

Efecto de un colorante azo sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*)

Mamani Chura Brayan Raul^{1*}, Calsina Rosa Loyda², Cruz Trujillo Lizbeth³

Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental Juliaca, Perú.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de toxicidad del colorante artificial tartrazina (1 g/L) sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*). Se implementó un bioensayo controlado en placas Petri, durante el cual se registró diariamente la emergencia de plántulas y la longitud radicular. Las variables evaluadas fueron: índice de velocidad de germinación (IVG), porcentaje de germinación total y longitud radicular. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza con un nivel del 5% de significancia. Los resultados mostraron que la tartrazina no produjo efectos estadísticamente significativos sobre ninguna de las variables analizadas (IVG: $p = 0.5026$; GER%: $p = 0.1728$; longitud radicular: $p = 0.9183$). Se concluye que, bajo las condiciones evaluadas, la tartrazina a 1 g/L no afectó significativamente el proceso de germinación. Se sugiere ampliar el estudio utilizando mayores concentraciones de tartrazina, a fin de detectar posibles efectos adversos en el proceso germinativo de la lechuga.

Palabras clave: Lechuga; tartrazina; germinación; longitud radicular; bioensayo

Abstract

The present study aimed to evaluate the toxicity effect of the artificial colorant tartrazine (1 g/L) on the germination of lettuce (*Lactuca sativa*) seeds. A controlled bioassay was implemented in Petri dishes, during which seedling emergence and root length were recorded daily. The variables evaluated were: germination rate index (GRI), total germination percentage, and root length. The data obtained were subjected to analysis of variance with a 5% significance level. The results showed that tartrazine did not produce statistically significant effects on any of the variables analyzed (GRI: $p = 0.5026$; GER%: $p = 0.1728$; root length: $p = 0.9183$). It is concluded that, under the conditions evaluated, tartrazine at 1 g/L did not significantly affect the germination process. It is suggested that the study be expanded using higher concentrations of tartrazine to detect possible adverse effects on the germination process of lettuce.

Keywords: Lettuce; tartrazine; germination; root length; bioassay

* Autor de correspondencia:

Salida Arequipa Km. 6, Chullunquiani - Juliaca

Tel.: +51-942897012

E-mail: raul.mamani@upeu.edu.pe, loyda.calsina@upeu.edu.pe, lizbeth.cruz@upeu.edu.pe

1. Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa*) es un cultivo de gran importancia agrícola, especialmente en la costa central del Perú, donde las condiciones agroclimáticas son propicias para su desarrollo. Puede cultivarse en suelos ricos en materia orgánica entre dos a cuatro veces al año (Chávez Ruiz, 2019). Esta hortaliza está compuesta en un 94 % aproximadamente por agua, contiene cerca del 1,2 % de proteínas, 0,2 % de lípidos y alrededor del 2,9 % de carbohidratos. En su estado crudo, destaca por su aporte significativo de vitaminas A, B (como B1, B2, B3, B6 y folatos), C y E, así como minerales esenciales (Reyes, 2023).

Dado su alto valor nutricional y su amplio consumo, es fundamental evaluar el impacto que ciertos compuestos químicos pueden tener sobre su ciclo de vida, particularmente durante la germinación, que representa una etapa crítica en el desarrollo vegetal. La germinación depende de condiciones ambientales adecuadas y de la disponibilidad de recursos como el suelo y los nutrientes, los cuales determinan el éxito en el establecimiento de la plántula y, en una escala más amplia, la regeneración de la población vegetal (Reyes, 2022). En este contexto, las pruebas de toxicidad se convierten en herramientas esenciales para determinar los efectos adversos que pueden generar distintos compuestos en función de su concentración, dosis, tiempo de exposición o respuesta biológica (Sobrero & Ronco, 2020). Además, estas pruebas permiten evaluar el impacto de dichos compuestos sobre los recursos naturales, incluyendo el suelo, el agua y el aire (Ronco et al., 2018). La tartrazina es un colorante artificial de la familia de los azoicos, utilizado desde 1916 para proporcionar tonalidades amarillas y anaranjadas en alimentos y bebidas. También puede mezclarse con colorantes azules para obtener tonalidades verdes (Vega et al., 2022). Este aditivo es común en productos como repostería, carnes procesadas, sopas, salsas, helados, caramelos y bebidas, y está autorizado en más de 60 países, incluidos los Estados Unidos y los países de la Unión Europea (Arroyave Rojas et al., 2008).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la tartrazina, a una concentración de 1 g/L, sobre la germinación de semillas de *Lactuca sativa*. Se pretende determinar si la exposición a este colorante tiene un impacto significativo en la tasa de germinación, la velocidad de emergencia de las plántulas y el desarrollo inicial del sistema radicular. Con ello, se busca aportar evidencia experimental sobre la posible toxicidad de este compuesto en etapas tempranas del crecimiento vegetal, considerando su frecuente presencia en alimentos de consumo humano.

