et al. [10], se indica que al utilizar pulgas de agua (*Daphnia magna*) como organismos bioindicadores expuestos a colorantes azoicos como la tartrazina, se registraron efectos adversos significativos: reducción de la movilidad, alteraciones en la tasa de reproducción, deformaciones morfológicas y mortalidad progresiva en función de la concentración y el tiempo de exposición. Arenazas et al. [8] complementan estos hallazgos señalando que los bioensayos con *Daphnia magna* constituyen una herramienta estandarizada y sensible para detectar contaminantes emergentes en cuerpos de agua, lo que respalda su uso en el presente estudio para evaluar el riesgo ecotoxicológico de la tartrazina liberada desde productos comerciales al ambiente acuático [11].

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de la tartrazina en *Daphnia magna* bajo condiciones controladas de laboratorio, con el fin de aportar evidencia

científica sobre los riesgos que este aditivo representa para los ecosistemas acuáticos. Además, se pretende destacar la importancia de regular el uso y vertido de colorantes sintéticos, promoviendo una gestión ambiental más responsable [12].

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar el efecto ecotoxicológico de la tartrazina en productos como la mostaza sobre la supervivencia y el comportamiento en la pulga de agua (*Daphnia magna*) expandida en los supermercados de Cajamarca -Perú.

Objetivo específico:

Determinar y registrar los efectos subletales (alteraciones en movilidad, comportamiento y reproducción) de la tartrazina en *Daphnia magna* durante exposiciones controlada.

III. MATERIALES Y METODO

Este estudio fue transversal exploratoria descriptiva, diseñado para evaluar la toxicidad de la tartrazina en ecosistemas acuáticos mediante el uso de pulgas de agua como bioindicadores. Se empleó un diseño experimental controlado para observar los efectos de diferentes marcas de mostaza que contienen tartrazina en las variables biológicas de las pulgas de agua, específicamente cambios en su comportamiento, desarrollo y daño corporal.

La población del estudio consistió en pulgas de agua (*Daphnia magna*), ampliamente utilizadas como indicadores de toxicidad ambiental debido a su sensibilidad a contaminantes. La muestra incluyó varios grupos de pulgas de agua distribuidas aleatoriamente en recipientes con soluciones de distintas marcas de mostaza que contienen tartrazina y un grupo control sin exposición a la sustancia, siguiendo los criterios de selección y manejo de organismos establecidos en las guías OECD 202 [13] y OECD 211 [14].

Materiales:

- Neonatos de *Daphnia* (< 24 h) provenientes de cultivo sano
- Mostaza marcas A, B, C.
- Agua destilada 2L.
- 4 frascos de vidrio de 500 ml.
- Microalgas (*Chlorella*) para alimentación mínima.

Identificación:

- Frasco A → Mostaza marca A (5 ml- + agua destilada)
- Frasco B → Mostaza marca B (5 ml. + agua destilada)
- Frasco C → Mostaza marca C (5 ml. + agua destilada)
- Frasco D → Solo agua destilada (control)

Procedimiento:

En cada frasco experimental se vertieron 5 ml. de la mostaza correspondiente (A, B o C) y se completó con agua destilada hasta un volumen total de 500 ml. El frasco control se preparó únicamente con agua destilada. Las soluciones se agitaron suavemente hasta lograr una mezcla homogénea antes de introducir los organismos, según las pautas indicadas por la [14] para mantener uniformidad en los medios de ensayo. No se mencionan los nombres comerciales de las muestras con el fin de evitar referencias directas a marcas

Los ensayos se realizaron durante 15 días a una temperatura ambiente de 15°C, con exposición solar indirecta y sin aireación forzada. Las *Daphnia magna* se mantuvieron en condiciones similares de iluminación y temperatura durante todo el experimento, siguiendo las recomendaciones generales descritas [13]. Teniendo en cuenta que estos parámetros fueron extraídos de fuentes metodológicas: guías OECD para *Daphnia* (202, 211) y manuales estándar para parámetros fisicoquímicos.

