

Importancia de la nanotecnología en las ciencias veterinarias

Brandon Damian Cervera-Villaseñor

brandon.cervera@alumnos.udg.mx

Médico veterinario zootecnista,
Estudiante de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria,
Universidad de Guadalajara, México

David Román Sánchez-Chiprés

david.schipres@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5273-0393>

Doctor en ciencias pecuarias,
Universidad de Guadalajara, México

Adalberto Zamudio-Ojeda

adalberto.zojeda@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8684-193X>

Doctor en Nanociencias y Nanotecnología
Departamento de Física,
Universidad de Guadalajara, México

Santiago José Guevara-Martínez

sj.guemtz.89@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5629-2864>

Doctor en Ciencias Químicas
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías
Universidad de Guadalajara, Jalisco, México

Correspondencia: brandon.cervera@alumnos.udg.mx

Artículo recibido 25 enero 2023 Aceptado para publicación: 25 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Cervera-Villaseñor, B. D., Sánchez-Chiprés, D. R., Zamudio-Ojeda, A., & Guevara-Martínez, S. J. (2023). Importancia de la nanotecnología en las ciencias veterinarias. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9549-9561. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5077

RESUMEN

La nanotecnología es una disciplina que consiste en manipular la materia, átomo por átomo, los materiales de estudio tienen una escala menor a 100 nm, los cuales pueden originarse de manera de forma natural o mediante la intervención del hombre por medio de una gran cantidad de métodos y estos pueden adquirir diferentes propiedades dependiendo de la materia de las que tengan origen. En las ciencias veterinarias, tanto la medicina, como la producción pecuaria, así como la salud pública, estas tecnologías representan un avance histórico e innovador que permite tratar diferentes enfermedades infecciosas y degenerativas, mejorar la crianza y la reproducción de los animales, así como la vigilancia de la inocuidad en los alimentos de origen animal. Sin embargo, aún existe poca investigación al respecto, por lo que este artículo tiene como finalidad brindar un panorama de los alcances y limitaciones que estas nuevas técnicas nos pueden proporcionar

***Palabras clave:** nanopartículas; nanomateriales; producción animal; nutrición*

Importance of nanotechnology in veterinary sciences

ABSTRACT

Nanotechnology is a discipline that consists of manipulating matter, atom by atom, the materials under study have a scale of less than 100 nm, which can originate naturally or through human intervention by means of a large number of methods and these can acquire different properties depending on the material from which they originate. In veterinary sciences, medicine, livestock production and public health, these technologies represent a historical and innovative advance that allows treating different infectious and degenerative diseases, improving animal breeding and reproduction, as well as monitoring the safety of food of animal origin. However, there is still little research on the subject, so this article aims to provide an overview of the scope and limitations that these new techniques can provide.

Keywords: *nanoparticles; animal production; animal nutrition; nanomaterials; nutrition*

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es un campo de la ciencia con un área de investigación en la que cohesionan diversas ramas, cuyas aplicaciones han aumentado considerablemente ya que es considerada una herramienta innovadora. (Coppo, 2008; Cuca-García, 2019).