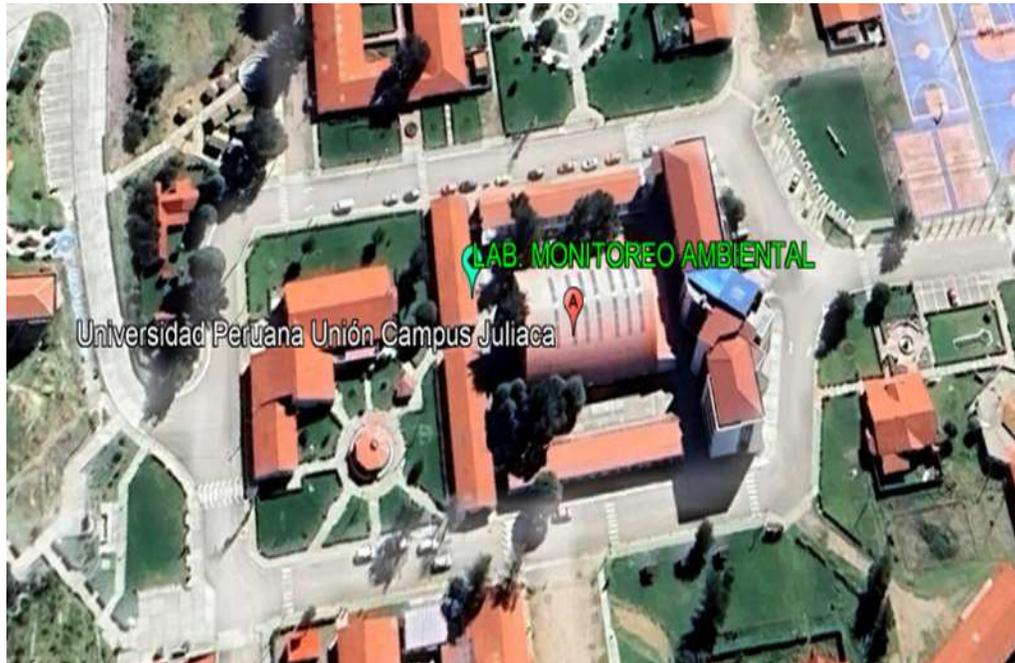
2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Monitoreo Ambiental, ubicado en el Campus Universitario. La actividad experimental se desarrolló durante cuatro días, iniciando el 5 de mayo a las 4:00 p. m. y concluyendo el viernes 9 de mayo a las 2:00 p. m. del presente año. En la siguiente figura 1 se muestra la ubicación exacta del laboratorio donde se realizaron las actividades experimentales.

Figura 1

Ubicación del Laboratorio de Monitoreo Ambiental en el Campus Universitario



Fuente: Google Earth

2.2. Materiales

Se emplearon los siguientes materiales: una probeta graduada de 1000 mL, una fiola de 250 mL para preparar soluciones, cinco matraces aforados de 250 mL para los tratamientos, una pipeta graduada de 10 mL con su respectivo succionador para la dispersión de la solución madre, una piseta con agua destilada, un vaso precipitado, tartrazina (colorante amarillo n.º 5), semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), 20 placas Petri para la siembra, papel kraft para su esterilización, algodón, papel filtro y una regla en centímetros para medir la radícula de las semillas.