Las observaciones se realizaron diariamente, registrando el número de organismos vivos y muertos en cada frasco. Se consideró muerta a toda *Daphnia magna* que no presentó movimiento por un lapso de 10 segundos tras un estímulo suave del medio. Adicionalmente, los organismos fueron observados bajo microscopía óptica, verificando la ausencia de movimiento de apéndices y respuesta a estímulos visuales [13]. Los individuos muertos fueron retirados inmediatamente para evitar deterioro del agua. Los datos obtenidos fueron organizados en una tabla diaria de mortalidad y posteriormente expresados en porcentaje de supervivencia por tratamiento, tal como se muestra en la Tabla I.

IV. RESULTADOS

Durante el ensayo de toxicidad aguda con *Daphnia magna*., se emplearon cuatro frascos de exposición, cada uno con un promedio de 100 organismos: los tratamientos Mostaza marca A, Mostaza marca B y Mostaza marca C, y un cuarto frasco mantenido como control con agua destilada únicamente.

A lo largo del periodo experimental de 15 días, las pulgas de agua expuestas a las muestras de mostaza mostraron cambios morfológicos y de comportamiento. Entre los cambios morfológicos más notables se registraron:

- Pigmentación amarilla intensa en el exoesqueleto y cavidad interna, indicando posible bioacumulación de tartrazina. (Fig.1)
- Pérdida de transparencia corporal, dificultando la visualización de órganos internos. (Fig. 1)
- Deformación del caparazón dorsal, evidente en varios individuos a partir del décimo día. (Fig. 2)

- Reducción del tamaño corporal, posiblemente asociada a alteraciones en el desarrollo y metabolismo. (Fig. 2)
- Malformaciones antenulares y en las extremidades torácicas, que afectaron la natación y alimentación. (Fig. 3)

Estos cambios se acentuaron en los tratamientos con mayor concentración aparente del colorante, siendo más notorios en el tratamiento C.

TABLA I
PORCENTAJE DE MORTALIDAD ACUMULADA EN *Daphnia magna*, DURANTE 15 DÍAS DE EXPOSICIÓN A MOSTAZA COMERCIAL

Día de exposición	Tratamiento A (%)	Tratamiento B (%)	Tratamiento C (%)	Control (%)
1	0	1	0	0
3	10	10	35	0
5	30	30	60	0
7	45	45	80	0
9	60	60	95	2
10	70	70	100	2
12	85	85	100	3
13	100	100	100	4
15	100	100	100	5

TABLA II
CAMBIOS MORFOLÓGICOS OBSERVADOS EN *Daphnia magna* SEGÚN TRATAMIENTO

CAMBIO MORFOLÓGICO	TRATAMIENTO A	TRATAMIENTO B	TRATAMIENTO C	CONTROL
Pigmentación amarilla del cuerpo	Moderada	Intensa	Muy intensa	Ausente
Pérdida de transparencia corporal	Parcial	Notoria	Total	Ausente
Deformación del caparazón dorsal	Leve	Moderada	Severa	Ausente
Reducción del tamaño corporal	Leve	Moderada	Notoria	Ausente
Malformaciones antenulares y torácicas	Escasa	Frecuente	Generalizada	Ausente
Movilidad reducida	Media	Alta	Total	Normal

En conjunto, los resultados evidencian que la exposición a mostazas comerciales con contenido de tartrazina ocasiona un efecto tóxico agudo y progresivo sobre *Daphnia magna*, reflejado tanto en la mortalidad total de los organismos como

en las alteraciones morfológicas y fisiológicas descritas. El incremento en la severidad de las deformaciones y la pérdida de vitalidad en función del tratamiento sugiere una relación directa entre la concentración de colorante y el grado de daño biológico, lo que confirma el potencial efecto contaminante y bioacumulativo de la tartrazina en ecosistemas acuáticos.

FIGURAS MICROSCÓPICAS DE DAPHNIA MAGNA.