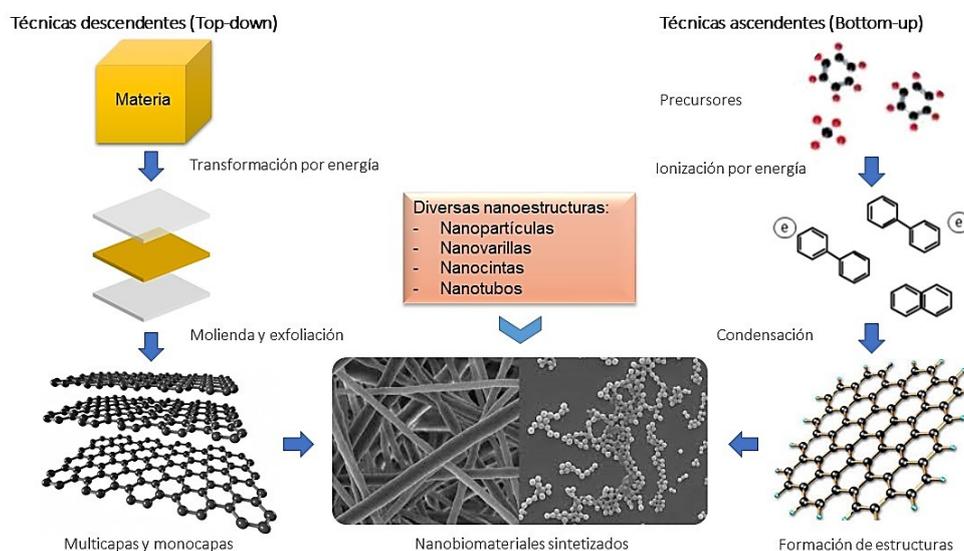
Las nanopartículas son materiales en la escala 1×10^{-9} m, sus propiedades físico químicas y biológicas dependen de la materia prima de origen y el proceso de síntesis de la misma (Buzea, 2007). Existen básicamente dos tipos de efectos dependientes del tamaño: los gradualmente escalables, que están relacionados con la fracción de átomos en la superficie; y los efectos cuánticos, que muestran un comportamiento discontinuo debido a la terminación de las capas en sistemas con electrones deslocalizados (Roduner, 2006). El efecto de superficie se atribuye a la menor estabilidad de los nanomateriales, esto permite requerir menor cantidad de energía para que se unan sus átomos, las nanopartículas pueden difundirse con mayor facilidad que las partículas sólidas, siendo su comportamiento similar a moléculas de un gas en el aire, dificultando la sedimentación de las mismas, en comparación con las partículas de mayor tamaño; esto representa implicaciones también para el movimiento más rápido de las nanopartículas en los tejidos. Y por otro lado encontramos el efecto cuántico que, en la escala nanométrica, se caracteriza por mostrar un comportamiento similar al de un átomo individual (Haben, 2020; Arana, 2021). Adicionalmente, los átomos se vuelven más estables a 100 nm, aumentando su superficie de manera drástica; de este modo, las nanopartículas y los materiales que las contienen pueden permanecer protegidos de efectos adversos bioactivos, interacciones enzimáticas y agentes oxidantes (Haben, 2020).

Métodos de síntesis de nanopartículas

Los métodos de preparación de nanopartículas dependen de la estabilidad física y química del agente activo, su toxicidad y perfil de liberación (ver figura 1). Con base en lo anterior, existen 2 categorías: Top down, el cual consiste en la división de objetos macroscópicos en fracciones más pequeñas ya sea por molienda, desbaste, métodos químicos o volatilización y condensación de estos componentes. Bottom up, que radica en generar una aglomeración de nanopartículas a través de la condensación de átomos en una fase gaseosa o solución (Cuca-García, 2019). Desde el siglo XIX, los científicos son conscientes de la capacidad de las entidades biológicas para reducir los precursores

metálicos. Una alternativa que actualmente está haciéndose tendencia es el progreso del uso de la síntesis verde la cual hace uso de agentes reductores, estabilizadores y de recubrimiento naturales sin el uso de productos químicos tóxicos, de costo elevado y con un alto consumo de energía, ha atraído la atención de los investigadores hacia los métodos más amigables con el medio ambiente (Hussain, 2016).

Figura 1. *Técnicas de síntesis de nanomateriales. Del lado izquierdo se muestra la técnica Top-down que parte de material macroscópico para irse dividiendo hasta obtener el material de interés. Del lado derecho se muestra la técnica Bottom-up que consiste en utilizar precursores pequeños para sintetizar un material de dimensiones mayores. (Adaptado de Guevara-Martínez, 2023)*