2.2.1. Semilla de lechuga

Se utilizó semillas Waldman's Green, que corresponde la variedad de lechuga crespa, con 90% de germinación según datos de etiqueta del producto. Estas semillas están preservadas y amparadas por certificado de análisis emitido por SENASA Perú.

2.2.2. Herramientas

Para la cuantificación se utilizó el Excel donde se registró la cantidad de germinación por los 4 días, por otra parte, para el análisis de los resultados se utilizó el programa de RStudio 4.52 para poder hallar el análisis de varianza (ANOVA) y coeficiente de variación (CV) del efecto de la tartrazina en la germinación de *Lactuca sativa*.

2.3. Metodología

Este experimento se realizó durante 4 días donde se humedeció las semillas con las soluciones y el control correspondientes, así mismo se aplicó los dos cálculos de índice de velocidad de germinación (IGV) y el porcentaje de germinación (GER %) por otro lado para el crecimiento de la radícula se hizo la medición.

2.3.1. Cálculo del índice de velocidad de germinación (IGV)

$$IGV = \sum \left(\frac{\text{Número de semillas germinadas en el día}}{\text{Días transcurridos desde la siembra}} \right)$$

Fuente: (Martínez-Solis, 2010)

2.3.2. Cálculo del porcentaje de germinación (GER %)

$$GER \% = \left[\frac{\text{N}^\circ \text{ semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ semillas sembradas}} \right] * 100$$

Fuente: (López Medina & Rivero, 2018)

2.3.3. Medición de radicular

Para la medición del crecimiento radicular, se utilizó la regla centimétrica como instrumento de medición. Esta herramienta nos permitió obtener con precisión los datos necesarios de cada semilla en las 20 placas en la que se hizo el experimento.

2.3.4. Procedimiento

- Se esterilizaron previamente las placas Petri y las pipetas graduadas, con el fin de evitar contaminaciones microbianas.
- Se prepararon dos soluciones madre de tartrazina (colorante amarillo N° 5) disueltas en agua destilada, con concentración de 1 g/L, respectivamente. Estas soluciones fueron almacenadas en matraces debidamente etiquetadas.
- A partir de la solución madre de tartrazina, se prepararon las siguientes concentraciones en 250 mL de agua destilada:

Tabla 1

Preparación de las concentraciones en 250 mL de agua destilada a partir de la solución madre de 1 g/L y control

Tratamiento	De la solución madre de 1 g/L
10 PPM	2.5 mL
50 ppm	12.5 mL
100 ppm	25 mL
500 ppm	125 mL
Control	250 mL

- La solución se vació en un matraz aforado de 250 mL, se homogeneizó y se etiquetó con su respectiva concentración.
- Se etiquetaron 20 placas Petri, asignando cuatro réplicas para cada uno de los cinco tratamientos (incluido el control con agua destilada). En cada placa se colocó un círculo de papel filtro estéril. Posteriormente, se humedecieron los papeles filtro con la solución correspondiente, asegurando una distribución uniforme.
- En cada placa se colocaron 25 semillas de *Lactuca sativa* (lechuga), distribuidas uniformemente. Luego, se volvió a humedecer cuidadosamente cada semilla con la misma solución asignada para asegurar el contacto inicial con el agente de tratamiento.
- Las placas fueron cubiertas y llevadas a una incubadora, donde permanecieron a una temperatura constante de 30 °C durante cuatro días.
- Los matraces con las soluciones preparadas se cubrieron con algodón para evitar evaporación o contaminación. Estos se utilizaron para humedecer las placas en los días posteriores, según la necesidad observada.
- Durante el periodo experimental, se realizó un conteo diario del número de semillas germinadas en cada placa. El último día (9 de mayo de 2025), se midió la longitud final de la radícula (en centímetros) de cada semilla germinada.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