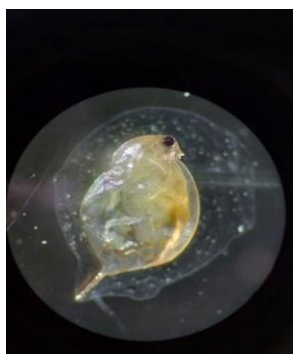


Fig.1: Cuerpo parcialmente pigmentado y una notable pérdida de transparencia,

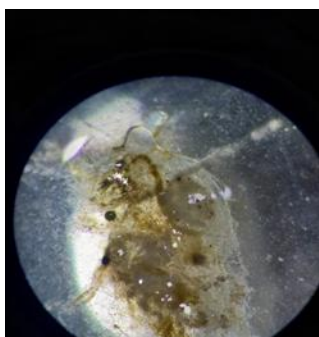


Fig.2: Deformación progresiva del caparazón y una reducción de la movilidad.

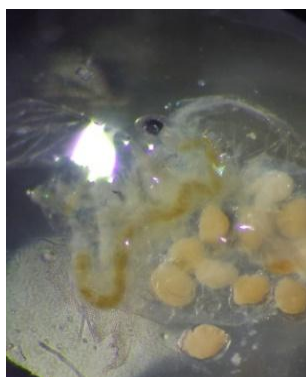


Fig.3: Sistema sistema digestivo de color amarillo, señal clara de acumulación interna de tartrazina.

V. DISCUSION

Los resultados del presente estudio demostraron que la exposición de *Daphnia magna* a mostazas comerciales que contienen tartrazina provocó efectos tóxicos agudos, evidenciados por una mortalidad total de los organismos a los 15 días de exposición. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Abe et al. [10], quienes observaron que los colorantes sintéticos, particularmente los azoicos, pueden alterar significativamente el comportamiento, la movilidad y la tasa de supervivencia de *Daphnia magna* incluso a bajas concentraciones. La pigmentación amarilla intensa y la pérdida de transparencia corporal registradas en este experimento sugieren un proceso de bioacumulación del colorante, lo que coincide con los mecanismos descritos por dos Santos et al. [7], quienes asociaron la tartrazina con daños celulares y estrés oxidativo en bioensayos in vivo.

Asimismo, la deformación del caparazón dorsal y las malformaciones en extremidades antenulares observadas en las pulgas de agua pueden atribuirse a la interferencia de la tartrazina en los procesos de síntesis proteica y desarrollo estructural. En este sentido, Wu et al. [15], reportaron que la exposición a tartrazina en peces (*Carassius auratus*) genera daños histológicos y desórdenes inmunológicos, lo cual refuerza la idea de que este aditivo tiene efectos citotóxicos y fisiológicos más allá de la toxicidad aguda. Por lo tanto, los cambios morfológicos observados en *Daphnia* sp. reflejan un patrón de toxicidad sistémica compatible con la literatura reciente.

La progresión del daño y el incremento de la mortalidad con el tiempo y la concentración sugieren una relación dosis-respuesta clara, lo que confirma el comportamiento tóxico acumulativo de la tartrazina. Estudios previos, como el de [9], han documentado que los colorantes azoicos presentan una toxicidad dependiente de la concentración, afectando el metabolismo energético y la reproducción de *Daphnia magna*. Este fenómeno podría explicar la reducción del tamaño corporal y la movilidad registrada en el presente experimento.

Cabe destacar que, aunque no se determinó la concentración letal media (CL50), la elevada mortalidad en los tratamientos con mostaza indica que las concentraciones de tartrazina presentes en productos comerciales pueden superar los niveles ecotóxicos reportados por [16] para otros colorantes sintéticos. Esto implica un riesgo real si los residuos de estos productos llegan a cuerpos de agua sin tratamiento previo. Además, considerando que *Daphnia magna* ocupa una posición clave en la red trófica, la mortalidad masiva de esta especie puede desencadenar efectos en cascada, afectando a

niveles superiores como peces e insectos acuáticos, lo cual también fue destacado por [17] en estudios de toxicidad comparativa.

