

Sanidad vegetal y protección de cultivos

Artículo de investigación científica y tecnológica

Efectos de dos herbicidas orgánicos sobre la fisiología de la germinación en *Coffea arabica*

Effects of two organic herbicides on the physiology of germination in *Coffea arabica*

 Nelson Alfonso Vega-Contreras^{1*}  María Camila Arias Hurtado¹
 Carmen Yulitza Sánchez Márquez¹

¹ Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

*Autor de correspondencia: Nelson Alfonso Vega Contreras. Avenida Gran Colombia #12E-96, Facultad Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. nelsonalfonsovc@ufps.edu.co

Recibido: 21 de enero del 2023
Aprobado: 05 de mayo del 2024
Publicado: 28 de junio de 2024

Editor temático: Ángela Castaño,
(Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Mosquera, Colombia.

Para citar este artículo: Vega-Contreras, N. A., Arias Hurtado, M. C., & Sánchez Márquez, C. Y. (2024). Efectos de dos herbicidas orgánicos sobre la fisiología de la germinación en *Coffea arabica*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(2), e3305. https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art:3305

Resumen: Los herbicidas son productos químicos ampliamente utilizados en la agricultura, sin embargo, a largo plazo podrían tener incidencia en el crecimiento de algunos cultivos. Es por ello que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto de extractos orgánicos a base de aloína y de bulbos de *Allium sativum* en el proceso de germinación de *Coffea arabica* L. Se realizaron cuatro experimentos por triplicado de aloína, ajo y un herbicida en dosis de 0,1, 0,5 y 1,0 mg/litro, además de agua como control positivo. Como resultado, se observó una variación en la germinación con los tratamientos aplicados de aloína y *Allium sativum*, a diferencia del Paraquat, el cual ocasionó necrosis radicular en la semilla debido a la contaminación. En el tratamiento realizado con aloína de 0,1 mg/l se presentó una germinación del 85,7 % con respecto al control positivo; con el tratamiento de 0,5 mg/l, el rendimiento fue del 100 % comparado con el control positivo; diferente al proceso de germinación realizado con 1,0 mg/l de aloína, el cual obtuvo una germinación del 53,3 %; en cuanto *Allium sativum*, se logró un rendimiento del 9,6 % de germinación del 100 % en el tratamiento aplicado del 0,5 y del 86,4 % con el tratamiento de 1 mg/l. En relación con el herbicida Paraquat, este presentó una germinación de tan solo el 20 %. Finalmente, se determinó que los extractos orgánicos de aloína y *Allium sativum* no ejercen una influencia negativa en la germinación de *Coffea arabica*, comparados con el Paraquat.

Palabras clave: aloína, contaminación, germinación, herbicida, necrosis radicular.

Abstract: Herbicides are chemicals widely used in agriculture. However, in the long term they could have an impact on the growth of some crops. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of organic extracts based on aloin and *Allium sativum* bulbs on the germination process of *Coffea arabica* L., Four experiments were conducted in triplicate with aloin, garlic and a herbicide at doses of 0.1, 0.5, 1.0 mg/liter, plus water as a positive control. A variation in germination was observed with the treatments applied with aloin and *Allium sativum*, unlike Paraquat, which caused root necrosis in the seed, due to contamination. The treatment with 0.1 mg/l aloin showed a germination of 85.7%, with respect to the positive control, with the treatment of 0.5 mg/l the yield was 100% compared to the positive control, different from the germination process carried out with 1.0 mg/l of aloin which obtained a germination of 53.3%, as for *Allium sativum*, a yield of 9.6% germination was achieved. As for *Allium sativum*, a germination yield of 9.6 % of 100 % was achieved with the 0.5 and 86.4 % with the 1 mg/l treatment, in relation to the herbicide Paraquat. The latter presented germination of only 20 %. Finally, it was determined that the organic extracts of aloin and *Allium sativum* do not have a negative influence on the germination of *Coffea arabica*, compared to Paraquat.

Keywords: aloin, contamination, germination, herbicides, root necrosis.



Introducción

Los herbicidas representan alrededor de un 40 % del uso total de los agroquímicos que se utilizan en el mundo, ya que se emplean en el control de malezas de diferentes cultivos (Pujiswanto, 2012), es por ello que el uso de sustancias naturales es más seguro con el ambiente y la salud que los herbicidas, y ello se convierte en una razón para investigar este tipo de productos en la agricultura convencional y orgánica (Dayan & Duke, 2014).

De acuerdo con Barba-Ho y Becerra (2011), los herbicidas son sustancias usadas para el control de malezas, que pueden tener el potencial de causar toxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad, induciendo aberraciones cromosómicas y micronúcleos en linfocitos humanos, dependiendo de la dosificación (Sun et al., 2010). Un ejemplo de ello es el Paraquat, el cual es un herbicida bipyridílico con acción tóxica que actúa bloqueando los procesos de respiración celular (Viales López, 2014). Es por ello que los herbicidas orgánicos se presentan como una alternativa para los problemas de contaminación generados por herbicidas sintéticos, ya que el uso constante de productos químicos puede afectar la salud humana y el medio ambiente, que de acuerdo con Meléndez Gélvez et al. (2017), se debe a su persistencia y toxicidad; sin embargo, existen algunas especies vegetales que presentan propiedades de control debido a la presencia de metabolitos secundarios en sus tejidos (Villa-Martínez et al., 2015), siendo una de ellas el *Aloe vera* (AV), la cual cuenta con una amplia distribución en el trópico y con una actividad económica importante.

Sobre ello, Matos Acurero y Sánchez (2011) establecen que estos compuestos bioquímicos poseen la capacidad de evitar la proliferación de bacterias, hongos y virus, mientras que Zapata et al. (2013) mencionan que esto se encuentra relacionado con la concentración de aloína; por su parte, Batista Oliveira et al. (2014) destacaron la importancia de la actividad antifúngica de la fracción de gel de AV *in vitro*. Otro ejemplo de ello es el *Allium sativum* (ajo), donde Bordones et al. (2018) establecieron que este es un repelente sistémico con gran cantidad de compuestos azufrados, entre los que predominan: alicina, aliina, alixina, alil metano, tiosulfonato, dialil disulfuro, dialil trisulfuro, alil metil tiosulfonato y s-alil mercapto-cisteína, que de acuerdo con Ramírez-Concepción et al. (2016), contribuyen de manera benéfica para la salud, además de que contienen un alto contenido de compuestos fenólicos, polifenoles y fitoesteroles, por lo que puede considerarse que su utilización brinda un aporte importante como bioplaguicida.

