

# EFECTO DE NANOMATERIALES METÁLICOS EN LA SALUD DE PLANTAS EN DIFERENTES ESTADIOS DE CRECIMIENTO

Diego Fernando Andrade Melo (1), De la Rosa Maria Guadalupe (2), Maria Concepcion Garcia Castañeda (3), Cristell Alejandra Tapia Gomez (4)

1 [Física, universidad del valle] | Dirección de correo electrónico: [diego.andrade@correunivalle.edu.co]

2 [Ingeniería en biotecnología, universidad politécnica del centro] | Dirección de correo electrónico: [crissteltapia@gmail.com]

3 [Ingeniería química, ciencias e ingeniería, león investigador] | Dirección de correo electrónico: [delarosa@ugto.mx]

4 [Ingeniería química, ciencias e ingeniería, león investigador] | Dirección de correo electrónico: [mcgarciaca@ugto.mx]

## RESUMEN

La toxicidad de algunos materiales como Zn/ZnO en la salud de plantas, ha llevado a realizar numerosas investigaciones de los efectos de este tipo de materiales en las plantas. Sin embargo, no se reportan investigaciones en plantas que ya germinaron, los estudios son hechos cuando la planta es una semilla. En este estudio presentamos el efecto tóxico en el crecimiento que tienen plantas de girasol de 8 y 16 días de haber germinado, las plantas son expuestas a una solución de nanopartículas de ZnO y sulfato de zinc heptahidratado con concentraciones de 10 PPM y 400 PPM, se encontró que las plantas de girasol las afecta únicamente la concentración, las plantas expuestas tanto a las nanopartículas de ZnO como a sulfato de zinc heptahidratado con una concentración de 400 PPM (independientemente de los días a los cuales se les agregó la solución) presentan una disminución porcentual en el tamaño de raíz mayor o igual al 50%, en relación a las plantas de control.

## ABSTRACT

The toxicity of some materials such as Zn/ZnO in the health of plants, has led to several researches about the effect of these materials on health and growth of plants. However, some of these results only have studied plants as already germinated seeds or were conducted when the plant was a seed. In this study we present the toxic effect on growth of sunflower plants of 8 and 16 days of germinated, the plants were exposed to a solution of nanoparticles of ZnO and zinc sulfate heptahydrate with concentrations of 10 PPM and 400 PPM, it was found that the sunflower plants was affected only by the concentration, plants exposed both ZnO nanoparticles and zinc sulphate heptahydrate at a concentration of 400 ppm (regardless of the day to which I were added the solution) showed a decrease in the percent of their size greater than or equal to 50% root, in comparison to the control plants.

### Palabras Clave

Nanopartículas de ZnO ; sulfato de zinc; toxicidad ; girasol; diseño factorial de experimento

## INTRODUCCIÓN

El ZnO es un compuesto inorgánico, que es producido sintéticamente [1]. Actualmente se usa a nivel industrial en materiales a base de zinc como los protectores solares, cosméticos, foto detectores, sensores, baterías y electrodos [2]. Por otro lado el sulfato de zinc es comúnmente usado como fertilizante en suelos [3], algunos estudios han mostrado presencia de Zn/ZnO en suelos de todo el mundo [4,5], aunque el zinc es un componente vital en el crecimiento de organismos como las plantas [6], la presencia excesiva de este tipo de materiales puede resultar perjudicial para algunos organismos, el alto contenido de ZnO en los suelos puede ser debida a la liberación accidental por las industrias, algunos estudios han encontrado que las nanoparticulas de ZnO pueden afectar los cromosomas y la germinación del alforfón (*Fagopyrum Esculemtum*) [7]. A pesar de que el sulfato de zinc es usado como abono en suelos [3], puede convertirse Zn+2 y algunos estudios muestran que el Zn+2 es más toxico que las nanopartículas de ZnO [8,9]. Los estudios actuales se realizan exponiendo las semillas de la planta a estudiar a una solución de Zn/ZnO, pero no se ha encontrado en la literatura reportes de la toxicidad en plantas que ya hayan germinado, por ello este estudio se enfoca en determinar la toxicidad de nanopartículas de ZnO y el ion Zn+2 que se obtiene del ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O en plantas de girasol (*Helianthus annuus*) con 8 y 16 días después de haber germinado, escogimos para el estudio el girasol ya que sus semillas tienen un tiempo de germinación de 3 días, un crecimiento “rápido”, se analizó la toxicidad en el crecimiento de la planta midiendo longitud de tallo, longitud de raíz y número de hojas. Se decidió analizar cómo afectaba la edad, la concentración y el tipo de solución en el crecimiento de la planta, para ello se decidió utilizar un modelo de experimento factorial 23, y se hicieron 3 réplicas, con el fin de tener un buen análisis estadístico, los valores reportados son el valor medio de raíz, tallo y número de hojas que se obtuvieron de la Ecuación (1)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Donde x representa la variable de la raíz, tallo o número de hojas, cada dato de valor medio se