Alcances

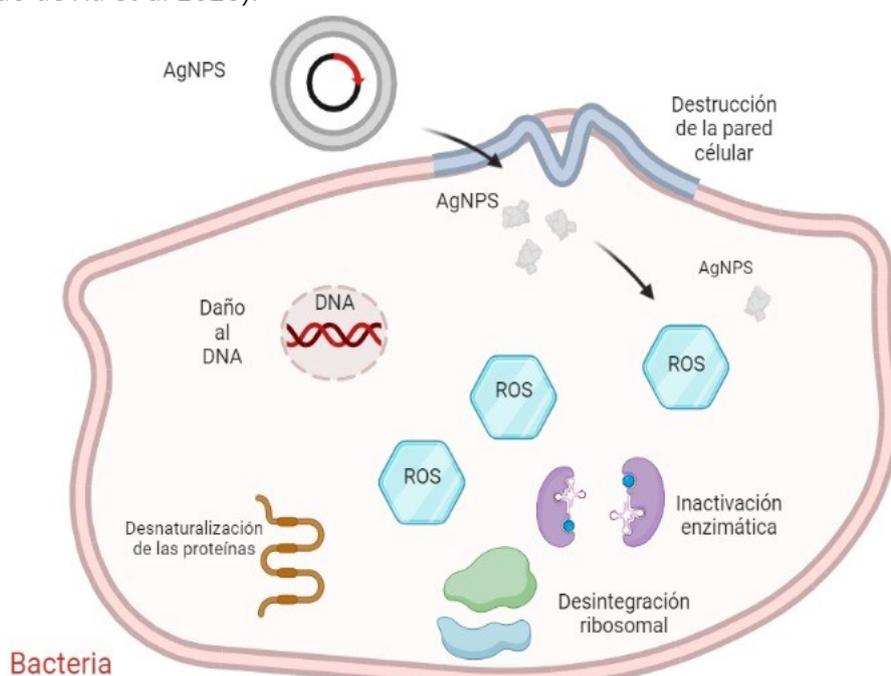
Las aplicaciones de la nanotecnología en las ramas de la biología y medicina se denominan colectivamente Nanomedicina. Entre las posibles aplicaciones médicas de este nuevo campo podemos encontrar, ingeniería de tejidos, diagnóstico, administración de fármacos e imágenes (Appasi, 2005).

Fundamentalmente, a nivel de la producción animal y las ciencias veterinarias, cuyo reto es la sostenibilidad ecológica, la seguridad alimentaria, el control de enfermedades, y la salud humana; la nanotecnología representa un punto clave en el bienestar animal, la medicación veterinaria, y la producción animal en general (Ali, 2021). La nanotecnología permite examinar material genético, células y proteínas en cantidades microscópicas, lo que ha hecho que se vuelva herramientas de última generación para diversos campos como la biología celular y molecular, la genética animal, la biotecnología, la reproducción, la fisiología veterinaria, administración de medicamentos, mejoramiento reproductivo y

en la inocuidad lo que otorga un valor agregado a los alimentos de origen animal. En el campo de la medicina, se establecen aplicaciones específicas de la nanotecnología en la que se emplean nanopartículas para suministrar algunos fármacos, inducir luz, aplicar calor u otros componentes a determinados tipos de células (por ejemplo, células cancerosas). Entre los nanomateriales más usados se encuentran las nanopartículas metálicas como las de plata (AgNPs), oro (AuNPs), platino (PtNPs), cobre (CuNPs), selenio (SeNPs), óxido de hierro (Fe₂O₃NPs), dióxido de titanio (TiO₂ NPs) óxido de Zinc (ZnOPs), entre otras (Ali, 2021; Arana, 2021).

Las nanopartículas metálicas actúan de diversas maneras sobre las células eucariotas y procariontas, entre los cuales se pueden mencionar, daño a la superficie de la pared y membrana celular, así como la inducción de efectos citotóxicos por medio de la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la liberación de radicales libres, que pueden dañar las estructuras intracelulares (mitocondrias, vacuolas, ribosomas) y de biomoléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos, ADN) (Figura 2). Adicionalmente, interfieren en la división celular y en el crecimiento microbiano. Estos efectos pueden ser aprovechados para el tratamiento contra distintos agentes patógenos, aunque estos mecanismos también pueden representar un riesgo para el hospedero (Arana, 2021).