Por su parte, Leng et al. (2011) mencionan que los herbicidas orgánicos son sustitutos ideales para los químicos tradicionales, ya que los productos de origen vegetal resultan ser eficaces, más económicos, biodegradables y más seguros que los sintéticos, pues estos son persistentes en el medio ambiente y son tóxicos para los organismos no blancos, incluidos los humanos, que, de acuerdo con Martínez y Rugama (2020), pueden causar enfermedades no identificadas por bioacumulación.

Al tener en cuenta que los herbicidas de tipo orgánico podrían servir como una posible alternativa en el sector agropecuario, mitigando la contaminación que generan los herbicidas tradicionales, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de dos extractos orgánicos a base de aloína y *Allium sativum* en el proceso de germinación de *Coffea arabica*.

Materiales y métodos

Extracción de aloína

Se trabajó con el extracto de aloína, proveniente del AV, para lo cual se utilizaron 2 kg de hojas de AV, variedad *Aloe barbadensis* Miller, producidas en el municipio de Hacaré Norte, Santander, Colombia, con una edad promedio de 5 a 6 años y en las que se realizaron cortes longitudinales de sus hojas, con el fin de extraer el gel del AV; posteriormente, se realizó un proceso de licuefacción, utilizando agua destilada en relación 1:1, de acuerdo con la cantidad de gel. Además, se usó la metodología planteada por Vega Contreras y Torres Salazar (2021), en la cual se mezclaron 350 ml de etanol al 96 % con 150 g de gel de AV, almacenados en bolsas herméticas y, posteriormente, fueron sometidos a un proceso de sonicación en un equipo Branson 1800-CPXH de 5,7 l, por un tiempo de 60 minutos y a una temperatura de 65 °C; luego, se realizó un proceso de filtración, con el cual se obtuvo una mezcla de aloína-etanol, la cual se llevó a calentamiento a una temperatura de 70 °C para evaporar el etanol y obtener la aloína concentrada. Finalmente, el resultado se refrigeró a una temperatura de 15 °C. Rojas et al. (2019) han demostrado que la extracción de componentes bioactivos por ultrasonido es un método limpio, sencillo y rápido en comparación con los métodos convencionales.

Identificación por cromatografía

Para la identificación de la aloína extraída, se realizó un análisis por cromatografía líquida, para lo cual se utilizó un cromatógrafo de líquidos de ultra alta presión (UHPLC, por sus siglas en inglés): Dionex Ultimate 3000 (Thermo Scientific, Sunnyvale, Estados Unidos), equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000). La interfaz de la cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC-MS, según sus siglas en inglés) fue la ionización por electrospray (ESI, según sus siglas en inglés) y el espectrómetro de masas fue de alta resolución, con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap, operado en modo negativo con un voltaje de capilar de 4,5 kV. La separación cromatográfica se realizó en una columna Hypersil GOLD Aq (Thermo Scientific, Sunnyvale, Estados Unidos; 100 × 2,1 mm, 1,9 µm de tamaño de partícula) a 30 °C. Por su parte, la fase móvil fue: A: una solución acuosa de 1 % de ácido fórmico y B: acetonitrilo. La condición inicial del gradiente fue del 100 % A, cambiando linealmente hasta 100 % B (8 minutos) y se mantuvo durante 4 minutos, mientras que el retorno a las condiciones iniciales fue en 1 minuto; el tiempo total de corrida fue de 13 minutos, con 3 minutos para poscorrida. La identificación de los compuestos se realizó usando el modo negativo de adquisición *full scan* y extracción de iones (EIC, según sus siglas en inglés), correspondientes a los iones [M-H] de compuestos de interés, medición de masas con exactitud y precisión de la desviación de la masa, medida de la masa teórica en partes por millón de $\Delta\text{ppm} < 1$.

Preparación de extractos orgánicos de *Allium sativum*

Para la preparación de la solución, se utilizaron 2 kg de *Allium sativum*, variedad ajo (ajo blanco), proveniente del municipio de Mustiscua, Norte de Santander, Colombia, cultivado a una temperatura entre 15 y 17 °C, aproximadamente. El tratamiento previo del ajo consistió en la remoción de la túnica y el fraccionado, los cuales fueron removidos manualmente para el

posterior fraccionamiento de los bulbos, con los cuales se realizó un proceso de licuefacción hasta obtener una masa homogénea, además, se les agregó 1 l de agua destilada y se colocó en refrigeración por 72 horas, a temperatura de 15 °C, realizando continuamente el proceso de filtración hasta obtener la solución, la cual se tuvo a un pH 6,2. De este resultado, se prepararon tres dosis a partir de las soluciones patrón de aloína y *Allium sativum*, a concentraciones 0,1, 0,5 y 1,0 mg/l por cada extracto.

Preparación de semillas de *Coffea arabica*, variedad castillo

Para la preparación de las semillas, se procedió a retirar el pericarpio del fruto, las semillas, las cuales posteriormente fueron sumergidas en agua por 48 horas, con el fin de ser hidratadas, y luego se secaron durante 48 horas.

Pruebas de fitotoxicidad

La evaluación de la toxicidad se realizó con base en las metodologías propuestas por Schmidt y Redshaw (2015), la cual se basó en la evaluación del efecto de inhibición en la germinación y crecimiento de la radícula en semillas, luego de la exposición a un compuesto tóxico. Para ello, se realizó la aplicación de tratamientos de 0,1, 0,5 y 1,0 mg/l de cada extracto de ajo y aloína, en las semillas de *Coffea arabica* y un tratamiento de 0,05 mg/l del producto comercial herbicida “Paraquat” como control negativo, esto con el fin de comparar los resultados y los efectos producidos en la germinación, de igual manera se realizó un tratamiento con agua como control positivo y se estableció un diseño experimental que consistió en un análisis de bloques al azar con tres repeticiones y 10 semillas por repetición para el experimento. Con el fin de comprobar el efecto de los tratamientos sobre la germinación, se aplicó un análisis de varianza (Anova) para determinar si existían diferencias significativas con nivel de significancia de 0,05 ($p \leq 0,05$). El análisis estadístico se realizó con el *software* SPSS versión 27.

