

# Mecanismos de acción y avances comerciales de nanopartículas en la agricultura

Graciela Dolores  
Ávila Quezada<sup>1</sup>.  
Nuvia Orduño  
Cruz<sup>1</sup>.  
Miguel Ángel Piñón  
Miramontes<sup>1</sup>.

- (1) Facultad  
de Ciencias  
Agrotecnológicas/  
Universidad  
Autónoma de  
Chihuahua

Recibido: 22 de abril  
de 2026

Aceptado: 21 de  
mayo de 2026

## Resumen

Las nanopartículas metálicas son una alternativa para el control de plagas, patógenos y malezas en la agricultura. Debido a su tamaño de 1 a 100 nanómetros (nm) tienen alta reactividad, pueden usarse para la liberación controlada de ingredientes, y son más eficientes en comparación con los agroquímicos convencionales. Este trabajo consiste en una revisión de literatura basada en artículos científicos y en resultados de investigación de los autores. Se enfoca en los mecanismos de acción de nanomateriales y su aplicación como insecticidas, fungicidas y herbicidas, así como en su avance hacia la comercialización. Aunque existe mucha investigación y patentes, la presencia de nanoplaguicidas y nanoherbicidas en el mercado sigue siendo baja debido a la falta de regulaciones, escasa validación en campo y preocupaciones sobre seguridad humana y ambiental. Los nanofertilizantes son actualmente los productos comerciales más consolidados en el sector agrícola.

**Palabras clave:** nanopartículas, control de plagas, agricultura sostenible.

## Abstract

Metallic nanoparticles are an alternative for controlling pests, pathogens, and weeds in agriculture. Due to their size of 1 to 100 nanometers (nm), they have high reactivity, can be used for the controlled release of ingredients, and are more efficient compared to conventional agrochemicals. This work consists of a literature review based on scientific articles and the authors' research results. It focuses on the mechanisms of action of nanomaterials and their application as insecticides, fungicides, and herbicides, as well as their progress toward commercialization. Although research and patents are growing, the presence of nanopesticides and nanoherbicides in the market remains low due to a lack of regulations, limited field validation, and concerns about human and environmental safety. Nanofertilizers are currently the most established commercial products in the agricultural sector.

**Keywords:** nanoparticles, pest control, sustainable agriculture

## Introducción

La nanotecnología es una herramienta para optimizar prácticas agrícolas como la fertilización y el control de plagas, con el objetivo de reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos y favorecer la producción sostenible (Ávila-Quezada et al., 2022).

Las nanopartículas (NPs) tienen propiedades fisicoquímicas interesantes, como alta reactividad y liberación controlada, lo que mejora la eficiencia en nutrición vegetal y disminuye pérdidas por lixiviación o volatilización (Arora et al., 2022; Ávila-Quezada et al., 2024; Kale et al., 2024; Rai y Ávila-Quezada, 2024).

En el manejo de plagas, patógenos y malezas, las NPs son una alternativa al mejorar la penetración y liberación dirigida de ingredientes activos, además de contribuir a disminuir problemas de resistencia asociados a agroquímicos convencionales (Hawkins et al., 2019; Vrbničanin et al., 2017).

El mercado mundial de agroquímicos genera anualmente miles de millones de dólares, sin embargo, actualmente enfrenta importantes desafíos regulatorios y ambientales. Ante este panorama, las NPs representan una alternativa prometedora, debido a que pueden diseñarse para liberar ingredientes activos de manera más eficiente, permitiendo disminuir las cantidades de agroquímicos utilizadas y reducir su impacto ambiental (Hendrickson et al., 2017).