reporta con su respectiva desviación estándar que da cuenta de la incertidumbre (2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Con el fin de determinar si nuestra hipótesis de que los factores (edad, concentración y tipo de solución) afectan en el crecimiento son correctas se trabajó con el valor-p, este es una medida probabilística que determina si nuestra hipótesis se rechaza o se acepta, si  $P \leq 0.05$  se acepta la hipótesis y si  $P > 0.05$  se rechaza la hipótesis (nuestra hipótesis es que los factores afectan en el crecimiento de las plantas).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del experimento se usaron 26 macetas, tierra abonada, semillas de girasol, nano partículas de ZnO y sulfato de zinc heptahidratado (ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O) previamente preparados, se montó un diseño experimental factorial 23 (3 factores y 2 niveles), los factores fueron edad, concentración y tipo de solución, los niveles de la edad fueron de 8 y 16 días, los niveles en la concentración de las soluciones son de 10 PPM y 400 PPM y los niveles del tipo de sustancia fueron nanopartículas de ZnO y ion Zn+2 que resulta de usar el sulfato de zinc heptahidratado, por lo que las plantas se regaran las plantas con 4 soluciones distintas (ZnO/10PPM, ZnO/400PPM, Zn+2/10PPM y Zn+2/400PPM) los días 8 y 16. Se agregó en cada maceta 140 g de tierra abonada, se sembraron 15 semillas de girasol a 1 cm de profundidad en cada maceta, incluyendo las plantas de control estas fueron puestas a la sombra y se mantuvo la tierra de las macetas húmeda diariamente, 5 después de haber sembrado las semillas estas germinaron casi en su totalidad, por lo cual empezamos a contar los días de crecimiento a partir de los 5 días de siembra (día de germinación), a los 8 días haber germinado las plantas estas se irrigaron con 83 ml de cada solución, las 4 soluciones fueron agregadas a 4 macetas al azar, después de esto sus respectivas replicas para un total de 3 réplicas. Se repitió el experimento a los 16 días de haber germinado las plantas, igualmente con 3 réplicas. A los 8 días posteriores de haber agregado la solución a las plantas estas fueron retiradas de sus respectivas macetas, se retiró cuidadosamente la

