

# EFFECTO DE NANOMATERIALES METÁLICOS EN LA SALUD DE PLANTAS EN DIFERENTES ESTADÍOS DE CRECIMIENTO

Tapia Gómez, Cristell Alejandra (1), De la Rosa Álvarez, María Guadalupe (2), García Castañeda, María Concepción (3), Andrade Melo, Diego Fernando (4)

1 Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica del Centro | Dirección de correo electrónico: cristelltapia@gmail.com

2 Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: gdelarosa@fisica.ugto.mx

3 Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: mcgarciaca@ugto.mx

4 Física, Universidad del Valle | Dirección de correo electrónico: diego.andrade@correounivalle.edu.co

## Resumen

Las micro y nano partículas de cobre son conocidas desde tiempos antiguos por su habilidad para inhibir hongos y bacterias, han sido usados en la agricultura como fungicidas, alguicidas, pesticidas y herbicidas. Debido al aumento de su uso, se ha incrementado la preocupación acerca del peligro potencial de la toxicidad y bioacumulación de NPs una vez liberadas en el medio ambiente, por lo que en este trabajo se midió el efecto de NPs y MPs de CuO en el crecimiento de las raíces, tallos y número de hojas en plantas de girasol (*Helianthus annuus*) a diferentes concentraciones y en diferentes estadios, llegando a la conclusión que las NPS DE CuO, en concentraciones de 10 a 400 ppm no afecta el crecimiento de las plantas.

## Abstract

Micro and nano particles of copper have been known since ancient times due to their ability to inhibit the growth of fungi and bacteria and have been used in agriculture as fungicides, algacides, pesticides, and herbicides. On the other hand, the increase of the usage of these products, have raised awareness about the potential toxicity and its bioaccumulation of nanoparticles in plants. The purpose of this study was to analyze the effect of micro and nano particles of CuO in the growth of sunflowers (*Helianthus annuus*), monitoring its roots, stem and number of leaves. The results of this study showed that micro and nano particles of CuO (10-400 ppm), at different stages of the growth of the plant, does not have any significant effect.

## Palabras Clave

Nanopartículas; Micropartículas; Óxido de cobre; Fitotoxicidad; *Helianthus annuus*.

## INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología avanza, muchos métodos de producción incluyen la nanotecnología, ya que forma parte de un campo multidisciplinario con un amplio espectro de aplicaciones, tal es el caso de las nanopartículas, que han adquirido mucha importancia debido a la versatilidad de sus aplicaciones en distintas áreas, como terapias para pacientes con cáncer, entrega de medicinas en zonas específicas, electrónicos, cosméticos y biosensores entre otros. [1]

Las nanopartículas (NPs) de cobre y sus componentes son conocidas desde tiempos antiguos por su habilidad para inhibir hongos y han sido usados en la agricultura como fungicidas, alguicidas, pesticidas y herbicidas. En California (EE.UU.) hay al menos 209 pesticidas registrados que contienen óxido de cobre (CuO) como ingrediente activo. Aunado a esto y debido al constante incremento de la resistencia de las bacterias a los fármacos, también aumentó la producción y el uso de NPs de cobre antibacteriales y anti-fúngicas. Además de las aplicaciones antibacteriales, las NPs de cobre (que incluye a las NPs de Cu-nano y CuO -nano), también son usadas como aditivos para aumentar la vida de anaquel y en el alimento de aves. Es por esta razón que se ha incrementado la preocupación acerca del peligro potencial de la toxicidad y bioacumulación de NPs una vez liberadas en el medio ambiente. [2]

Algunos estudios de acumulación de NPs de platino en plantas de mostaza blanca (*Sinapis alba*) y mastuerzo (*Lepidium sativum*) realizados por Asztemborska, M. et al. mostraron que esas plantas son tolerantes a concentraciones relativamente altas de Pt-NPs y pueden traslocarlas a órganos superiores. Sin embargo, el 90% permaneció en las raíces, concluyendo que la eficiencia de acumulación de platino depende de la morfología de la NP, la cual fue diferente para las dos especies en este estudio. [3]

En 2007, Lin, D. & Xing, B.[4], estudiaron la fitotoxicidad de las NPs y su relación con la germinación de semillas y el crecimiento de las raíces. Las plantas que estudiaron, fueron: canola (*Brassica napus*), rábano (*Raphanus sativus*), césped inglés (*Lolium perenne*), lechuga (*Lactuca*

*sativa*), maíz (*Zea mays*) y pepino (*Cucumis sativus*), a todas ellas fueron puestas bajo condiciones de estrés provocado por nanotubos de carbón de multipared (MWCNT), NPs de zinc, aluminio, óxido de zinc y óxido de aluminio. La toxicidad de nanopartículas puede ser atribuida a dos diferentes factores: la toxicidad química basada en la composición química (por ejemplo, la liberación de iones tóxicos); y el estímulo causado por la superficie, tamaño y/o la forma de las partículas. Finalmente, la toxicidad de la disolución colocada directamente en la raíz no puede descartarse y se necesitarían estudios enfocados en los mecanismos de fitotoxicidad.

## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto busca determinar si existe relación en la edad a la cual las plantas se exponen a nanomateriales, y el grado de la respuesta tóxica, medido como el efecto en el tamaño de las plantas a determinado tiempo de exposición

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se emplearon 24 macetas con la finalidad de generar un diseño factorial  $2^k$  por triplicado. Para cada maceta se pesaron 140 g de tierra (sustrato de cultivo multiusos) el cual fue adquirido en un solo paquete de la marca Premier Tech Horticulture Pro-mix, en cada maceta se sembraron 15 semillas de girasol (*Helianthus annuus*), se regaron todos los días tratando de usar la misma cantidad de agua potable que permitiera únicamente humedecer el suelo; al tercer día las semillas germinaron y fue necesario esperar ocho días después de la germinación para comenzar los experimentos.

Se prepararon cuatro diferentes soluciones: CuO nano (CuO NPs) a concentraciones de 400 ppm y 10 ppm, CuO micro (CuO MPs), en concentraciones de 400 y 10 ppm.

Al octavo día de la germinación, se irrigaron 4 macetas con las soluciones y se hicieron dos replicas más, las cuales fueron regadas al medio día y por la tarde. Cuando las plantas restantes cumplieron 16 días después de la germinación, se rociaron de igual forma que las anteriores con las 4 soluciones de nanopartículas en la mañana a las

primeras 4, a medio día a las siguientes 4 y en la tarde a las últimas 4.

En los días posteriores a que las plantas se irrigaron con nano y micro partículas, se siguieron regando con agua potable hasta que al séptimo día después del experimento se cosecharon en el laboratorio, extrayéndolas del suelo de la maceta para medir el tamaño de las raíces, el tallo y el número de hojas.

Para saber con cuál solución se regaría cada planta y mantener la aleatoriedad, se propuso un diseño de experimentos 2<sup>3</sup>, donde los factores y niveles a considerar fueron los que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Diseño factorial 2<sup>3</sup> utilizado

FACTORES	NIVELES	
	-	+
EDAD	8	1620
CONCENTRACIÓN	10 ppm	400 ppm
TIPO Cu	Nano	Micro

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la respuesta obtenida en el diseño de experimentos, se puede inferir que la edad de la planta no representa un factor que influya en el crecimiento de la misma, debido a que el valor p obtenido por el ANOVA de la raíz y el tallo fue de 0.81 y 0.098 respectivamente, lo que nos permite aceptar nuestra hipótesis nula la cual indica que al exponer las plantas a NPs y MPs a diferentes edades o etapas del crecimiento de la planta, estas no interfieren en su crecimiento. Las hojas, por otra parte, y como se muestra en la Tabla 2,

obtuvieron un valor p de 0.011, lo que indica que crecen en relación con la edad, sin que las NPs o MPs alteren su cantidad en las plantas.

El diseño de experimentos también mostró que la concentración de las nanopartículas o micro partículas tampoco es un factor en el cual se observe efecto en el crecimiento de las plantas ya que los valores p, que se observan en la Tabla 3, donde la raíz alcanzó 0.867, el tallo 0.863 y el número de hojas 0.82, indican que la planta siguió su crecimiento normal sin importar la concentración de NPs o MPs que se irrigaron en el suelo, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula que nos plantea que diferentes concentraciones de nano y micro partículas, no se afecta el crecimiento de la planta.

Tabla 2. Relación entre el factor Edad y la planta

	EDAD			
	VALOR p	EDAD	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
RAÍZ	0.81	8	15.632	2.103
		16	15.84	2.096
TALLO	0.098	8	16.78	1.75
		16	18.8	11.74
HOJAS	0.011	8	3.467	0.5
		16	3.983	0.413

Finalmente, de la Tabla 4 se puede deducir que el tamaño del CuO no es determinante para que se vea afectada la planta, al comparar los valores p de la raíz, tallo y hojas que fueron 0.852, 0.793 y 0.82 respectivamente, observamos que, nuevamente, la planta creció sin problema y

podemos aceptar la hipótesis nula que plantea que el tipo de CuO, ya sea nano o micro, a la que se expone la planta no afecta su crecimiento.