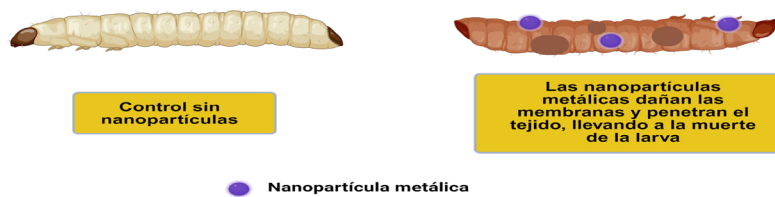
Aunque algunas nanoformulaciones han avanzado hacia la comercialización, existen retos relacionados con la regulación, evaluación de riesgos y validación en campo. Por ello, este trabajo presenta una revisión de literatura sobre los mecanismos de acción de las NPs en agricultura y su avance comercial, con el fin de evaluar su viabilidad como alternativa sostenible.

### Uso de los nanomateriales en la agricultura.

#### ¿Cómo actúan los nanomateriales en las plagas?

Las NPs pueden actuar como insecticidas o actuar como vehículos que transportan sustancias activas hasta el interior del insecto. Su eficacia depende del tamaño, cuanto más pequeñas son, mayor es su capacidad para atravesar barreras naturales y afectar al insecto. A nivel externo, afectan la cutícula del insecto; mientras que internamente, inducen desequilibrios químicos como estrés y alteraciones genéticas y fisiológicas. Como consecuencia, los insectos o larvas reducen o cesan su alimentación, afectando su desarrollo o supervivencia (Shahzad y Manzoor, 2021).

Las NPs metálicas y de óxidos metálicos destacan por su ac-



**Fig 1. Efecto de nanopartículas metálicas en larvas del insecto *Tenebrio molitor*.**

tividad insecticida. Por ejemplo, las NPs de óxido de plata afectan la defensa celular del insecto y generan intenso estrés oxidativo lo que provoca daño celular y finalmente la muerte del organismo (Fig 1) (Benelli, 2018). Estas nanopartículas tienen la capacidad de penetrar los tejidos y afectar directamente las células del insecto (Abarca-Cabrera et al., 2021; Martínez-Cisterna et al., 2024). De manera similar las NPs de óxido de silicio y de aluminio actúan sobre la cutícula del insecto al adherirse a su superficie, favoreciendo la pérdida de agua y causando deshidratación, lo que compromete su supervivencia (Benelli, 2018).

Asimismo, diversos estudios han demostrado que las nanopartículas pueden alterar el desarrollo de insectos como *Tenebrio molitor* (Orduño-Cruz et al., 2025), reforzando el potencial de la nanotecnología como una alternativa innovadora y sostenible para el control de plagas agrícolas

### **¿Cómo actúan los nanomateriales contra los patógenos?**

La efectividad de los nanomateriales depende de características como el tamaño, forma, carga y composición. En agricultura, se aplican de distintas maneras según el problema: pueden usarse aplicado al suelo, o asperjarse sobre el follaje para evitar enfermedades de raíz o foliares (Fig 2). Sin embargo, cuando se trata de enfermedades en frutas postcosecha, se requiere más investigación para evaluar los posibles efectos en la salud humana y garantizar su inocuidad (Ávila-Quezada et al., 2023).

Las NPs metálicas y de óxidos metálicos actúan atacando directamente a los hongos y bacterias. Pueden deformar las estructuras del hongo e inhibir la formación de esporas. Además, generan compuestos reactivos que causan un “estrés interno” que termina causando la muerte (Lakshmeesha et al., 2020).

El estudio de Khan et al. (2023) demostró actividad antibacteriana, antifúngica y nematocida con NPs de óxido de cobre. Estas inhibieron el crecimiento de importantes bacterias, hongos y nematodos fitopatógenos en un 50% a las 48 h de enfrentamiento.

