



Nanotecnología en la agricultura: pequeñas soluciones para grandes desafíos

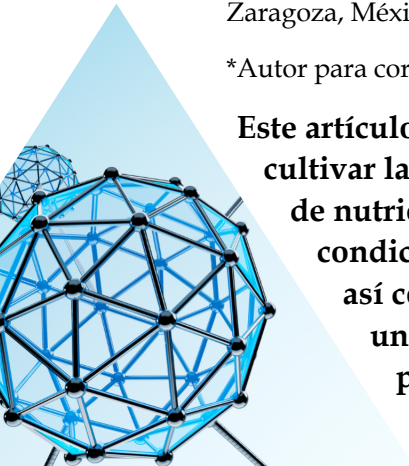
Guadalupe Magdaleno-García¹
Alonso Méndez-López^{2*}

¹ Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

^{2*} Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor para correspondencia: alonso1977@gmail.com Tel: 595-104-2246

Este artículo explica cómo la nanotecnología está cambiando la forma de cultivar las plantas y producir nuestros alimentos. Desde mejorar la absorción de nutrientes por las plantas hasta mitigar el estrés que ocasiona las condiciones ambientales como la alta concentración de sales en el suelo, así como aumentar la calidad de las frutas y verduras. Descubre cómo unas diminutas partículas (nanopartículas) están abriendo nuevas puertas para la agricultura y lo que esto significa en la seguridad alimentaria.



Introducción

Imagina que pudiéramos utilizar la ciencia para hacer que las plantas toleren cada vez más condiciones ambientales adversas como la salinidad, y a la vez mejorar la calidad y aporte nutrimental de los cultivos, y con ello, reducir el uso de fertilizantes químicos. Es exactamente lo que está haciendo la nanotecnología en la agricultura. Pero, ¿qué es la nanotecnología? No te preocupes, no necesitas ser un científico para descubrirlo.

La nanotecnología es considerada tecnología de vanguardia, en la que se trabaja con materiales de tamaño sumamente pequeño. Los científicos manipulan materiales y generan partículas tan diminutas que no podemos verlas sin la ayuda de un microscopio de alta potencia visual. Tienen un tamaño muy pequeño, menor a 100 nanómetros, muchísimo más pequeño que el tamaño de una bacteria. Para que tengamos una idea un cabello humano es 10,000 veces más ancho que un nanomaterial, pero a pesar de su tamaño, estos nanomateriales pueden hacer cosas asombrosas, esto se debe al cambio de sus propiedades físicas y químicas, lo que no ocurre en los materiales de tamaño macroscópico.

Al usar la dosis adecuada de nutrientes ayuda a los agricultores a gastar menos dinero en la producción de los alimentos



Entrega de nutrientes y formas de aplicación

Ahora, imagina poder suministrar los nutrientes esenciales como el zinc, cobre, hierro y calcio directamente a las plantas, en las cantidades que estas lo requieren. Efectivamente, las nanomateriales pueden hacer exactamente eso; así que, en lugar de aplicar grandes volúmenes de fertilizante químico; las nanopartículas actúan como proveedoras de los nutrientes en pequeñas dosis, suministrándolos a las plantas cuando los necesitan. ¿Por qué esto es tan importante? Al dar a las plantas la cantidad exacta de nutrientes estas pueden crecer y desarrollarse de forma



adecuada y así evitar el exceso de fertilizante que no son aprovechados y que pueden llegar al suelo y al agua, causando la contaminación ambiental. Además, al usar la dosis adecuada de nutrientes ayuda a los agricultores a gastar menos dinero en la producción de los alimentos. Pero, ¿cómo se aplican las nanopartículas a nuestros campos y cultivos? exploremos un poco las formas en que por medio de la nanotecnología podemos alimentar a nuestras plantas.