Tabla 3. Relación entre la concentración de partículas y el crecimiento.

CONCENTRACIÓN				
	VALOR p	CONCENTRACIÓN (PPM)	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
RAÍZ	0.867	10	15.808	1.89
		400	15.663	2.293
	VALOR p	CONCENTRACIÓN (PPM)	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
TALLO	0.863	10	20.705	1.969
		400	20.865	2.501
	VALOR p	CONCENTRACIÓN (PPM)	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
HOJAS	0.82	10	3.7	0.68
		400	3.75	0.3205

Tabla 3. Relación entre el tipo de partícula y las plantas.

TIPO DE PARTÍCULA DE Cu				
	VALOR p	PARTÍCULA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
RAÍZ	0.852	NANO	15.817	2.097
		MICRO	15.655	2.107
	VALOR p	PARTÍCULA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
TALLO	0.793	NANO	20.663	2.28
		MICRO	20.907	2.217
	VALOR p	PARTÍCULA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
HOJAS	0.82	NANO	3.7	0.595
		MICRO	3.75	0.2844

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede concluir que las plantas que fueron expuestas a soluciones de CuO en concentraciones de 10 y 400 ppm, ya sean nano o micro, no se ven afectadas en su crecimiento y la edad a la que se exponen no influye al desarrollo. Es importante mencionar que este trabajo se enfoca en estudiar la relación entre las NPs y MPs y el crecimiento, por lo que no se estudió la cantidad de CuO en las plantas, así que se marca la pauta para futuras investigaciones concentradas a estudios más complejos acerca de los efectos de las nano y micro partículas de CuO en las plantas.

## AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a la Dra. De la Rosa por aceptarme en su proyecto de investigación y abrirme las puertas al verano de investigación, del cual aprendí muchas cosas no solo en el ámbito escolar y laboral sino del personal. También muchas gracias a la Dra. García Castañeda por estar siempre dispuesta a ayudarnos y encontrar soluciones a las situaciones que se presentaron. A mis compañeros de proyecto Alan y Diego, porque sin el apoyo mutuo, no hubiéramos logrado concluir. A la Universidad Politécnica del Centro por todo el apoyo que me dieron para cumplir este reto. Y sobre todo gracias a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad que ofrecen a cientos de estudiantes para conocer nuevos horizontes.

## REFERENCIAS

- [1] Nel, A., Xia, T., Mañder, L., Li, N., (2006). Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 311, 622-627
- [2] Zhao, L., Huang, Y., Hu, J., Zhou, H., Adeleye A. S. & Keller A. A. (2016). <sup>1</sup>H NMR and GC-MS Based Metabolomics Reveal Defense and Detoxification Mechanism of Cucumber Plant under Nano-Cu Stress. *Environmental Science & Technology*, 50, 2000-2010.
- [3] Asztemborska, M., Steborowski, R., Kowalska, J. & Bystrzejewska-Piotrowska, G. (2015). Accumulation of Platinum Nanoparticles by *Sinapis alba* and *Lepidium sativum* Plants. *Water Air Soil Pollut.*, 226: 126.
- [4] Lin, D. & Xing, B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth. *Environmental Pollution* 150 (2007) 243-250.

- [5] Rico, C. M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *J Agric Food Chem.*, 59(8 34), 85–3498.
- [6] Aslani, F., Bagheri, S., Julkapli, N. M., Juraimi A. S., Golestan F. S., & Baghdadi A. (2014). Effects of Engineered Nanomaterials on Plants Growth: An Overview. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-28.
- [7] Yin, L., Colman, B. P., McGill, B. M., Wright J. P., Bernhardt, E. S. (2012) Effects of Silver Nanoparticle Exposure on Germination and Early Growth of Eleven Wetland Plants. *Plos One*, 7 (10), 1-7.
- [8] Chichiriccò, G. & Poma, A. (2015) Penetration and Toxicity of Nanomaterials in Higher Plants. *Nanomaterials*, 5, 851-873
- [9] Kathad, U. & Gajera, H.P. (2014) Synthesis of copper nanoparticles by two different methods and size comparison. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 5 (3), 533 – 540.
- [10] Hossain, Z., Mustafa, G., & Komatsu, S. (2015) Plant Responses to Nanoparticle Stress. *International Journal Of Molecular Sciences*, 16, 26644–26653