### **¿Cómo actúan los nanomateriales en las malezas?**

Los herbicidas formulados con nanopartículas pueden con-

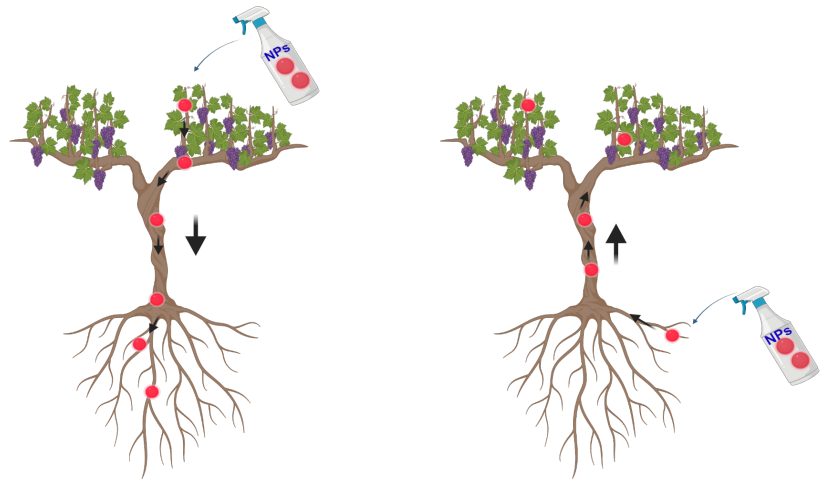
trolar malezas usando dosis menores que los productos convencionales. Esto se debe a que penetran mejor en la planta, se liberan de forma controlada y se absorben con mayor eficiencia (La Iacona et al., 2025).

Por ejemplo, la nanoatrazina ha demostrado ser hasta dos veces más efectivo que la atrazina convencional, logrando una absorción foliar de 40% mayor en solo 24 horas (Takeshita et al., 2021). Asimismo, nanoherbicidas elaborados con quitosano alcanzaron 100% de mortalidad en malezas en trigo usando dosis de cinco a diez veces menores que las formulaciones comerciales convencionales (Khan et al., 2023). De manera similar, el nanotribenurón-metilo encapsulado en zeína, redujo 77% la altura de las malezas empleando la mitad de la dosis habitual (Heydari et al., 2021). también se ha reportado que la nanoatrazina encapsulada en poli( $\epsilon$ -caprolactona) disminuyen significativamente la formación de brotes con una dilución diez veces menor (Oliveira et al., 2015). Además, nanopartículas biodegradables formuladas con metribuzin lograron un control eficiente de malezas utilizando solo 48 g de ingrediente activo por hectárea (Takeshita et al., 2022).

Estas innovaciones son objeto de investigación en países como Brasil, China y Estados Unidos, donde la atrazina nanoencapsulada ha despertado interés por su alta eficacia y bajo impacto ambiental en comparación con las formulaciones convencionales (Preisler et al., 2022; Sousa et al., 2024).

En cuanto a su mecanismo de acción, muchos herbicidas actúan bloqueando el fotosistema II, un proceso esencial para la fotosíntesis de las plantas (Sousa et al., 2018). Las nanoformulaciones facilitan que el herbicida ingrese con mayor rapidez a través de raíces y hojas, permitiendo que se distribuya en los tejidos y alcance los cloroplastos, donde ejerce su efecto tóxico (Bombo et al., 2019; Preisler et al., 2022). Por ejemplo, la nanoatrazina puede ingresar a la hoja y causar daño directo en los cloroplastos (Bombo et al., 2019). Gracias a ello, estas tecnologías ofrecen un control más eficiente de la maleza, incluso en especies tolerantes a la atrazina como *Digitaria insularis* (Sousa et al., 2018; Preisler et al., 2022).

**Análisis de los nanomateriales comerciales a nivel**



**Fig 2. Translocación de las nanopartículas en la planta. Después de la aplicación foliar se translocan a la raíz. Cuando se aplican en la raíz se translocan a la parte aérea.**

**mundial.**

En la actualidad la mayoría de los nanomateriales que llegan al mercado agrícola son nanofertilizantes; seguid de nanoplaguicidas y en menor medida, los nanoherbicidas (Xu et al., 2023). Su principal ventaja es que liberan los nutrientes o ingredientes activos de manera lenta y controlada, lo que reduce pérdidas del producto aplicado, disminuye el impacto ambiental y mejora el rendimiento de los cultivos (Arora et al., 2022). Por eso, estas formulaciones son opciones atractivas para la comercialización.