Tabla 2

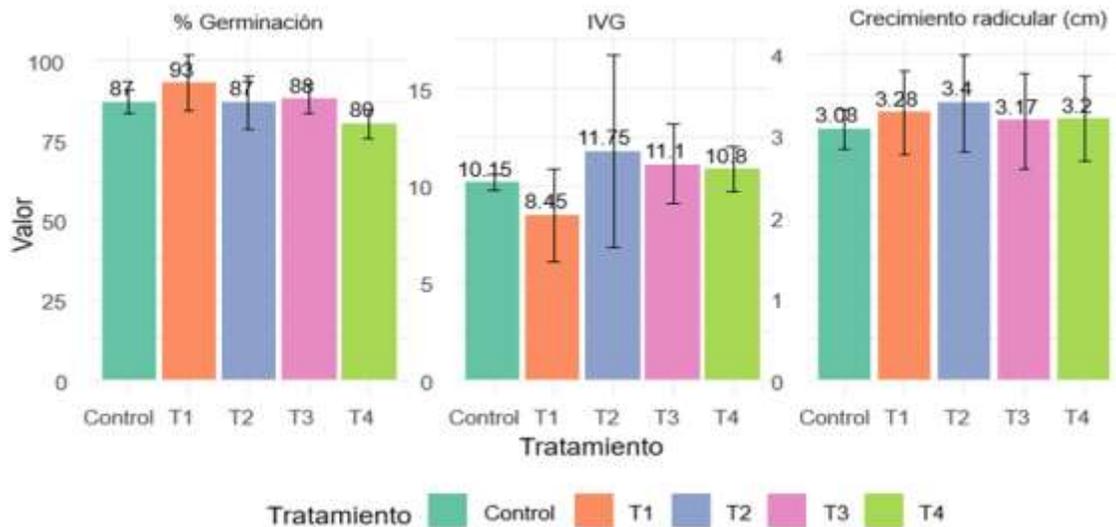
*Análisis de varianza (ANOVA) y coeficiente de variación (CV) del efecto de la tartrazina en la germinación de *Lactuca sativa**

Variable	gl	SC	CM	F	Pr>Fc	CV (%)
IVG	4	25.3	6.325	0.87338	0.50266	25.75
% Germinación	4	291.2	72.800	1.8446	0.17284	7.2
Crecimiento radicular	4	0.235	0.05875	0.22815	0.91833	15.73

En la tabla 2 se muestra que el análisis de varianza indicó que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados para ninguna de las variables evaluadas. En el IVG se obtuvo $p = 0.5026$ ($F = 0.8733$, $gl = 4,15$); en % de germinación $p = 0.1728$ ($F = 1.8446$, $gl = 4,15$), y en crecimiento radicular $p = 0.9183$ ($F = 0.2282$, $gl = 4,15$), siendo todos los valores p superiores al umbral de significancia de 0.05 y los valores F inferiores al valor crítico de F (F crítico = 3.06), lo que sugiere que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo sobre estas variables en las condiciones del experimento.

Figura 2

Promedio y desviación estándar de variables evaluadas en la germinación de Lactuca sativa



En la figura 2 se evidencia los resultados obtenidos para tres variables dependientes: porcentaje de germinación (% Germinación), índice de velocidad de germinación (IVG) y crecimiento radicular (cm), en semillas de *Lactuca sativa* expuestas a diferentes tratamientos con la colorante tartrazina (Control, T1, T2, T3 y T4). El tratamiento T2 (tartrazina 1 g/L) presentó el mayor valor promedio en el índice de velocidad de germinación (IVG) con un valor de 11.75, en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, este tratamiento también mostró una barra de error considerablemente amplia, lo que indica una alta variabilidad en la respuesta germinativa de las semillas bajo este tratamiento. Esta variabilidad sugiere que, si bien algunas semillas germinaron rápidamente, otras no lo hicieron al mismo ritmo, afectando la consistencia del resultado.

3.2. Discusión

Al comparar estos hallazgos con reportes previos, se evidencia una tendencia consistente en la literatura científica. Si tomamos en cuenta la valoración hecha por (Sengupta et al., 2016), ellos encontraron que al exponer frijol (*Vigna radiata*) a tartrazina en niveles de 0.1, 0.5 y 1.0 g/L, no surgieron efectos notables ni en la velocidad de brotación ni en el tamaño de las raíces, hasta rebasar la marca de 2 g/L. En dicho estudio, la brotación alcanzó un 93% en el grupo de control y un 91% en el grupo tratado con 1 g/L de tartrazina, cifra que se asemeja a nuestros datos, donde la brotación promedio se movió entre un 88% y un 92% en todos y cada uno de los tratamientos.