Las raíces son la puerta principal de entrada para que las plantas obtengan los nutrientes y agua del suelo (Figura 1). Las nanopartículas son lo suficientemente pequeñas para entrar por esta puerta sin inconveniente y poder moverse en el interior, a través de tejidos de conducción llamados xilema y floema, llegando así a todas las partes de la planta como tallo, hojas, flores y frutos.

Las hojas no solo se encargan de llevar a cabo la fotosíntesis, sino que también pueden absorber nutrientes a través de sus superficies (haz y envés de la hoja); los agricultores pueden usar un tipo de “aspersor de nutrientes” que contiene una solución con nanopartículas para la aplicación.

Cuando estas diminutas partículas caen en las hojas de las plantas, comienza un proceso asombroso, estas pueden penetrar la cutícula de las hojas o entrar a través de los estomas (Figura 1). Después, moverse por la epidermis hasta llegar a las células mesófilas, para finalmente liberar los nutrientes necesarios para promover el crecimiento y desarrollo.

Uno de los efectos más importantes de la nanopartículas es la reducción del uso de productos agroquímicos como fertilizantes, insecticidas o fungicidas, debido a que pueden fortalecer las defensas de las plantas contra plagas y enfermedades

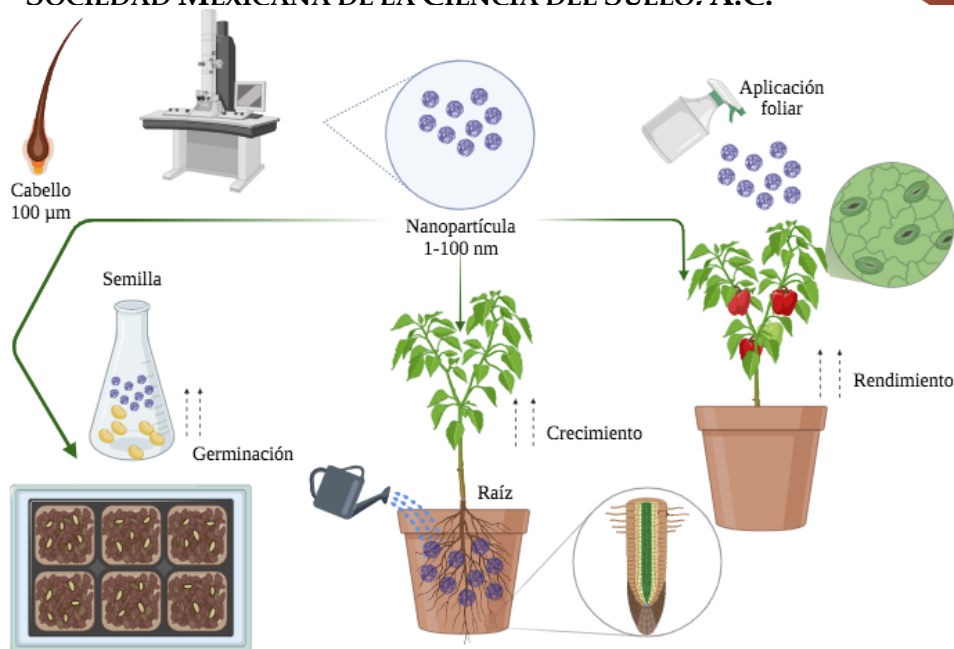
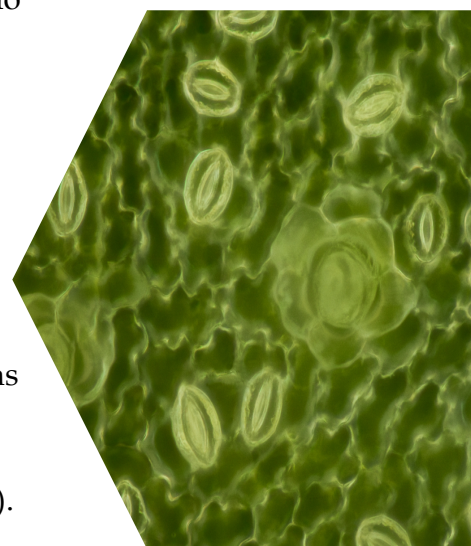


Figura 1. Formas de aplicación y efecto de nanopartículas en plantas.