Los productos más consolidados son los nanofertilizantes (Cuadro 1). Por ejemplo, la urea nanoencapsulada ha incrementado la producción de trigo 7 % (Ramírez-Rodríguez et al., 2020). También se han desarrollado nanofertilizantes híbridos con hi-

**Cuadro 1. Nanomateriales comerciales y las empresas que desarrollan estos productos basados en moléculas nanométricas.**

Producto	Empresa /País	Sitio web
Emulsiones con nanopolímeros y formulaciones de NPs para fármacos	CD Bioparticles / Estados Unidos	<a href="https://www.formulationbio.com/nanomedicine/">https://www.formulationbio.com/nanomedicine/</a>
Insecticida organofosforado Clorpirifos nanoencapsulado, comercializado con el nombre Nanofos	Surcos / Argentina	<a href="https://www.surcos.com/producto/nanofos/11">https://www.surcos.com/producto/nanofos/11</a>
Nano Fertilizante de fósforo quelado	TradeMax / Estados Unidos	<a href="https://trademaxcorporation.com/product/high-tech-nano-chelated-phosphorus-fertilizer">https://trademaxcorporation.com/product/high-tech-nano-chelated-phosphorus-fertilizer</a>
Nanofertilizante	Agro Nanotechnology Corp. / Estados Unidos	<a href="https://product.statnano.com/company/agro-nanotechnology-corp">https://product.statnano.com/company/agro-nanotechnology-corp</a>
Nanofertilizante: Master Nano Chitosan	Pannaraj Intertrade, Bangkok / Tailandia	<a href="https://www.tradekey.com/company/Pannaraj-Intertrade-1358045.html">https://www.tradekey.com/company/Pannaraj-Intertrade-1358045.html</a>
Nanofertilizante	Nano Green Sciences, Inc. / India	<a href="https://product.statnano.com/company/nano-green-sciences,-inc">https://product.statnano.com/company/nano-green-sciences,-inc</a>
Nanofósforo y nanopotasio. Fosvit K30	Kimitec Group / España	<a href="https://product.statnano.com/product/9648/fosvit-k30">https://product.statnano.com/product/9648/fosvit-k30</a>
Nano-zinc foliar	JU Agri Sciences Pvt. Ltd. / India	<a href="https://juagrisciences.com/">https://juagrisciences.com/</a>
Nano fertilizante foliar	Nualgi America, Inc. / Estados Unidos	<a href="https://www.nualgi.com/">https://www.nualgi.com/</a>
Nanofertilizantes diversos como Nano Hierro y calcio, y potasio quelado	AFME Trading Group / Reino Unido	<a href="https://product.statnano.com/company/afme-trading-group">https://product.statnano.com/company/afme-trading-group</a>
Nanourea líquida	Indian Farmers Fertiliser Cooperative Ltd / India	<a href="https://www.iffco.in/en/nano-urea-liquid-fertilizer">https://www.iffco.in/en/nano-urea-liquid-fertilizer</a>
Fertilizante Nano.T Total. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio, nanohierro y nanofósforo, y el producto Nano.T Fe, que contiene nanohierro	CEREA FCP Fabbrica Cooperativa Perfosfati Cerea S.C. / Italia	<a href="https://fcpcerea.it/es/productos/">https://fcpcerea.it/es/productos/</a>

droxiapatita modificada con urea, enriquecidos con nanopartículas de cobre, hierro y zinc, que permiten liberar nutrientes gradualmente y mejorar la retención de agua, lo que los hace competitivos en el mercado. Asimismo, el nanoquitosano con nitrógeno, fósforo y potasio, aumentó el rendimiento del trigo en 14 % (Tarafer et al., 2020).