Es importante señalar una limitación metodológica relevante: la mortalidad observada del 100% podría no deberse exclusivamente a la tartrazina, sino también a otros componentes presentes en la mostaza comercial utilizada, como el vinagre (ácido acético), el cloruro de sodio y los conservadores, los cuales pueden alterar el pH y la salinidad del medio acuático, generando condiciones adversas para *Daphnia magna* de forma independiente al colorante, tal como lo advierten Persoone et al. [17] al destacar la importancia de controlar las variables de la matriz en bioensayos de toxicidad aguda. Para aislar con precisión el efecto ecotóxico de la tartrazina, estudios futuros deberían utilizar el colorante puro en lugar de formulaciones comerciales, permitiendo así controlar adecuadamente la variable independiente y atribuir la toxicidad observada de manera inequívoca a la tartrazina, siguiendo los criterios metodológicos establecidos por la OECD.

Como se puede apreciar en las Figuras 1, 2 y 3, las imágenes microscópicas de *Daphnia magna* expuestas a mostazas comerciales con contenido de tartrazina evidencian de manera progresiva el efecto tóxico del colorante sobre la biología del organismo: la Figura 1 muestra una pérdida de transparencia y una pigmentación amarilla generalizada que indican procesos de bioacumulación en los tejidos internos; la Figura 2 revela deformaciones visibles en el caparazón y las extremidades que reflejan daño estructural asociado a la interferencia del colorante en la síntesis proteica y el desarrollo del exoesqueleto; finalmente, la Figura 3 confirma la intensa coloración amarilla del sistema digestivo, evidenciando la ingestión directa y acumulación del compuesto, lo cual sugiere afectación metabólica, estrés oxidativo y deterioro funcional del tracto digestivo.

En conjunto, estas alteraciones coinciden con lo reportado por Abe et al. [10], Dos Santos et al. [7] y Wu et al. [15], quienes describen que los colorantes azoicos, como la tartrazina, pueden generar daños celulares, inhibir la movilidad y comprometer la supervivencia de *Daphnia magna*, corroborando que la exposición prolongada a este aditivo sintético desencadena una toxicidad sistémica que explica la elevada mortalidad registrada en el experimento. Estos resultados confirman que la tartrazina, aun siendo aprobada para uso alimentario humano, puede actuar como un contaminante emergente en ecosistemas acuáticos, capaz de alterar la estructura y funcionalidad de las comunidades biológicas, tal como advierten Gruszczyńska et al. [9] y Persoone et al. [17].

VI. CONCLUSIONES

El estudio ecotoxicológico realizado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, que analizó el impacto de la tartrazina sobre la pulga de agua (*Daphnia magna*), logró evidenciar un efecto tóxico agudo y significativo de este colorante en el organismo bioindicador. La exposición a la mostaza que contiene tartrazina resultó en una mortalidad del 100% en los individuos tratados al día 13 de exposición, en clara diferencia con el 95% de supervivencia registrado en el grupo control al final del periodo experimental, tal como se muestra en la Tabla I. Este resultado es consistente con la alta sensibilidad de *Daphnia magna* a los compuestos químicos y colorantes sintéticos, como los azoicos a los que pertenece la tartrazina.

La marcada mortalidad observada establece que la concentración de tartrazina en la mezcla utilizada fue suficientemente potente para inducir un efecto letal en un corto periodo. Si bien el presente estudio no determinó experimentalmente la concentración letal media (CL50), Gruszczyńska et al. [9] reportaron un umbral de toxicidad aguda (CE50) de aproximadamente 0.8 mg/L para colorantes azoicos como la tartrazina en ensayos con *Daphnia magna*, valor que sirve como referencia para estimar que las concentraciones presentes en las soluciones de mostaza comercial empleadas superaron dicho umbral, lo cual es consistente con la mortalidad total registrada. Este hallazgo sugiere un riesgo ecotoxicológico potencial si la tartrazina es liberada en ecosistemas acuáticos a través de aguas residuales domésticas o industriales. El mecanismo de toxicidad inferido, y respaldado por la literatura, indica que la tartrazina puede generar estrés oxidativo y daño celular en los organismos acuáticos, comprometiendo sus procesos vitales y supervivencia, tal como documentan dos Santos et al. [7] y Wu et al. [15].