Las semillas son como pequeñas cápsulas llenas de energía que están listas para convertirse en nuevas plantas (Figura 1). Pero ¿qué pasaría si pudiéramos darles un pequeño impulso extra antes de que empiecen a su proceso germinativo? el tratamiento a las semillas con nanopartículas conocido como “nano priming” puede darles un estímulo adicional y mejorar su germinación y emergencia. Esto significa que las plantas comienzan su crecimiento de manera más rápida y uniforme. Además, puede ayudar a las plantas a soportar condiciones adversas como las sequías o el estrés por alta concentración de sales en el medio de crecimiento. Esto se debe a que nanopartículas pueden actuar como escudos protectores, ayudando a las plantas a conservar agua y nutrientes.

Contra la salinidad del suelo

Cuando los cultivos o las plantas están expuestas a estrés salino, significa que el suelo o medio de cultivo en el que crecen tiene una alta concentración de sal, lo que dificulta su capacidad para absorber agua y nutrientes. Esta condición abiótica amenaza la productividad agrícola y resalta la necesidad de buscar alternativas innovadoras de solución. Los nanomateriales como aliados en la agricultura pueden mejorar la retención de agua del suelo, para contrarrestar el estrés osmótico causado por la salinidad (Figura 2).





Además, como diversos estudios sugieren pueden mejorar la eficiencia de la fotosíntesis y reducir el daño oxidativo en las células, que es como un enemigo invisible de las plantas, que ataca cuando estas están bajo tensión adversa y que puede dañar las células, aquí es donde entran las enzimas antioxidantes, que son como bomberos que llegan a apagar el fuego, estas heroínas celulares son esenciales para neutralizar y eliminar las moléculas dañinas en las plantas bajo desequilibrio incentivado por alta concentración de sal.