Asimismo, (Reyes Villanueva et al., 2015) reportaron que en legumbre (*Phaseolus vulgaris*), el tratamiento con tartrazina a 1 g/L resultó en un porcentaje de germinación de 89%, sin diferencias significativas con respecto al control 91%, lo cual refuerza que este nivel de concentración podría no tener un efecto fitotóxico agudo en esta etapa.

Al analizar el desarrollo de las raíces, encontramos que la extensión media de la raíz era de 3.2 cm en el grupo de control y de 3.1 cm en el grupo tratado con tartrazina, sin que estas diferencias fueran notables estadísticamente ($p > 0.05$). Este hallazgo se alinea con lo reportado por (Alfaro De la Torre y Gómez Merino, 2019), quienes notaron que la extensión de la raíz en *Lactuca sativa* no cambiaba mucho al usar tartrazina a 1 g/L, pero sí vieron un impacto al superar los 2.5 g/L, lo que sugiere que el efecto podría depender de la cantidad utilizada.

Por otro lado, (Bakar et al., 2017), en su estudio con cebolla (*Allium cepa*), observaron efectos genotóxicos y estrés oxidativo al aplicar tartrazina durante más de 5 días en concentraciones superiores a 1.5 g/L. Sin embargo, su enfoque estuvo centrado en la toxicidad crónica celular y no en la germinación, lo que puede explicar la diferencia en los resultados. El contraste evidencia que los efectos de la tartrazina no solo dependen de su concentración, sino también de la duración de la exposición y del método de análisis empleado ya sea morfométrico, bioquímico o genético.

Para concluir, los resultados que obtuvo (El Rjoob et al., 2020) con trigo (*Triticum aestivum*) demostraron que, al exponerlo a una mezcla de colorantes alimentarios (tartrazina, amarillo ocaso y rojo allura), la germinación bajó un 72% con dosis de 2 g/L. Esto apunta a que podría haber una sinergia entre dichas sustancias. A diferencia de eso, nuestro estudio solamente analizó la tartrazina sola, lo que tal vez justifique que no hayamos notado efectos importantes en los valores que medimos. Esta diferencia recalca lo importante que es tener en cuenta cómo interactúan los aditivos en próximas investigaciones, ya que la toxicidad tal vez no dependa solo de cuánto haya de cada sustancia, sino también del posible efecto de su combinación.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la tartrazina, a una concentración de (1 g/L), no ejerce un efecto tóxico significativo sobre la germinación de semillas de lechuga, ya que no se observaron diferencias estadísticamente relevantes en el índice de velocidad de germinación, el porcentaje de germinación ni en la longitud radicular. Esto sugiere que, hasta esta concentración, la tartrazina no genera impactos negativos evidentes sobre estas variables clave del desarrollo inicial. Sin embargo, es importante señalar que estos resultados corresponden únicamente a las condiciones específicas de este estudio (bioensayo en placas Petri y condiciones controladas de laboratorio). Por lo tanto, se puede ampliar la investigación utilizando concentraciones mayores de tartrazina, así como otras especies vegetales y condiciones de crecimiento más cercanas a las encontradas en ambientes naturales o agrícolas. Esto permitiría identificar posibles efectos adversos que podrían presentarse en escenarios más realistas o exigentes, contribuyendo a un conocimiento más profundo y completo sobre la toxicidad potencial de este colorante en el ambiente.

5. Recomendaciones

- Ampliar los estudios sobre el efecto de toxicidad de la tartrazina en la germinación y el crecimiento de la semilla y otras especies vegetales, ya que los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que concentraciones de hasta 1 g/L no generaron efectos significativos.
- Asimismo, se sugiere realizar análisis histológicos de tejidos radicales y caulinares para identificar posibles alteraciones celulares o fisiológicas que no se reflejan en parámetros macroscópicos de germinación.