Figura 2. Representación esquemática de los mecanismos de las AgNPs contra las bacterias, representando la vía dependiente de ROS, el daño al ADN, la desnaturalización de proteínas y la inactivación de enzimas para la acción antibacteriana de las AgNPs (Adaptado de Xu et al 2020).



Nanotecnología en la producción y la medicina veterinaria

La nanotecnología destaca por su potencial para revolucionar el sector de las ciencias veterinarias, abarcando distintas áreas que van desde la administración de fármacos y vacunas, el diagnóstico de enfermedades, la crianza y reproducción de animales, así como en el campo de la nutrición animal (Ali, 2021).

Año con año se generan nuevas cepas patógenas resistentes a los antibióticos resulta una problemática que va en un aumento exponencial, esto debido en buena parte, al uso indiscriminado de antibióticos en las grandes producciones pecuarias; para esta problemática, el uso de nanopartículas metálicas como las de plata (AgNPs) u orgánicas como las de quitosano (biopolímero de aminopolisacáridos) representa, una alternativa viable para combatir dichos agentes, tales como la E.coli, y S.aureus, demostrando ser eficaces contra virus y partículas virales como el virus del distemper canino y el virus de la fiebre aftosa, además infecciones parasitarias y micóticas (Ali, 2021; Yao 2021; Banumathi, 2016; Hassan, 2015).

Las AgNPs, AuNPs, Pt NPs y CuNPs, se han probado de manera in vitro para combatir agentes patógenos presentes en la mastitis bovina tales como S. aureus, E. coli, S. uberis, C. albicans y C. krusei, siendo las AgNPs y CuNPs, las que mostraron mayor efecto antimicrobiano ante estas (Wernicki, 2014).

En este sentido las AgNPs y las AuNPs, resaltan también por su eficacia en distintos tratamientos como efecto inhibitorio contra *Corynebacterium pseudotuberculosis* agente causal de la linfadenitis caseosa en ovinos y caprinos; *Moraxella ovis* en casos de queratoconjuntivitis ovina (Mohamed, 2017; Ortiz 2019). De igual modo, se encontró que las AgNPs estabilizadas con polivinilpirrolidona (PVP), pueden disminuir las secuelas en perros que fueron infectados con el virus del distemper canino (Bogdanchikova, 2016). Al mismo tiempo, estas nanopartículas podrían ayudar en la administración de antibióticos poco eficaces contra bacterias resistentes (Ali, 2021).

Existen tratamientos de neoplasias aplicando nanopartículas, en estudios contra fibrosarcoma felino, el uso de AuNPs con glutatión, presentan efecto apoptótico con una reducción del tamaño tumoral con el mínimo de bioacumulación en hígado, bazo, riñón y corazón sin afectar las funciones normales ni provocar los aumentos sanguíneos de BUN, AST y ALT (Zabielska et al, 2018). El uso de AgNPs sintetizadas con Azadirachta indica y funcionalizadas con aceites vegetales, en procesos de cicatrización y propiedades

antiinflamatorias probado en lesiones en orejas de conejo, se ha evaluado la regeneración y cicatrización de las lesiones, observando un efecto cicatrizante más rápido en comparación con los tratamientos convencionales de antibióticos y antiinflamatorios (Bansod et al. 2015).

El uso de nanopartículas metálicas como las de cobre, resulta también sobresaliente en lo que a materia en nutrición animal se refiere, esto debido a que el cobre es un oligoelemento esencial en la alimentación de los animales de producción como aves y cerdos. Las características de estas permiten ser administradas con facilidad ya sea en el alimento o en el agua de bebida, cuentan con una gran superficie que les permite interactuar con el organismo y permanecer durante un tiempo prolongado en el tracto gastrointestinal, además de tener una gran capacidad de penetración en el tejido a través de los capilares lo que permite una absorción eficaz por parte de las células y un transporte eficaz de los compuestos activos a las zonas diana del organismo. (Haben, 2020; Vinus, 2017; Zha et al, 2008).