REFERENCIAS

- [1] Angulo, J. (2025, 27 enero). El colorante artificial que desató el debate mundial se encuentra en productos procesados como queso, galletas y yogur en Perú. Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2025/01/22/el-colorante-artificial-que-desato-el-debate-mundial-se-encuentra-en-productos-procesados-como-queso-galletas-y-yogur-en-peru/>
- [2] Tkaczyk, A., Poznański, J., & Banach, M. (2020). Synthetic organic dyes as contaminants of the aquatic environment and their implications for ecological and human health: A literature review. *Science of the Total Environment*, 717, 137222. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720307324>
- [3] Ranjbar-Nedamani, A., Balvardi, M., & Hamed-Salmani, M. (2022). Stability enhancement of natural food colorants: A review. *Journal of Food Engineering*, 324, 111044.
- [4] https://www.researchgate.net/publication/357780115_Stability_Enhancement_of_Natural_Food_Colorants_-_A_Review

- [5] Deniz, F., & Yasar, A. (2022). The effects of synthetic dye pollution on the aquatic environment and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 90, 103770.
https://www.researchgate.net/publication/378372539_The_effects_of_synthetic_dye_pollution_on_the_aquatic_environment_and_human_health
- [6] Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321012720>
- [7] Dos Santos et al., (2022). Cytotoxic and mutagenic effects of the food additive tartrazine on eukaryotic cells. *Enlace*: <https://doi.org/10.1186/s40360-022-00638-7> *Investigación UEES+1*
- [8] Arenazas, J., Tejada, M., & Villalba, R. (2024). Evaluación ecotoxicológica de los sedimentos en un tramo urbano y periurbano del río Chili, Arequipa (Perú). *Revista científica* [Artículo].
<https://research.ulsofona.pt/publications/evaluaci%C3%B3n-ecotoxicol%C3%B3gica-de-sedimentos-en-un-tramo-urbano-y-periurbano-del-r%C3%BAo-Chili-Arequipa-Per%C3%BA>
- [9] Gruszczyńska et al.,(2024). Multi-omics bioactivity profile-based chemical grouping and read-across: a case study with *Daphnia magna* and azo dyes. *Enlace*: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-024-03759-6> *SpringerLink+2Investigación de Birmingham+2*
- [10] Abe et al., (2019). Life history and behaviour effects of synthetic and natural dyes on *Daphnia magna*. *Enlace*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31344623/> *PubMed*
- [11] Bioindicadores de calidad de nuestros ecosistemas acuáticos. (2021, mayo 16). *Agua.org.mx*.
<https://agua.org.mx/biblioteca/bioindicadores-de-calidad-de-nuestros-ecosistemas-acuaticos/>
- [12] FAO. (2001). *Daphnia and Moina: Culture, feeding and use in aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/3/w3732e/w3732e0x.htm>
- [13] OECD. (2004). Test No. 202: *Daphnia sp.* Acute Immobilisation Test. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264069947-en>
- [14] OECD. (2012). Test No. 211: *Daphnia magna* Reproduction Test. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264185203-en>
- [15] Wu et al., (2021) Tartrazine exposure results in histological damage, oxidative stress and immune disorders in juvenile crucian carp (*Carassius auratus*) *Enlace*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34706309/> *PubMed*
- [16] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2004). *Test No. 202: Daphnia sp., Acute Immobilisation Test*. OECD Publishing. *Enlace*: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2004/11/test-no-202-daphnia-sp-acute-immobilisation-test_g1gh28f3/9789264069947-en.pdf *OECD*
- [17] Persoone, G., Baudo, R., Cotman, M., Blaise, C., Thompson, K. C., Moreira- Santos, M., & Han, T. (2009). Review on the acute *Daphnia magna* toxicity test: Evaluation of the sensitivity and the precision of assays performed with organisms from laboratory cultures or hatched from dormant eggs. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 393, 1–29.
https://www.researchgate.net/publication/46271067_Review_on_the_acute_Daphnia_magna_toxicity_test_Evaluation_of_the_sensitivity_and_the_precision_of_assays_performed_with_organisms_from_laboratory_cultures_or_hatched_from_dormant_eggs