- El incorporar bioensayos de fitotoxicidad a largo plazo para establecer si la exposición prolongada a la tartrazina podría afectar el desarrollo posterior de las plantas aportaría con el desarrollo de la biotecnología.
- Por otro lado, se recomienda evaluar el efecto de la tartrazina en combinación con otros aditivos alimentarios y colorantes artificiales, considerando que estos compuestos pueden interactuar y potencialmente amplificar efectos adversos ambientales.

6. Referencias

- Alfaro-De la Torre, M. C., & Gómez-Merino, F. C. (2019). Efecto de contaminantes orgánicos en el desarrollo temprano de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1023–1034. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.2004>
- Arroyave Rojas, J. A., Garcés Giraldo, L. F., Arango Ruiz, Á. de J., & Agudelo López, C. M. (2008). La Tartrazina, un colorante de la industria agroalimentaria, degradado mediante procesos de oxidación avanzada. *Revista lasallista de investigacion*, 5(1), 20–27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000100004
- Bakar, M. A., Ismail, N. A., & Wahab, R. A. (2017). Effects of tartrazine on the growth and oxidative stress biomarkers in *Allium cepa* root meristem. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5), 4371–4379. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8157-x>
- Chávez Ruiz, S. (2019). Efecto del sensibilizante rosa de bengala-quitosano en la depuración del efluente de la PTAR "Alseseca-Sur", Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <https://hdl.handle.net/20.500.12371/4486>
- El-Rjoob, A., Al-Khashman, O., & Al-Saqarat, B. (2020). Evaluation of artificial food dyes effect on wheat seedling development. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(3), 614–622. <https://doi.org/10.1002/etc.4623>
- López Medina, E., & Rivero, A. (2018). Características germinativas de semillas de. Laboratorio de Biotecnología del Instituto de la Papa y Cultivos Andinos, Facultad de Ciencias Biológicas, . Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a12v24n2.pdf>
- Martínez-Solís, J. (2010). Índice De Velocidad De Emergencia En Líneas De Maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120630002>

- Reyes-Villanueva, A., González-Villarreal, M. A., & Tamez-Guerra, R. S. (2015). Evaluación del efecto de aditivos alimentarios en la germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris*. *Acta Universitaria*, 25(2), 21–28. <https://doi.org/10.15174/au.2015.794>
- Reyes, J. (2023, 12 de noviembre). *Lechuga: beneficios y valor nutricional*. *Vida Sustentable*. <https://vida-sustentable.com/lechuga-informacion-nutricional/>
- Ronco, A., Díaz Báez, M. C., & Pica Granados, Y. (2018). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*. En R. Castillo (Ed.), *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas* (cap. 1 y 4). IDRC–CRDI. <https://idrc-crdi.ca/sites/default/files/openbooks/147-7/idrc-crdi.ca>
- Sengupta, A., Ghosh, P., & Roy, D. (2016). Phytotoxic effects of synthetic food dyes on seed germination and early seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). *Toxicological & Environmental Chemistry*, 98(3), 301–311. <https://doi.org/10.1080/02772248.2016.1153512>
- Sobrero, M. C. & Ronco, A. (2004). *Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (Lactuca sativa L.)*. En G. Castillo (Ed.), *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones* (pp.63-70). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IDRC. https://www.academia.edu/27791545/Ensayos_de_toxicidad_aguda_con_semillas_de_lechuga
- Vega-Cabanillas, R., Sisniegas, M., & Zavala, F. (2022). La tartrazina induce genotoxicidad en linfocitos de *Mus musculus* BALB/c. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 38, 587-594. doi: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.384.9356>.

7. Anexos

Fotografía 1

Materiales principales: semilla de lechuga, tartrazina y papel filtro



Fotografía 2

Pesaje de tartrazina en balanza analítica y preparación de la solución con 1 litro de agua destilada.



Fotografía 3

Preparación de las placas Petri con papel filtro, distribución de las placas con tartrazina y placa control.



Fotografía 4

Conteo y medición: evaluación de la germinación y longitud de la radícula.