Gonzalez et al reportaron en el 2009, el uso frecuente del cobre adicionado en las dietas de los lechones, además de una actividad antimicrobiana, este eleva la digestibilidad de la grasa cruda de la ración, así como un aumento en las concentraciones de superóxido dismutasa y de globulinas totales en el suero sanguíneo. La suplementación nutricional a nanoescala y no a microescala ha sido documentada en ratones, donde la mineralización ósea en animales alimentados con nanopartículas de carbonato de calcio y citrato cálcico, se vio considerablemente mejorada (Kollenda et al. 2020). Esto representa un avance significativo para la producción, ya que uno de los retos diarios a los que se enfrenta es el abasto de alimentos, la optimización y el aprovechamiento eficiente del alimento, lo que se traduce a una reducción en el volumen y los costos de alimentos necesarios para el abasto, así como el impacto global que esto puede generar en la producción de carne. En la industria alimentaria el uso de micelas diminutas como portadores de aceites esenciales, aromas, antioxidantes, coenzimas y vitaminas, minerales y fitoquímicos para mejorar su biodisponibilidad, esto facilita la absorción de los mismos y por consecuente aparece un incremento en el consumo y las ganancias de peso de los animales. Encapsular las nanopartículas de ingredientes activos (minerales y micronutrientes) para protegerlas de la oxidación y que no lleguen al receptor del sabor, reduciendo así los sabores indeseables en la aplicación final (Helle, 2006; Haben, 2020). El uso de plata (Ag),

el cobre (Cu), el hierro (Fe) y el dióxido de manganeso (MnO₂) como nanocompuestos metálicos que, añadidos a los piensos de gallinas ponedoras, aumenta la cantidad y la calidad de la productividad de éstas. Aunque predomine el efecto de las sales de los metales, perceptible en el aumento de los niveles de puesta de huevos; la introducción de metales como aditivos en forma macro y nanoescalas provoca cambios en el nivel de pH de la clara y la yema, pero dentro de las normas reguladas por los requisitos huevos de gallina para el consumo humano, lo cual da como resultado un alimento con un valor agregado y aceptado por el consumidor (Haben, 2020; Scott, 2018). Además, la adición de AgNPs como en el agua de bebida para promover el crecimiento en aves de engorda, y como agente antimicrobiano, sin evidencia de cambios metabólicos en las aves, ni en la composición de la microbiota intestinal. Por otro lado, al inocular el saco aéreo del huevo con AgNPs solas y en combinación con aminoácidos como la treonina y la cisteína, mejora el estado inmunológico del pollito sin alterar su desarrollo (Pineda et al, 2012; Bhanja, 2015).

El uso de nanopartículas para evaluar las características físicas y fisiológicas de los espermatozoides, como la motilidad, la direccionalidad y la integridad del acrosoma, puede ser útil para predecir la viabilidad del semen en las técnicas de reproducción asistida (TRA) y garantizar así el éxito de la fecundación (Sutovsky y Lovercamp 2011; Hasanen et al. 2020). La nanoselección magnética representa una herramienta muy prometedora para eliminar los espermatozoides con anomalías o inviábiles del semen sano y en buen estado, lo que permite mejorar la fertilidad de los machos, especialmente durante la temporada estival más estresante (Durfey et al. 2019).

Como parte de la seguridad alimentaria, las nanotecnologías representan una herramienta muy útil en la detección de diversos compuestos que alteran la inocuidad de los alimentos como; aflatoxinas, micotoxinas y bacterias responsables de las conocidas enfermedades transmitidas por alimentos (ETDA) (Salmonella, E. coli O157:H7, Campylobacter jejuni), así como sus toxinas bacterianas (toxina colérica), adulterantes químicos (melamina, oxalatos, ácido benzoico) y residuos de antibióticos (cloranfenicol y penicilinas) (Kuswandi, 2017).