Las semillas se colocaron sobre sobre papel servilleta de 1 mm de espesor en cajas Petri de 90 mm y se agregaron 25 ml de cada tratamiento por cada caja, las cuales se colocaron en la oscuridad por 25 días, humedeciendo el papel cada 5 días, observando continuamente su proceso germinativo. En la tabla 1 se describen las condiciones del ensayo de toxicidad de las semillas de café.

Se calculó el porcentaje de germinación (% G) de las semillas para cada concentración con respecto al control negativo, utilizando la siguiente expresión planteada por Rodríguez Romero et al. (2014).

$$\% G = \frac{\# \text{ de semillas germinadas en cada concentración}}{\# \text{ de semillas germinadas en el control}} \times 100$$

Para la evaluación de daño celular, se siguió la metodología planteada por Salazar Mercado y Quintero Caleño (2021), donde las puntas de las raíces se sumergieron en HCl 1M por 20 minutos; seguidamente se lavaron con agua, se tiñeron con acetato de orceína por un tiempo de 15 minutos, se colocaron sobre placas de portaobjetos y, con ayuda de cubreobjetos, se aplicó la técnica de *squash*, para finalmente observar los efectos causados en el microscopio.

Tabla1. Condiciones del ensayo de toxicidad en semillas de *Coffea arabica*

Factor	Condición
Temperatura	35 °C
Intensidad de luz	Oscuridad
Agua de dilución	Agua destilada
Volumen de solución a prueba (ml)	25
Número de tratamientos aplicados	8
Número de semillas por réplica	10
Número de replicas	3
Tipo de control positivo	Agua destilada
Tiempo de duración de la prueba (días)	25
Efecto medido	Porcentaje de germinación y elongación de la radícula
Criterio de aceptabilidad de la prueba	Geminación de la prueba al 90 %, variación del control negativo

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Mediante el análisis por cromatografía se identificó una concentración de aloína de 128,2 mg/kg, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de aloína por *UHPLC-ESI-Orbitrap-MS* en la muestra

Compuesto	tr, min	NMC, mg kg ⁻¹	Concentración en la muestra, mg kg ⁻¹
			992560-01-EB
			Análisis cualitativo de contenido de aloína
Aloína	11,4	0,1	128,2

Notas aclaratorias: *UHPLC*: cromatógrafo de líquidos de ultra alta presión, *ESI*: ionización por electrospray, *MS*: espectrometría de masas, tr: tiempo de retención en minutos (tiempo que tarda la muestra en ser retenida), min: minutos, NMC: nivel mínimo de cuantificación, mg: miligramo, kg: kilogramos.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, Matos Acurero (2011) estableció que el contenido de aloína es variable, dependiendo del tipo del explante y de la edad del cultivo. En la figura 1 se observa el tiempo de retención en el cual se dio la identificación de la muestra analizada.

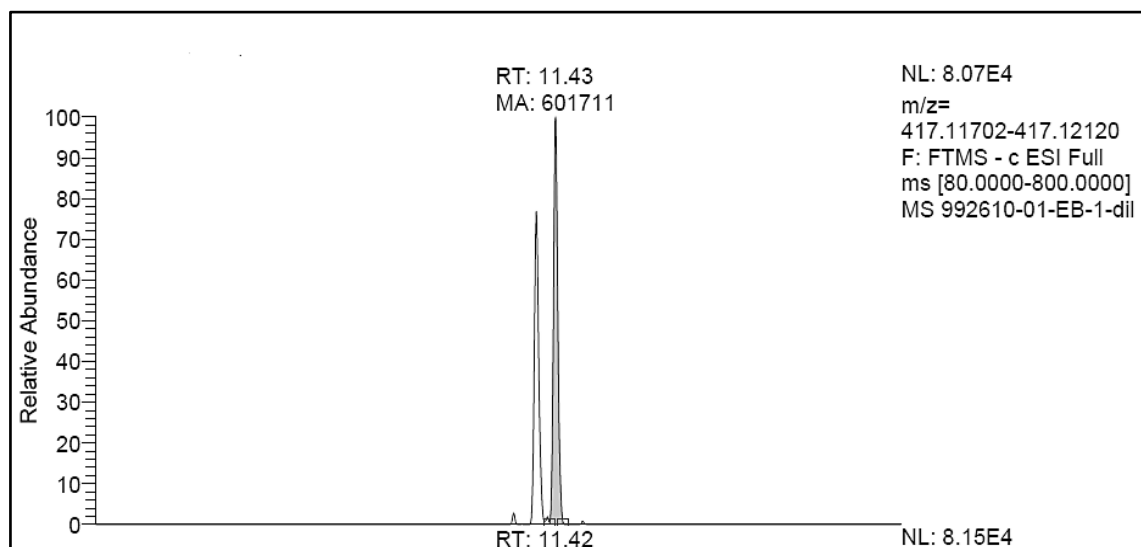


Figura 1. Tiempo de retención de la muestra en la identificación del contenido cualitativo de aloína

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se observan diferentes tratamientos aplicados, cada uno de ellos por triplicado, y el número de semillas germinadas.