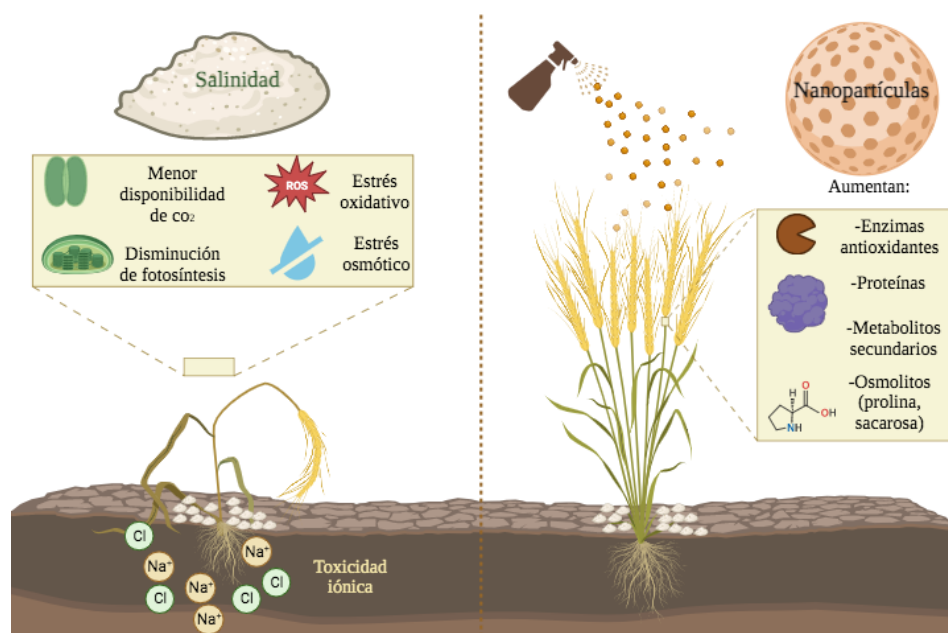


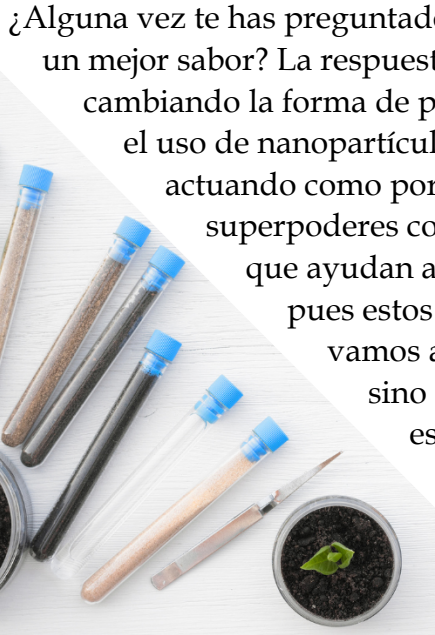
Figura 2. Efectos de la salinidad y aplicación de nanopartículas.

Además, las nanopartículas tienen la capacidad de aumentar la producción de pequeñas moléculas orgánicas protectoras capaces unirse al agua (osmolitos) como la prolina y sacarosa, que ayudan a mantener el equilibrio del contenido de agua en la célula vegetal (Figura 2). Esto reduce la pérdida de agua de las células y permite que nuestras plantas retengan la hidratación necesaria para el crecimiento y supervivencia.

También, estos materiales diminutos pueden dar superpoderes a las plantas “metabolitos secundarios” estos les permiten trabajar bajo presión y mejorar la calidad de los frutos. Su importancia radica en su capacidad antioxidante, es decir que pueden proteger a las células contra el daño, aunque todavía estamos aprendiendo sobre los nanomateriales, podrían ser una gran ayuda para que nuestras plantas crezcan felices, incluso cuando el terreno es un poco difícil.



¡Las nanopartículas transforman la calidad de los frutos!



¿Alguna vez te has preguntado cómo es que algunos frutos tienen un mejor color o un mejor sabor? La respuesta pudiera estar en un mundo microscópico que está cambiando la forma de producir nuestros alimentos. La nanotecnología, con el uso de nanopartículas pueden mejorar el valor nutricional de los frutos actuando como portadores de nutrientes minerales. ¿recuerdan los superpoderes conocidos como metabolitos secundarios? si, aquellos que ayudan a nuestras plantas cuando están bajo algún estrés, pues estos también los podemos encontrar en los frutos que vamos a consumir y no sólo dan superpoderes a las plantas, sino que curiosamente cuando consumimos estos frutos, estos metabolitos que son como tesoros ocultos también nos brindan beneficios (Figura 3). Los fenoles, flavonoides o la vitamina C son algunos ejemplos, estos nos ayudan a proteger nuestras células contra los radicales libres, lo que puede estar relacionado con enfermedades como el

cáncer y el envejecimiento prematuro. Así que, cada vez que comes un fruto rico en estos compuestos estás fortaleciendo tus defensas. Y quizá uno de los efectos más importantes de la nanopartículas es la reducción del uso de productos agroquímicos como fertilizantes, insecticidas o fungicidas, debido a que pueden fortalecer las defensas de las plantas contra plagas y enfermedades, lo que significa la producción de alimentos más limpios y más seguros para nuestro consumo. Pero, ¿hay riesgos? Como en todas las innovaciones, también hay efectos negativos. Los científicos están trabajando para comprender plenamente los posibles efectos adversos en la salud humana y en el medio ambiente. La seguridad es una prioridad.

Conclusión

La nanotecnología está llevando a la agricultura hacia un futuro más sostenible y eficiente. Aunque pueda sonar como ciencia ficción, está ocurriendo aquí y ahora, en los campos y laboratorios de instituciones de muchas partes del mundo. Así que la próxima vez que veas un cultivo saludable, recuerda que detrás de ese éxito puede estar la nanotecnología, trabajando en pequeñas soluciones para grandes desafíos.