CONCLUSIONES

La nanotecnología ha revolucionado la investigación científica en las disciplinas de la veterinaria y la zootecnia, desempeñando un papel vital en los campos de la seguridad

alimentaria, el diagnóstico, el tratamiento de enfermedades, administración de nutrientes y fármacos como sustituto de los antibióticos, la biotecnología reproductiva y el sector avícola. En comparación a otras disciplinas científicas, el uso de la nanotecnología en las ciencias veterinarias aún se encuentra en una fase temprana de su aplicación, y a pesar de que se han indicado varias aplicaciones de los nanomateriales en las ciencias veterinaria, aún se requiere mayor investigación para cumplir con las regulaciones y retos que todas estas nuevas técnicas nos presentan.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A., Ijaz, M., Khan, Y. R., Sajid, H. A., Hussain, K., Rabbani, A. H., ... & Ahmed, I. (2021). Role of nanotechnology in animal production and veterinary medicine. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-14.
- Appasani, K. (2005). BioNanoMedicine: A nanotechnology platform for the 21st century. *Expert review of molecular diagnostics*, 5(6), 839-840.
- Arana, G. O., Rojas, M. T., Ordóñez, V. V., & Dibarrat, J. P. A. (2021). Aplicaciones de las nanopartículas metálicas en las ciencias veterinarias. *Revista MVZ Córdoba*, 26(3), 21.
- Banumathi, B., Malaikozhundan, B., & Vaseeharan, B. (2016). In Vitro acaricidal activity of ethnoveterinary plants and green synthesis of zinc oxide nanoparticles against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Veterinary parasitology*, 216, 93-100.
- Bansod, S. D., Bawaskar, M. S., Gade, A. K., & Rai, M. K. (2015). Development of shampoo, soap and ointment formulated by green synthesised silver nanoparticles functionalised with antimicrobial plants oils in veterinary dermatology: treatment and prevention strategies. *IET nanobiotechnology*, 9(4), 165-171.
- Bhanja, S. K., Hotowy, A., Mehra, M., Sawosz, E., Pineda, L., Vadalasetty, K. P., ... & Chwalibog, A. (2015). In ovo administration of silver nanoparticles and/or amino acids influence metabolism and immune gene expression in chicken embryos. *International journal of molecular sciences*, 16(5), 9484-9503.
- Buzea, C., Pacheco, I. I., & Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), MR17-MR71.
- Coppo, J. A. (2009). Nanotecnología, medicina veterinaria y producción agropecuaria. *Revista Veterinaria*, 20(1), 61-71.

- Cuca-García, J. M. (2018). Síntesis de nanopartículas y su aplicación en la nutrición animal. *Agro Productividad*, 11(6), 85-90.
- Durfey, C. L., Swistek, S. E., Liao, S. F., Crenshaw, M. A., Clemente, H. J., Thirumalai, R. V., ... & Feugang, J. M. (2019). Nanotechnology-based approach for safer enrichment of semen with best spermatozoa. *Journal of animal science and biotechnology*, 10(1), 1-12.
- Haben Fesseha, M. (2020). Nanotechnology and its Application in Animal Production: A Review.
- Hasanen, E., Elqusi, K., ElTanbouly, S., Hussin, A. E., AlKhadr, H., Zaki, H., ... & Agarwal, A. (2020). PICSI vs. MACS for abnormal sperm DNA fragmentation ICSI cases: a prospective randomized trial. *Journal of assisted reproduction and genetics*, 37, 2605-2613.
- Hassan, A. A., Oraby, N. H., El-Dahshan, E. M. E., & Ali, M. A. (2015). Antimicrobial potential of iron oxide nanoparticles in control of some causes of microbial skin affection in cattle. *Eur J Acad Essays*, 2(6), 20-31.
- Heller, L. (2006). Flavor firm uses nanotechnology for new ingredient solutions. *Food Navigator News*, 10.
- Hussain, I., Singh, N. B., Singh, A., Singh, H., & Singh, S. C. (2016). Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnology letters*, 38, 545-560.
- Jamkhande, P. G., Ghule, N. W., Bamer, A. H., & Kalaskar, M. G. (2019). Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications. *Journal of drug delivery science and technology*, 53, 101174.
- Kollenda, S.A., Klose, J., Knuschke, T., Sokolova, V., Schmitz, J., Staniszewska, M., Costa, P.F., Herrmann, K., Westendorf, A.M., Fendler, W.P. and Epple, M., 2020. In vivo biodistribution of calcium phosphate nanoparticles after intravascular, intramuscular, intratumoral, and soft tissue administration in mice investigated by small animal PET/CT. *Acta biomaterialia*, 109, 244–253
- Kuswandi, B., Futra, D., & Heng, L. Y. (2017). Chapter 15—Nanosensors for the Detection of Food Contaminants. *Nanotechnol. Appl.*
- Mohamed, M. M., Fouad, S. A., Elshoky, H. A., Mohammed, G. M., & Salaheldin, T. A. (2017). Antibacterial effect of gold nanoparticles against *Corynebacterium*