Tabla 3. Semillas germinadas en cada repetición a diferentes concentraciones de los extractos aplicados

Tratamientos mg/l	Número de semillas germinadas por réplica		
	R1	R2	R3
Agua (control positivo)	6	2	5
0,1 de <i>Allium sativum</i>	4	3	5
0,1 de aloína	4	4	3
0,5 de <i>Allium sativum</i>	4	6	3
0,5 de aloína	4	3	6
1,0 de <i>Allium sativum</i>	2	5	4
1,0 de aloína	3	3	6
Paraquat (control negativo)	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Luego, se realizó el análisis de varianza ANOVA, el cual permitió comparar las semillas de café germinadas con los extractos aplicados a diferentes concentraciones. El análisis de varianza ANOVA permitió obtener un valor de probabilidad de germinación de 0,023; al aplicar los extractos de aloína y ajo, siendo menor del 5 %, como se observa en la tabla 4 y considerándose un valor confiable para el proceso de germinación, pero no estadísticamente significativo, teniendo en cuenta que Molina Arias (2017) estableció que un valor mayor del 5 % no es confiable para negar la diferencia observada.

Tabla 4. Análisis de varianza de las semillas germinadas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	44,62	7	6,37	3,25	0,023	2,65
Dentro de los grupos	31,33	16	1,95			
Total	75,95	23				

Nota aclaratoria: F: factor que determina la variabilidad estadística para calcular la diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se muestran diferentes procesos de germinación alcanzados, donde el tratamiento de *Allium sativum* de concentración 0,1 mg/l obtuvo un porcentaje de germinación del 9,3 %; en cuanto al tratamiento de concentración de 0,5 mg/l, este mostró un rendimiento del 100 % en comparación con el control positivo, ya que la cantidad de semillas germinadas a este tratamiento fue igual al control. En el tratamiento de concentración de 1 mg/l de *Allium sativum*, se obtuvo un porcentaje de germinación del 84,6 %, mientras que con 0,1 mg/l de aloína en concentración se dio un porcentaje de germinación del 85,7 %, con respecto al control positivo, el cual fue del 65 % en relación con el tratamiento 2 de concentración de 0,5 mg/l, donde el rendimiento alcanzado fue del 100 %, comparado con el control positivo, caso diferente al proceso de germinación realizado al de concentración de 1 mg/l, donde el porcentaje de germinación fue de 92,3 %.

En cuanto al tratamiento aplicado con Paraquat a diferentes concentraciones, el porcentaje de germinación fue muy bajo, con valores del 20 % con el menor tratamiento de 0,1 mg/l (figura 3). De acuerdo con Florida et al. (2012), este herbicida afectó negativamente el crecimiento de las especies, evidenciando en las semillas una necrosis radicular, esto debido a que en el proceso de germinación se generó una sobreproducción de radicales *OH*, los cuales provocaron un daño en la membrana celular (Hawkes, 2014), lo que generó una rápida filtración de las membranas, mostrando una apariencia húmeda, seguida de una necrosis y una posterior desecación (Gobierno de Chile, 2011), que de acuerdo con Soto Cortés (1993), un crecimiento de la raíz menor del 45 % demuestra efectos letales sobre las plantas. Por otra parte, Gil Diaz et al. (2021) se refieren a la lixiviación del químico a través del suelo, el cual presentó una gran afinidad con la materia orgánica, así como también una alta solubilidad en el agua, lo que hizo que la movilidad del herbicida fuese por las escorrentías de los ríos y por la infiltración hacia los cuerpos de agua

cercanos (Salazar & Aldana, 2011; Salazar Coello et al., 2018; Arellano-Aguilar et al., 2017; Veríssimo et al., 2018).