### **Estado actual del desarrollo y comercialización de nanoplaguicidas y nanoherbicidas.**

En el caso de los nanoherbicidas, aunque muchos estudios demuestran la eficacia de la atrazina nanoencapsulada (Oliveira et al., 2015), estos desarrollos siguen siendo experimentales. Hasta ahora, no hay evidencia de que existan formulaciones comerciales de atrazina nanoencapsulada disponibles en el mercado.

Algo similar ocurre con los nanofungicidas y nanoplaguicidas. A pesar de los resultados interesantes obtenidos en laboratorio, su presencia comercial es baja. Las principales razones son la falta de estudios a nivel de campo, y de regulaciones, además de la incertidumbre sobre sus posibles efectos negativos ambientales.

En relación con innovación y propiedad intelectual, se observa mayor actividad. En los últimos años ha aumentado el número de publicaciones científicas y patentes sobre nanomateriales aplicados a la agricultura (Cuadro 2). Estados Unidos y Alemania lideran en solicitudes de patentes, mientras que países asiáticos encabezan la producción científica. Cerca del 40% de estas investigaciones se centran en nanomateriales de carbono, seguidos por nanopartículas de dióxido de titanio, plata, sílice y alúmina (Bae et al., 2017).

En el caso de los nanofungicidas, empresas como Bayer, DuPont, US Agriculture y Blueberry Therapeutics han registrado patentes relacionadas con estas tecnologías. Entre las nanoestructuras más comunes se encuentran los nanoencapsulados, los quantum dots y las nanopartículas de óxidos metálicos (Ganguli, 2024).

A pesar del aumento en investigaciones, la cantidad de nanomateriales agrícolas disponibles en el mercado sigue siendo baja, probablemente por preocupaciones sobre posibles riesgos para la salud, y por la falta de regulación en muchos países (Arora et al., 2022). Instituciones similares a la Cofepris en México, como la CIBRC en India, APVMA en Australia, BVL en Alemania, ICAMA en China y FAMIC en Japón, no han publicado listas oficiales de productos agrícolas basados en nanomateriales registrados.

Dado su potencial comercial, varias agencias internacionales,

Número de patente /país	Descripción de la patente	Nombre de quien patenta
<b>para Plagas</b>		
ES2678093 / España	Método de preparación de semillas resistentes a las plagas.	Universidad Politécnica de Cataluña.
MX2020004548 / México	Tratamiento en base a cera y NPs de ferritas magnéticas de zinc para el control de patógenos e insectos de plantas en cubiertas no comestibles de frutos	Universidad Autónoma de Coahuila
MX2010013530 / México	Plaguicida con un filtro fotoprotector UV orgánico y NPs de óxido metálico recubiertas. Esta cubierta es para estabilizar al agroquímico frente a la radiación UV	BASF
<b>para Patógenos</b>		
AR086541 / Argentina	Método para controlar microorganismos fitopatógenos con sales de nanocobre.	BASF
WO2021084448 / Colombia	Formulación agroquímica antifúngica verde basada en nanomateriales de silicio y zinc.	Biológicos estratégicos Bioest S.A.A.
WO2020186366/ Chile	Cubierta protectora con NPs de cobre para el cuidado fitosanitario de productos alimenticios, cárneos y/o vegetales post-cosecha, para la extensión de la vida de anaquel	Inversiones y asesorías citrus Ltda.
<b>para Malezas</b>		
AR095420 / Argentina	Composición herbicida con micropartículas poliméricas que contienen un herbicida de tipo auxina sintética para controlar malezas.	Syngenta
AR088153 / Argentina	Composición herbicida que comprende micropartículas poliméricas que contienen un herbicida.	Syngenta

**Cuadro 2. Patentes relacionadas con nanopartículas aplicadas al control de plagas, patógenos y malezas, registradas en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI): <https://www.wipo.int/portal/es/>**

como la FDA, la EMA y la EPA, están desarrollando protocolos para asegurar un uso seguro, especialmente en productos de consumo. En México, se han establecido lineamientos de seguridad relacionados con nanomateriales en la Norma Mexicana NMX-R-12901-1-SCFI-2015.