- pseudotuberculosis. *International Journal of veterinary science and medicine*, 5(1), 23-29.
- Pineda, L., Chwalibog, A., Sawosz, E., Lauridsen, C., Engberg, R., Elnif, J., ... & Moghaddam, H. S. (2012). Effect of silver nanoparticles on growth performance, metabolism and microbial profile of broiler chickens. *Archives of animal nutrition*, 66(5), 416-429.
- Guevara-Martínez, S. J., & Hernández-Trejo, M. K. (2023). Nanomateriales de fibras vegetales: ¿Cómo reutilizar lo que la naturaleza nos provee?. *Revista De divulgación científica IBIO*, 5(1), HS120. Recuperado a partir de <http://revistaibio.com/ojs33/index.php/main/article/view/120> (Original work published 27 de enero de 2023)
- Ortiz Arana, G. (2019). Evaluación del efecto bactericida in vitro de las nanopartículas de plata en cepas de *Moraxella* spp. multirresistentes aisladas en ovinos en el Estado de México.
- Roduner, E. (2006). Size matters: why nanomaterials are different. *Chemical society reviews*, 35(7), 583-592.
- Scott, A., Vadalasetty, K. P., Łukasiewicz, M., Jaworski, S., Wierzbicki, M., Chwalibog, A., & Sawosz, E. (2018). Effect of different levels of copper nanoparticles and copper sulphate on performance, metabolism and blood biochemical profiles in broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), e364-e373.
- Sutovsky, P., & Lovercamp, K. (2011). Molecular markers of sperm quality. *Reproduction in Domestic Ruminants VII*, 247.
- Vinus, Sheoran N. Role of nanotechnology in poultry nutrition. *Int J Pure App Biosci*. 2017; 5: 1237-1245
- Yang, D. (2021). Application of nanotechnology in the COVID-19 pandemic. *International journal of nanomedicine*, 16, 623.
- Wernicki, A., Puchalski, A. N. D. R. Z. E. J., Urban-Chmiel, R. E. N. A. T. A., Dec, M., Stegierska, D., Dudzic, A. N. N. A., & Wojcik, A. N. N. A. (2014). Antimicrobial properties of gold, silver, copper and platinum nanoparticles against selected microorganisms isolated from cases of mastitis in cattle. *Med Weter*, 70(9), 564-567.

- Xu, Li, et al. "Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety." *Theranostics* 10.20 (2020): 8996.
- Zabielska-Koczywąg, K., Wojtalewicz, A., Użarowska, E., Klejman, A., Wojtkowska, A., Dolka, I., ... & Lechowski, R. (2018). Distribution of glutathione-stabilized gold nanoparticles in feline fibrosarcomas and their role as a drug delivery system for doxorubicin—preclinical studies in a murine model. *International journal of molecular sciences*, 19(4), 1021.
- Zha, L-Y., et al. "Chromium nanoparticle exhibits higher absorption efficiency than chromium picolinate and chromium chloride in Caco-2 cell monolayers."