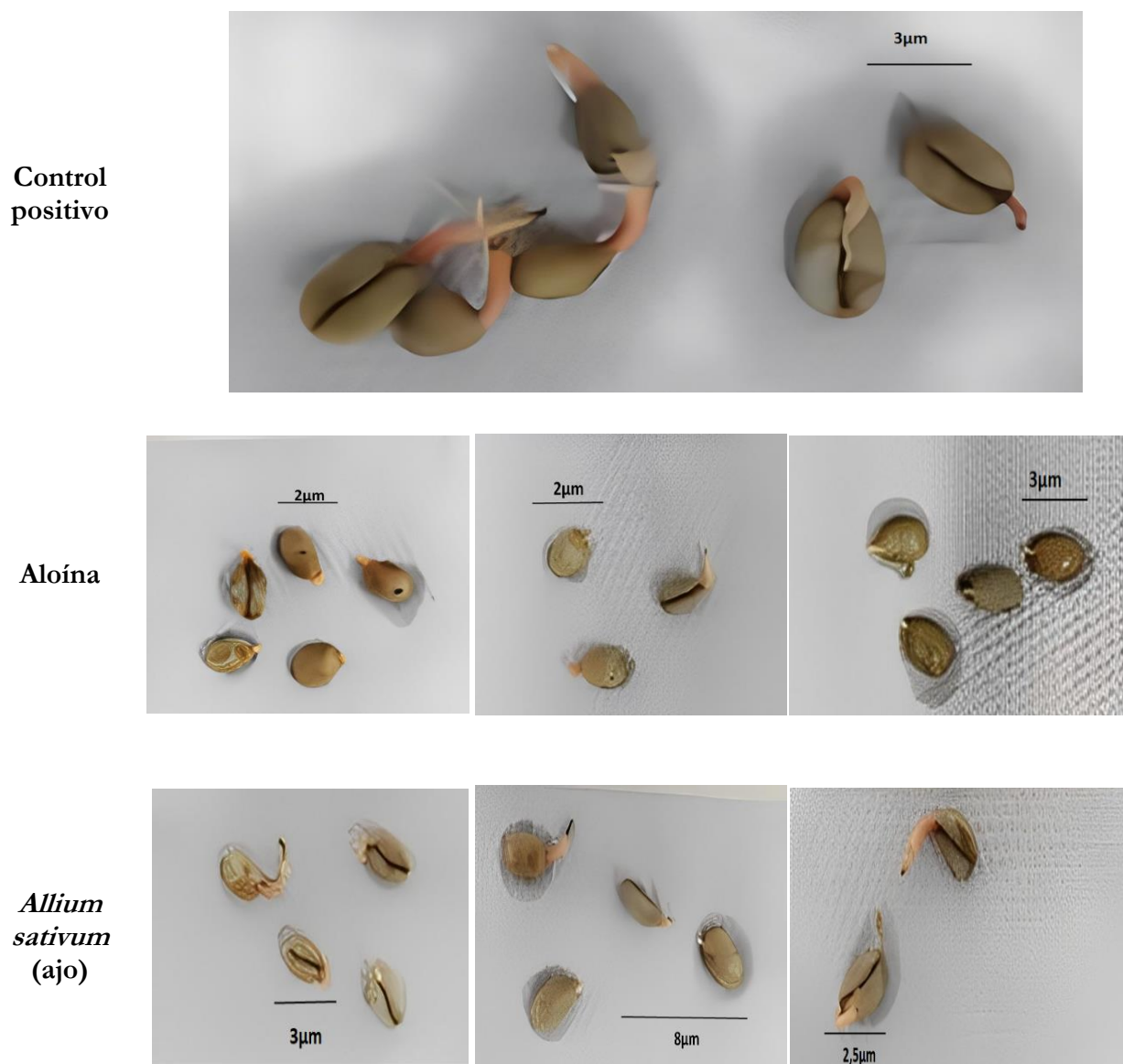


Figura 2. Semillas germinadas en los diferentes tratamientos de 0,1, 0,5 y 1,0 mg/l (agua, aloína y *Allium sativum*)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al crecimiento radicular, se observó que el tratamiento aplicado con *Allium sativum* no presentó un efecto negativo en la geminación, pero sí se observó un efecto positivo en las radículas, comparado con el control positivo, por lo que de acuerdo con Chipana Mendoza (2023), la exposición de las semillas a condiciones restringidas de agua permite que se den procesos fisiológicos en la germinación. Por otra parte, el tratamiento con aloína presentó un

determinado crecimiento en las semillas de *Coffea arabica*, en comparación con el control y el de *Allium sativum*. De acuerdo con Giardini Bonfim et al. (2018), el proceso germinativo se ve afectado por las concentraciones de los extractos, además, Scotto et al. (2020) establecen que la rehidratación de *Allium sativum* estimula el crecimiento de las raíces, tal como se observa en la en la figura 4. Con relación al ajo, Juárez Segovia et al. (2019) consideran que su esencia posee propiedades importantes por su contenido de alicina, compuesto que puede ejercer efectos antioxidantes a largo plazo (Mocayar Marón et al., 2020).

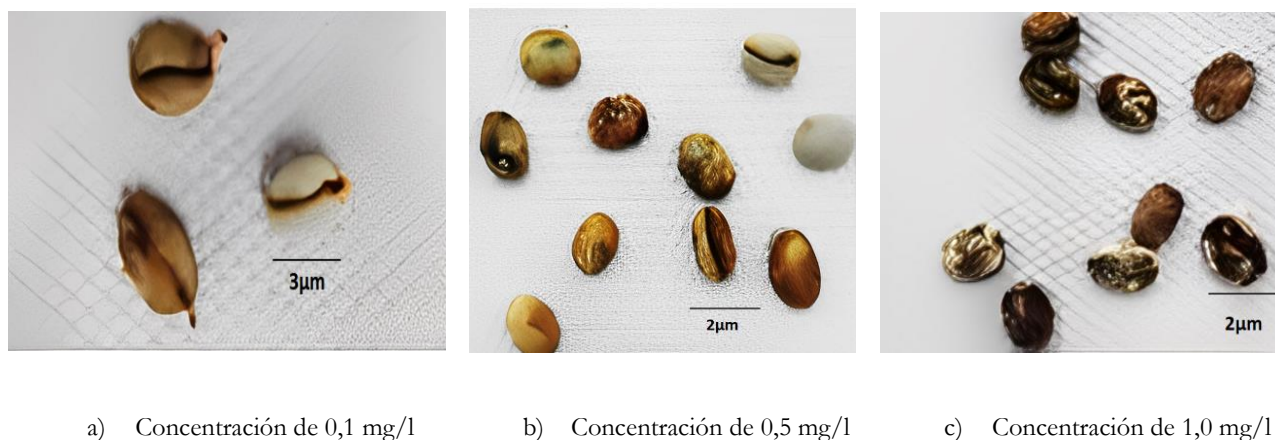


Figura 3. Tratamientos con Paraquat a diferentes concentraciones

Fuente: Elaboración propia

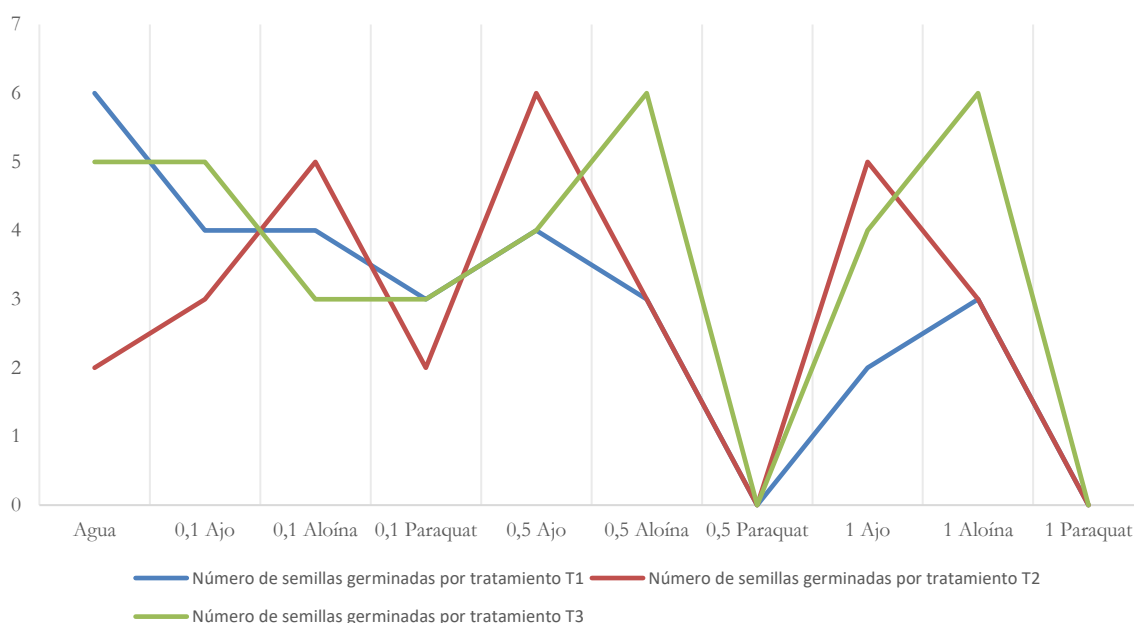


Figura 4. Variación en la germinación de las semillas de *Coffea arabica* por tratamiento

Fuente: Elaboración propia

Análisis citogenético

El tratamiento de *Allium sativum* mostró células en proceso de división (profase), como se observa en la figura 5, lo que concuerda con lo mencionado por Vilanova Costa et al. (2013), quienes sugieren que no se presentaría toxicidad, por lo que no expresan síntomas de afectación en el proceso de división celular.