### Conclusiones

La nanotecnología agrícola ofrece soluciones para controlar plagas, patógenos y malezas, especialmente ante la resistencia a los agroquímicos. Sin embargo, su uso comercial es limitado por la falta de estudios de campo, evaluaciones de seguridad y regulación. Actualmente predominan los nanofertilizantes, mientras que los nanoplaguicidas y nanoherbicidas siguen en su fase experimental. Su adopción requiere validar su eficacia en campo y entender su destino en suelo y agua.

## Referencias

- Abarca-Cabrera, L., Fraga-García, P., Berensmeier, S. (2021). Bio-nano interactions: binding proteins, polysaccharides, lipids and nucleic acids onto magnetic nanoparticles. *Biomaterials research*, 25(1), 12.
- Arora, S., Murmu, G., Mukherjee, K., Saha, S. et al. (2022). A comprehensive overview of nanotechnology in sustainable agriculture. *J. Biotechnology*, 355, 21-41.
- Ávila-Quezada, G.D., Ingle, A.P., Golińska, P., Rai, M. (2022). Strategic applications of nano-fertilizers for sustainable agriculture: Benefits and bottlenecks. *Nanotechnology Reviews*, 11(1), 2123-2140.
- Ávila-Quezada, G.D., Rai, M., Orduño-Cruz, N., Mercado-Meza, D.Y. et al. (2023). Strategic role of myconanotechnology in agriculture for control of fungal pathogens. In *Myconanotechnology* (pp. 171-192). CRC Press.
- Ávila-Quezada, G., Hernández-Montiel, L.G., Rai, M. (2024). The Strategic Role of Nanotechnology in Plant Health Fitness An Overview. *Nanotechnology in Plant Health*, 3-10.
- Bae, S.H., Kim, J., Shin, K.M., Yoon, J.S. et al. (2017). Comparative analysis of co-authorship and keyword network for nanotechnology: carbon nanomaterials field. *J. the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 26(2), 172-184.
- Benelli, G. (2018). Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 12329-12341.
- Bombo, A.B., Pereira, A.E.S., Lusa, M.G., de Medeiros Oliveira, E. et al. (2019). A mechanistic view of interactions of a nanoherbicide with target organism. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 67(16), 4453-4462.
- Ganguli, P. (2024). Patent landscape in biofungicides, nanofungicides, and nano-biofungicides. In *Nanohybrid Fungicides* (pp. 419-440). Elsevier.
- Hawkins, N.J., Bass, C., Dixon, A., Neve, P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*, 94(1), 135-155.
- Hendrickson, C., Huffstutler, G., Bunderson, L. (2017). Emerging applications and future roles of nanotechnologies in agriculture. *Agric Res Technol*, 11(1).
- Heydari, M., Yousefi, A.R., Nikfarjam, N., Rahdar, A. et al. (2021). Plant-based nanoparticles prepared from protein containing tribenuron-methyl: fabrication, characterization, and application. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 53.
- Kale, S.S., Chauhan, R., Nigam, B., Gosavi, S. et al. (2024). Effectiveness of nanoparticles in improving soil fertility and eco-friendly crop resistance: A comprehensive review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 56, 103066.
- Khan, M., Khan, A.A., Parveen, A., Min, K. et al. (2023). Mitigating the growth of plant pathogenic bacterium, fungi, and nemato-