tierra de las raíces y se lavó con agua desionizada, se midió la longitud de la raíz primaria, el tallo y el número de hojas (sin incluir las hojas cotiledóneas), de cada maceta se midieron 5 plantas al azar, se sacó el promedio del tamaño de tallo, raíz y número de hojas de las 5 plantas en cada maceta, de igual manera para las réplicas, y usando el programa Minitab 17.0 se calculó el valor medio de la raíz, tallo y número de hojas para cada factor (edad, concentración y tipo de solución).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el análisis de datos en el programa Minitab 17.0 (versión de prueba) se obtuvo la Tabla 1 en la que se muestran los tamaños medios de las respuestas raíz, tallo y número de hojas para el factor edad, también se puede apreciar que el valor-p es menor a 0.05 por lo que nuestra hipótesis de que la edad afecta en el crecimiento es aceptada, lo cual se esperaba ya que los tratamientos empezaron a diferentes edades (diferentes tamaños de la planta). Las respuestas para el factor correspondiente al tipo de solución se muestran en la Tabla 2, donde podemos observar que el valor-P es mayor a 0.05 por lo que nuestra hipótesis se rechaza y podemos inferir que el tipo de solución no afecta en el crecimiento de la planta de girasol. En la Tabla 3, se presentan los resultados del efecto del factor correspondiente a la concentración en el crecimiento de la planta, y se puede apreciar que para el tallo y número de hojas el valor-P es mayor a 0.05 por lo que tenemos que la concentración no afecta en el crecimiento de hojas y tallo, pero si vemos que el valor-p para la raíz es menor a 0.05 por lo que la

concentración de las soluciones sí afecta en el crecimiento de la raíz. Dado que la raíz fue la única variable respuesta afectada por el uso de Zn/ZnO en la Tabla 4 se presenta el porcentaje relativo del tamaño de la raíz con respecto a las plantas de control, notamos que para las plantas a las que se le aplicó concentraciones de 400 PPM tanto de las nano partículas de ZnO y ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O presentaron una disminución en el tamaño de la raíz del 53%, mientras que las plantas regadas con las concentraciones de 10 PPM de nano partículas de ZnO presentaron una disminución del 33% en relación con las plantas de control y las plantas regadas con la solución de ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O presentaron una disminución del tamaño de la raíz del 40% en relación con las plantas de control, el mayor cambio que se presentó fue en las concentraciones de 400 PPM lo que indica que la alta concentración afecta de una forma más notoria a las plantas. En la Tabla 5, se muestra el valor medio del factor correspondiente a la raíz, y el porcentaje relativo de tamaño de raíz con respecto a las plantas de control, los cambios significativos se presentan en el tamaño de raíz, las plantas regadas con concentraciones de 400 PPM de nano partículas de ZnO presentan una disminución del 50% en el tamaño de la raíz y las regadas con ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O presentan una disminución del 54%, mientras que las plantas que se regaron con soluciones con una concentración de 10 PPM de nano partículas de ZnO presentaron una disminución del 30% y las plantas regadas con la solución de ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O presentaron una disminución del tamaño de raíz del 36%.

Tabla 1: Respuesta del factor edad

RESPUESTAS	P-VALOR	EDAD (DIAS)	MEDIA (cm)	DESVEST (cm)
TALLO	0.002	8	4.4	0.4
		16	5.4	0.8
RAIZ	0.00	8	7.8	0.9
		16	15	0.2
HOJAS	0.01	8	3.9	0.7
		16	5	1

**Tabla 2: Respuesta del factor tipo de solución**

RESPUESTAS	P-VALOR	TIPO DE SOLUCION	MEDIA (cm)	DESVEST (cm)
TALLO	0.2	ZnO	4.7	0.6
		Zn <sup>2+</sup>	5.13	0.9
RAIZ	0.8	ZnO	11.6	4.6
		Zn <sup>2+</sup>	11.3	3
HOJAS	0.9	ZnO	4.5	1.3
		Zn <sup>2+</sup>	4.5	1.3

**Tabla 3: Respuesta del factor concentración**

RESPUESTAS	P-VALOR	CONCENTRACION (PPM)	MEDIA (cm)	DESVEST (cm)
TALLO	0.4	10	4.7	4.7
		400	5	5
RAIZ	0.03	10	13.7	4.7
		400	9.7	2.8
HOJAS	0.1	10	4.9	1
		400	4.2	1