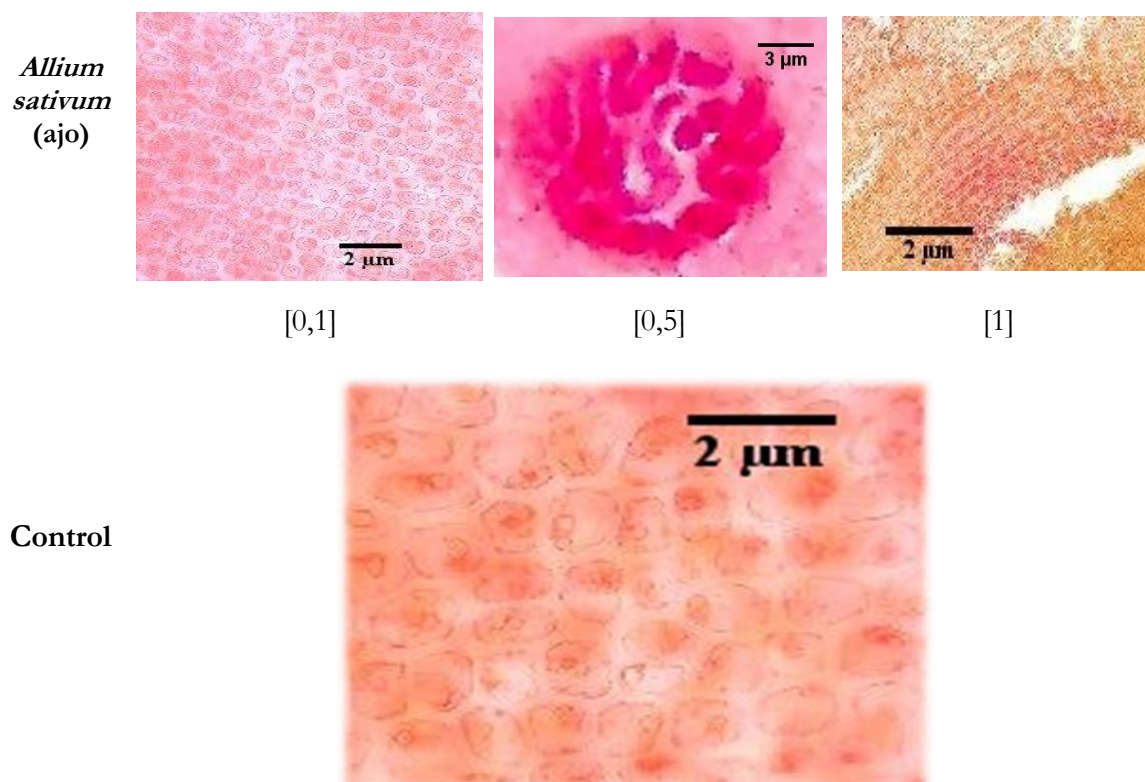


Figura 5. Efectos de los tratamientos aplicados con *Allium sativum* comparados con el control positivo

Fuente: Elaboración propia

Al comparar el proceso de germinación de *Coffea arabica* al utilizar *Allium sativum* y con el tratamiento de aloína, el proceso de germinación de este último fue más lento, sin embargo, se observó el proceso de división celular al compararlo con el control utilizado, como se muestra en la figura 6.

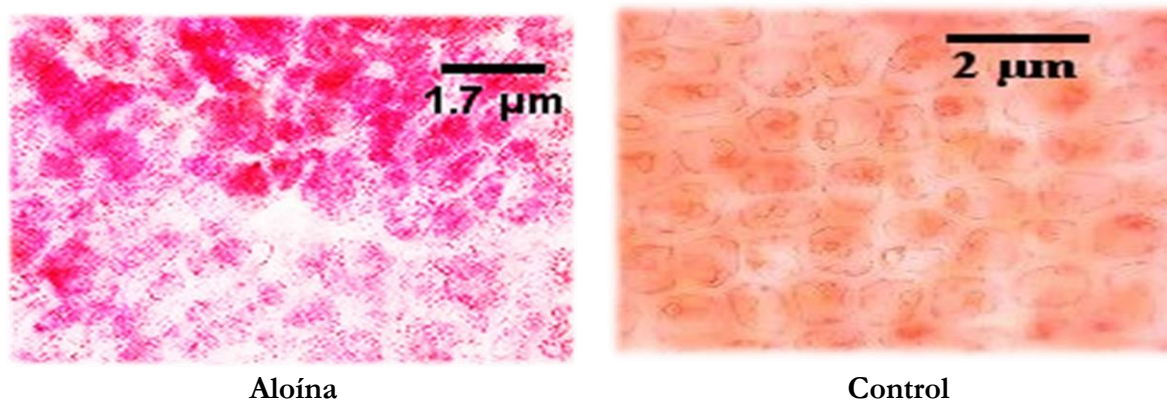
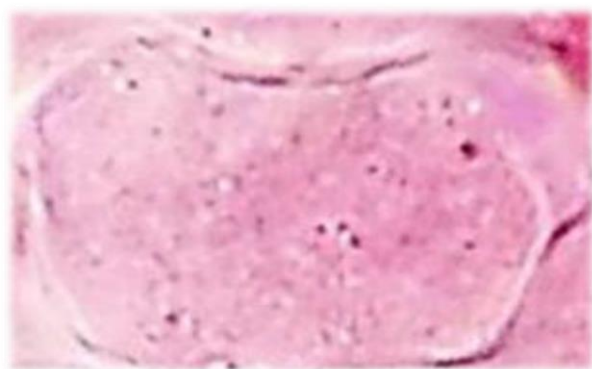