- de by using plant-mediated synthesis of copper oxide nanoparticles (CuO NPs). *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1), 2177520.
- Lakshmeesha, T.R., Murali, M., Ansari, M.A., Udayashankar, A.C. et al. (2020). Biofabrication of zinc oxide nanoparticles from *Melia azedarach* and its potential in controlling soybean seed-borne phytopathogenic fungi. *Saudi J. Biological Sciences*, 27(8), 1923-1930.
- La Iacona, M., Scavo, A., Lombardo, S., Mauromicale, G. (2025). The Exploitation of Nanotechnology in Herbicides and Bioherbicides: A Novel Approach for Sustainable Weed Management. *Agronomy*, 15(1), 228.
- Martínez-Cisterna, D., Rubilar, O., Tortella, G., Chen, L. et al. (2024). Silver Nanoparticles as a Potent Nanopesticide: Toxic Effects and Action Mechanisms on Pest Insects of Agricultural Importance-A Review. *Molecules*, 29(23), 5520.
- Oliveira, H.C., Stolf-Moreira, R., Martinez, C.B.R., Grillo, R. et al. (2015). Nanoencapsulation enhances the post-emergence herbicidal activity of atrazine against mustard plants. *PLoS One*, 10(7), e0132971.
- Orduño-Cruz, N., Mercado-Meza, D.Y., Márquez-Ruiz, F.G., Alonso-Villegas, R. et al (2025). Biosynthesized silver nanoparticles: An eco-friendly approach to management of insect pest. *Pakistan J. Agricultural Sciences*, 62(3), 461-470.
- Preisler, A.C., Carvalho, L.B., Saraiva-Santos, T., Verri Jr, W.A. et al. (2022). Interaction of nanoatrazine and target organism: evaluation of fate and photosystem II inhibition in hydroponically grown mustard (*Brassica juncea*) plants. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 70(25), 7644-7652.
- Rai, M., Avila-Quezada, G. (Eds.). (2024). *Nanotechnology in plant health*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ramírez-Rodríguez, G.B., Miguel-Rojas, C., Montanha, G.S., Carmona, F.J. et al. (2020). Reducing nitrogen dosage in *Triticum durum* plants with urea-doped nanofertilizers. *Nanomaterials*, 10, 1043.
- Shahzad, K., Manzoor, F. (2021). Nanoformulations and their mode of action in insects: a review of biological interactions. *Drug and Chemical Toxicology*, 44(1), 1-11.
- Sousa, G.F., Gomes, D.G., Campos, E.V., Oliveira, J.L. et al. (2018). Post-emergence herbicidal activity of nanoatrazine against susceptible weeds. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 12.
- Sousa, B.T., Carvalho, L.B., Preisler, A. C., Saraiva-Santos, T. et al. (2024). Chitosan coating as a strategy to increase postemergent herbicidal efficiency and alter the interaction of nanoatrazine with *bidens pilosa* plants. *ACS Applied Materials & Interfaces*.
- Takeshita, V., Carvalho, L.B., Galhardi, J.A., Munhoz-Garcia, G.V. et al. (2022). Development of a preemergent nanoherbicide: From efficiency evaluation to the assessment of environmental fate and risks to soil microorganisms. *ACS Nanoscience Au*, 2(4), 307–323.
- Takeshita, V., de Sousa, B.T., Preisler, A.C., Carvalho, L.B. et al.

- (2021). Foliar absorption and field herbicidal studies of atrazine-loaded polymeric nanoparticles. *J. Hazardous Materials*, 418, 126350.
- Tarafder, C., Daizy, M., Alam, M.M., Ali, M.R., et al. (2020). Formulation of a hybrid nanofertilizer for slow and sustainable release of micronutrients. *ACS omega*, 5(37), 23960-23966.
- Vrbničanin, S., Pavlović, D., Božić, D. (2017). Weed resistance to herbicides. *Herbicide resistance in weeds and crops*, 7-35.
- Xu, X., Qiu, H., Van Gestel, C.A., Gong, B. et al. (2023). Impact of nanopesticide CuO-NPs and nanofertilizer CeO<sub>2</sub>-NPs on wheat *Triticum aestivum* under global warming scenarios. *Chemosphere*, 328, 138576.