La nanotecnología, con el uso de nanopartículas pueden mejorar el valor nutricional de los frutos actuando como portadores de nutrientes minerales

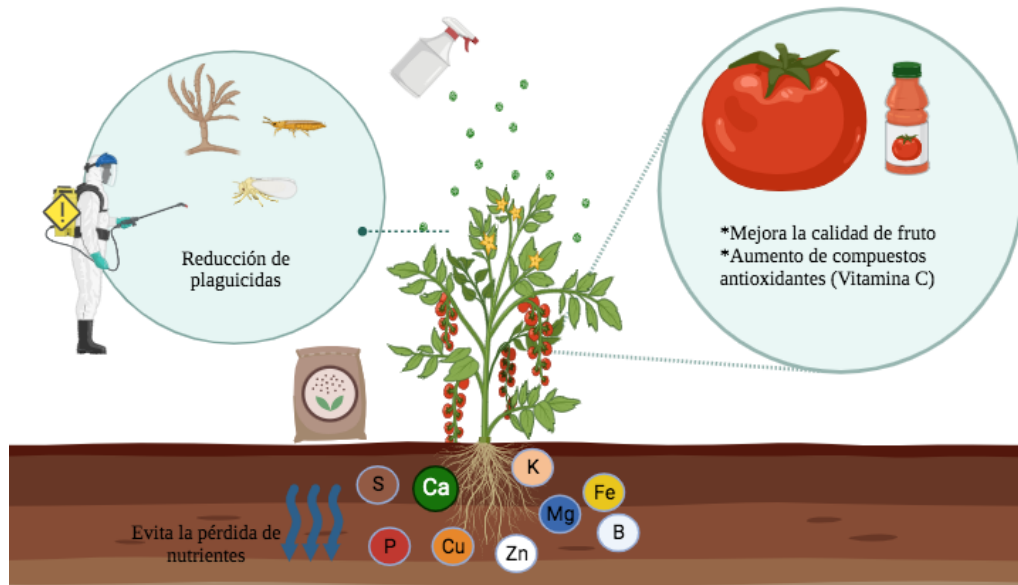


Figura 3. Mejora de la calidad de fruto con nanopartículas.

Literatura recomendada

Pérez-Hernández, H., López-Valdez, F., Juárez-Maldonado, A., Méndez-López, A., Sarabia-Castillo, C. R., García-Mayagoitia, S., ... & Pérez-Moreno, A. Y. (2023). Implicaciones de los nanomateriales utilizados en la agricultura: una revisión de literatura de los beneficios y riesgos para la sustentabilidad. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 17(32), 1e-50e.

Magdaleno-García, G., Juárez-Maldonado, A., Galindo-Betancourt R., Morales-González, S., Cabrera-De La Fuente, M., Sánchez-Vega, M., & Méndez-López, A. (2023). Zinc oxide nanoparticle morphology modify germination and early growth of bell pepper seedlings: Zinc oxide nanoparticle morphology. *Biotecnia*, 25(3), 5-15.

Marín-Bustamante, M., Hernández-Flores, A., & Cásarez-Santiago, R. (2021). Nanotecnología y Agricultura: Detección, Monitoreo y Remediación de Contaminantes. *Revista Salud y Administración*, 8(23), 29-35.

Semblanzas de autores:

M.C. Guadalupe Magdaleno-García

Maestra en Ciencias en Horticultura, Doctorante en Ciencias en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Cuenta con 3 Artículos científicos. Ha participado como ponente en 3 congresos internacionales, además ha dirigido 2 tesis profesionales.

Dr. Alonso Méndez-López

Doctor en Ciencias en Horticultura, Profesor Investigador del Departamento de Botánica en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Cuenta con 25 artículos científicos, 4 capítulos de libro y 1 libro de divulgación técnica. Ha dirigido 3 tesis de postgrado y 25 tesis profesionales.