Figura 6. Proceso de división celular generado durante la germinación con la aloína, comparado con el control aplicado
Fuente: Elaboración propia

Al utilizar Paraquat a diferentes concentraciones, no se observó división celular, lo que muy probablemente afectó el proceso de germinación. De acuerdo con Benedetti et al. (2013), los herbicidas inducen estrés oxidativo y alteran los mecanismos de desintoxicación y eliminación de enzimas de la célula, lo que deteriora las funciones celular y enzimática; sobre este punto, Jacobsen-Pereira et al. (2018) señalan que la generación de especies reactivas al oxígeno puede alterar el equilibrio oxidativo y dañar los componentes de la célula, como se muestra en la figura 7.



Paraquat

Figura 7. Lesión nuclear generada con el tratamiento aplicado con el herbicida Paraquat
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

A pesar de que los procesos de germinación fueron variables con respecto a cada tratamiento, un factor limitante para ello fue el tiempo de exposición de las semillas, por lo que se podrían

mejorar las condiciones de exposición, así como las concentraciones de los extractos utilizados. Este estudio determinó que, bajo las condiciones específicas de este experimento, el uso de extractos a base de aloína y *Allium sativum* no presentó influencias negativas en el proceso de germinación de *Coffea arabica*, así mismo, en los procesos de división celular no se vio afectación en las células germinales que ocasionaran daño en la estructura celular, por lo que a futuro se pretenden cambiar, tanto las condiciones del proceso germinativo, como las semillas utilizadas, esto con el fin de fortalecer el proceso investigativo.

Agradecimientos

A la Universidad Francisco de Paula Santander por su valiosa colaboración.

Contribución de los autores

Nelson Alfonso Vega Contreras: metodología, investigación, análisis de los datos, conceptualización, escritura del borrador original, administrador del proyecto, supervisión, revisión y edición; María Camila Arias Hurtado: metodología, investigación, conceptualización, análisis de los datos, escritura y adquisición de los recursos; Carmen Yulitza Sánchez Márquez: metodología, investigación, conceptualización, análisis de los datos, escritura y adquisición de los recursos.

Implicaciones éticas

El presente artículo cuenta con el consentimiento de los colaboradores para usar la información suministrada en la documentación del proceso presentado en el artículo.

Conflictos de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiamiento

La investigación se realizó con recursos propios de los investigadores.

Referencias

Arellano-Aguilar, O., Betancourt-Lozano, M., Aguilar-Zárate, G., & Ponce de Leon-Hill, C. (2017). Agrochemical loading in drains and rivers and its connection with pollution in

- coastal lagoons of the Mexican Pacific. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 270. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5981-8>
- Barba-Ho, L. E., & Becerra, D. (2011). Biodegradabilidad y toxicidad de herbicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 10, 11-19. <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231122666001.pdf>
- Batista Oliveira, J. S., Biondo, V., & Freitas Schwan-Estrada, K. R. (2014). Extratos e tinturas vegetais sobre o crescimento micelial de *Corynespora cassicola* e indução de fitoalexinas em soja. *Revista Uningá Review*, 17(3). https://www.mastereditora.com.br/periodico/20140301_214258.pdf
- Benedetti, D., Nunes, E., Sarmento, M., Porto, C., Dos Santos, C. E. I., Ferraz Dias, J., & da Silva, J. (2013). Genetic damage in soybean workers exposed to pesticides: Evaluation with the comet and buccal micronucleus cytome assays. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 752(1-2), 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.01.001>
- Bordones, A., De Gracia, N., Díaz, D., Rodríguez, R., & Chen, A. (2018). Comparación de la efectividad en la protección de cultivos de tomates con insecticidas orgánicos a base de: ajo (*Allium sativum*) y Nim (*Azadirachta indica*). *Revista de Iniciación Científica*, 4, 39-42. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1817>
- Chipana Mendoza, G. J. (2023). Hydropriming y fertilizante líquido de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en el incremento de la germinación y crecimiento radicular en semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 14-22. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2023.459>
- Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2014). Compuestos naturales como herbicidas de última generación. *Fisiología Vegetal*, 166(3), 1090-1105. <https://doi.org/10.1104/pp.114.239061>
- Florida, N., López, C., & Pocomucha, V. (2018). Efecto del herbicida Paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi. *RevLA*, 2(1-2). <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/viewFile/100/84>
- Giardini Bonfim, F. P., Torres Menezes, G. M., de Oliveira Gomes, J. A., Teixeira, D. A., Solano Mendoza, J. D., & de Souza Parreiras, N. (2018). Alelopatía: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 78-87. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n1/cag10118.pdf>
- Gil Diaz, D., Navarrete Rodríguez, G., Castañeda Chavez, M. del R., Galaviz Villa, I., & Sosa Villalobos, C. A. (2021). Toxicidad aguda del herbicida paraquat en *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) y *Macrobrachium olfersii* (Palaemonidae). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 178-185. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.84792>
- Gobierno de Chile. (2011). *Misión tecnológica relación suelo, agua, planta de pomáceas en España y Polonia*. Pomanova 2007. http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/bitstream/handle/11373/3960/6417_IF.pdf?sequence=10
- Hawkes, T. R. (2014). Mechanisms of resistance to paraquat in plants. *Pest Management Science*, 70(9), 1316-1323. <https://doi.org/10.1002/ps.3699>
- Jacobsen-Pereira, C. H., Dos Santos, C. R., Maraslis, F. T., Pimentel, L., Lobo Feijó, A. J., Silva, C. I., da Silva de Medeiros, G., Costa Zeferino, R., Curi Pedrosa, R., & Maluf, S. W. (2018). Markers of genotoxicity and oxidative stress in farmers exposed to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.004>