**Tabla 4: Comparación relativa de las plantas de 8 días y las plantas de control**

	SOLUCIONES				CONTROL
	8/10/NANO	8/400/NANO	8/10/ION	8/400/ION	8 DIAS
RAIZ (cm)	10 ± 1	7 ± 2	9 ± 1	7 ± 2	15 ± 1
% REL RAIZ	33%	53%	40%	53%	

Tabla 5: Comparación relativa de las plantas de 16 días y las plantas de control

	SOLUCIONES				CONTROL
	16/10/NANO	16/400/NANO	16/10/ION	16/400/ION	16 DIAS
RAIZ (cm)	18 ± 2	13 ± 2	17 ± 2	12 ± 2	26 ± 2
% REL RAIZ	30%	50%	36%	54%	

## CONCLUSIONES

La edad influye en el crecimiento de las plantas de girasol, pero esto es propio de su naturaleza. El tipo de solución (nanopartículas ZnO y sulfato de zinc), no afecta en el crecimiento de las plantas de girasol, y se puede concluir que la concentración no afecta en el crecimiento de las hojas y tallo, pero sí afecta en el crecimiento de la raíz. Las plantas expuestas a los dos tipos de soluciones (nano partículas de ZnO y sulfato de zinc heptahidratado) con una concentración de 400 PPM presentaron una disminución del tamaño de su raíz mayor o igual al 50% independientemente del día al cual se agregaron las soluciones (8 y 16 días) y del tipo de solución.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato, por haber permitido facilitar esta investigación al brindar material, equipos e instalaciones, igualmente agradezco a mis asesores, que me guiaron en del desarrollo del estudio.

## REFERENCIAS

[1]. Marcel De Liedekerke, "2.3. Zinc Oxide (Zinc White): Pigments, Inorganic, 1" in Ullmann's Encyclopdia of Industrial Chemistry, 2006, Wiley-VCH, einheim.doi 10.1002/14356007.a20\_243.pub2  
 [2]. H. Ma, P. M. Bertsch, T. C. Glenn, N. J. Kabengi, and P. L. Williams, "Toxicity of manufactured zinc oxide nanoparticles in the nematode *Caenorhabditis elegans*," *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 28, no. 6, pp. 1324–1330, 2009

[3]. Kafkafi.U, Tarchitzky.J.j, Fertilización una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. International fertilizer industry association (IFA), paris Francia 2012.  
 [4]. W. Y. W. Stella, T. Y. L. Priscilla, A.B. Djurić, and M. Y. L. Kenneth, "Toxicities of nano zinc oxide to five marine organisms: influences of aggregate size and ion solubility *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 396, no. 2, pp. 609–618, 2010.  
 [5]. F.-M. Huang, K.-W. Tai, M.-Y. Chou, and Y.-C. Chang, "Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxidebased root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanentV79 cells," *International Endodontic Journal*, vol. 35, no. 2, pp. 153–158, 2002.  
 [6]. M. Z. Bin Hussein, Z. Zainal, A. H. Yahaya, and D. W.V. Foo, "Controlled release of a plant growth regulator,  $\alpha$ -naphthaleneacetate from the lamella of Zn-Al-layered double hydroxide nanocomposite," *Journal of Controlled Release*, vol. 82, no. 2-3, pp. 417–427, 2002.  
 [7]. L. Sooyeon, K. Sunghyun, K. Saeyeon, and L. Insook, "Assessment of phytotoxicity of ZnO NPs on a medicinal plant, *Fagopyrum esculentum*," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 20, no. 2, pp. 848–854, 2013  
 [8]. K. M. Reddy, K. Feris, J. Bell, D. G. Wingett, C. Hanley, and A. Punnoose, "Selective toxicity of zinc oxide nanoparticles to prokaryotic and eukaryotic systems," *Applied Physics Letters*, vol. 90, no. 21, Article ID 213902, 2007.  
 [9]. J. F. Loneragan, T. S. Grove, A. D. Robson, and K. Snowball, "Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interactions in plants," *American Society of Agronomy*, vol. 43, no. 5, pp. 966–972, 1978.