- Jiménez Martínez, E., & Manzanares Rugama, R. (2020). Insecticidas botánicos registrados y no registrados en Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 25(2), 131-141. <https://revistasnicaragua.cnu.edu.ni/index.php/caribe/article/view/6453>
- Juárez Segovia, K. G., Díaz García, E. de J., Pina Canseco, M. del S., Méndez López, M. D., Pérez Santiago, A. D., & Sánchez Medina, M. A. (2019). Efecto de extractos crudos de ajo (*Allium sativum*) sobre el desarrollo *in vitro* de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus niger*. *Polibotánica*, 47(24), 99-111. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.8>
- Leng, P., Zhang, Z., Pan G., & Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*, 10(86), 19864-19873. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/99172>
- Matos Acurero, Á. (2011). Producción de Aloína en callos y hojas de brotes de zábila (*Aloe vera* L.) regenerados *in vitro*. *Bioagro*, 23(2), 79-86. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000200001
- Matos Acurero, Á., & Sánchez, A. (2011). Evaluación de reguladores de crecimiento para la inducción de callo en *Aloe vera* L. *Multiciencias*, 11(1), 7-14. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90418851002.pdf>
- Meléndez Gélvez, I., Quijano Parra, A., & Yáñez, L. F. (2017). Genotoxicidad en linfocitos humanos inducida por extractos de durazno, *Prunus persica* cultivados en Pamplonita Norte de Santander. *Ciencia en Desarrollo*, 8(1), 83-91. <https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n1.2017.6221>
- Mocayar Marón, F. J., Camargo, A. B., & Manucha, W. (2020). Allicin pharmacology: Common molecular mechanisms against neuroinflammation and cardiovascular diseases. *Life Sciences*, 249, 117513. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117513>
- Molina Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 377-381. <https://scielo.isciii.es/pdf/pap/v19n76/1139-7632-pap-21-76-00377.pdf>
- Pujiswanto, H. (2012). Pengaruh fermentasi limbah cair pulp kakao terhadap tingkat keracunan dan pertumbuhan beberapa gulma berdaun lebar. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 12(1). <https://jurnal.polinela.ac.id/jppt/article/view/193>
- Ramírez-Concepción, H. R., Castro-Velasco, L. N., & Martínez-Santiago, E. (2016). Efectos terapéuticos del ajo (*Allium sativum*). *Revista Salud y Administración*, 3(8), 39-47. <https://revista.unsis.edu.mx/index.php/saludyadmon/article/view/45/42>
- Rodríguez Romero, A. J., Robles Salazar, C. A., Ruiz Picos, R. A., López López, E., Sedeño Díaz, J. E., & Rodríguez Dorantes, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 307-316. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007
- Rojas, T., Fuentes Campos, M. E., Contreras-López, E., Gómez, S., & Muñoz-Jáuregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de *sanky* (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 258-267. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.82>
- Salazar Coello, V. G., Viteri Poveda, C. E., & Suarez Camacho, L. A. (2018). Características físicas, químicas y microbiológicas del agua de consumo en las comunidades de Barcelona, Sinchal, Valdivia y San Pedro de la Parroquia Manglaralto. Provincia de Santa Elena, 2013. *Reciamuc*, 2(1), 690-713. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/50>

- Salazar Mercado, S. A., & Quintero Caleño, J. D. (2021). Use of *Lens culinaris* Med test as environmental bioindicator to identify the cytogenotoxic effect of paraquat pesticide. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51321-51328. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14352-0>
- Salazar-López, N. J., & Aldana Madrid, M. L. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23-28. <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>
- Schmidt, W., & Redshaw, C. H. (2015). Evaluation of biological endpoints in crop plants after exposure to non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs): Implications for phytotoxicological assessment of novel contaminants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 212-222. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.11.008>
- Scotto, C., Espino, R., Rondón, R., & Arriola, C. (2020). Xenobióticos contaminantes presentes en el agua del refugio de vida silvestre pantanos de villa (distrito de Chorrillos) y en el humedal de ventanilla (distrito de Ventanilla) y su efecto sobre el crecimiento radicular y la composición cromosómica del ajo (*Allium sativum*) y de la cebolla (*Allium cepa*) utilizados como bioindicadores. *Ciencia y Desarrollo*, 23(1), 23-38. <http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v23i1.1862>
- Soto Cortés, R. F. (1993). *Efecto de las características físicas y químicas de diferentes mezclas de sustratos en el crecimiento de arándanos en maceta* [tesis de pregrado, Pontificia Universidad de Valparaíso, Chile]. Bibliotecas PUCV, Repositorio institucional. <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/56536>
- Sun, X. Y., Jin, Y. T., Wu, B., Wang, W. Q., Pang, X. L., & Wang, J. (2010). Study on genotoxicity of aldicarb and methomyl. *Huan Jing ke Xue = Huanjing Kexue*, 31(12), 2973-2980. <https://europepmc.org/article/med/21360888>
- Vega Contreras, N. A., & Torres Salazar, M. L. (2021). Evaluación de compuestos fenólicos de (*Citrus sinensis*) y su capacidad antioxidante. *Ciencia en Desarrollo*, 12(2), 109-117. <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.11635>
- Veríssimo, G., Costa Moreira, J., & Meyer, A. (2018). Paraquat Contamination in Surface Waters of a Rural Stream in the Mountain Region in the State of Rio De Janeiro Southeastern Brazil. *Journal of Environmental and Toxicological Studies*, 2(1). <https://doi.org/10.16966/2576-6430.111>
- Viales López, G. (2014). Intoxicación por Paraquat. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 88-94. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v31n2/art09v31n2.pdf>
- Vilanova Costa, N., Cardoso Pavan, G., Dourado, R. F., Peres Rodrigues da Costa, A. C., & Soares Vasconcelos, E. (2013). Seletividade de herbicidas aplicados com óleo mineral na cultura da mandioca 'Cascuda'. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 12(3), 251-259. <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i3.204>
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>
- Zapata, P. J., Navarro, D., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., & Serrano, M. (2013). Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: Potential crops for industrial applications. *Industrial Crops and Products*, 42, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.002>