

# TOXICIDAD DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EN MÁIZ Y GIRASOL, ESPECIES DE INTERÉS ECONÓMICO Y ALIMENTARIO DE LA REGIÓN DEL BAJÍO

Arias García-Francisco Ituriel (1), De La Rosa Álvarez-Ma. Guadalupe (2)

1 [Ingeniería Química Sustentable, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [ariasgf2011@licifug.ugto.mx]

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

## Resumen

En la actualidad existen materiales de gran interés de estudio debido a su tamaño y a las aplicaciones que se le pueden dar por sus propiedades. Estos materiales se encuentran en el orden de nanómetros y pese a los múltiples usos que tienen se desconocen muchos de sus efectos en los organismos vivos. Debido a esto, la nanoecotoxicología ha surgido para proporcionar dicha información. En particular, la nanofitotoxicología nos proporciona información de los efectos negativos en las plantas, y esto es de especial relevancia debido a su gran importancia en la vida diaria de estos organismos. Por ello, en el presente trabajo se estudiarán algunos de los efectos de las nanopartículas (NPs) sobre plantas de gran interés, como lo son las plantas de uso alimentario y económico en la zona del bajo. El efecto de NPs de ZnO se midió en plantas de girasol analizando su aspecto, el porcentaje de germinación, el crecimiento de raíz y tallo, así como la composición química por medio de técnicas espectrofotométricas como Rayos X (XRF) y RAMAN, y a su vez su composición proteica. Los resultados indicaron que conforme se aumenta la concentración de las NPs, la intensidad del pico de Zn en XRF aumentaba, probablemente indicando que la planta absorbe las NPs, sin embargo, a altas concentraciones el efecto en el crecimiento era negativo.

## Abstract

Now days, there is an increasing interest in nanomaterials due to their size and the application that they could have thanks to their properties. These materials are in the order of nanometers and despite its wide range of uses, the effects that they have or could have on the living organism are still unknown. There for, a new field of research has emerged to obtain all this information, this new field is call nanoecotoxicology and its particular interest are the effects of these materials on plants. All this due to the importance in the daily life of an organism. There for, in this paper we're going to study some of the effects that the nanomaterials (NMs), specially the nanoparticles (NPs), had on plants of great interest in the area. All these effects were measured on sunflower plants using NPs of ZnO at different concentration analyzing their physical and chemical aspect with the help of X Ray and RAMAN spectroscopy, and at the same time, its composition of proteins. As we increased the concentration of the NPs, we could see how the plant absorbed these materials but at some concentration they affected their grown.

## Palabras Clave

Nanomateriales, ambiental, nanotoxicidad, proteínas, rayos X.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la nanociencia, nanotecnología y los nanomateriales se han convertido en una de las áreas prioritarias en el desarrollo científico y tecnológico. La Nanotecnología tiene su fundamento en el estudio de los fenómenos ocurridos en la nanoescala y en los llamados nanomateriales (NMs).<sup>[1]</sup>

### Nanomateriales y Nanopartículas

Los NMs son una nueva clase de materiales en donde por lo menos una de sus dimensiones se encuentran dentro del rango de 1 y 100 nm. Estos representan una transición entre moléculas y átomos y un material con dimensiones de sólido volumétrico (bulk). Mientras que un material en el orden de micrómetros aún presenta propiedades similares a las de un sólido volumétrico (bulk), en los NMs, debido a su tamaño reducido, se modifican sus propiedades que finalmente difieren del mismo material con dimensiones de sólido volumétrico de las moléculas y átomos. De acuerdo al número de dimensiones que se encuentren dentro del régimen nanométrico podemos realizar la siguiente clasificación de los NMs: a) Dimensión cero: Cuando sus tres dimensiones se encuentran dentro del rango nanométrico, tal es el caso de las NPs; b) Una dimensión, conservan sólo una dimensión dentro del rango de los nanómetros como los nanoalambres y nanotubos; Dos dimensiones, mantienen su espesor en el orden de 1 a 100 nm como las películas delgadas; finalmente d) Tres dimensiones, en la que los sólidos tridimensionales se encuentran formados por unidades nanométricas.

Aunque en las últimas décadas ha surgido gran interés por el estudio de estos materiales, estos ya existían desde hace siglos atrás.

Las NPs específicamente, han existido en el planeta por siglos y son utilizados mayormente, en particular las metálicas debido a que poseen propiedades interesantes con aplicaciones en diversas áreas tecnológicas.<sup>[2]</sup>

En los últimos años, el uso de las NPs en diversos campos de la ciencia y tecnología ha tenido un gran crecimiento. Como resultado, debido a su amplia

gama de aplicaciones, han presentado un gran desafío a los investigadores y agencias de gobierno, quienes no tienen la información necesaria para conocer el transporte de estos materiales en el medio ambiente además de desconocer si presentan un peligro para los seres vivos. Una importancia en particular es el conocimiento relacionado al comportamiento de los NMs en las plantas, básicamente, el papel que juegan para preservar el equilibrio ambiental así como su importancia en la fuente alimenticia.

Este estudio, de la interacción de las NPs con los seres vivos, es de gran importancia en diversos campos científicos tal es el hecho que han dado lugar a la nanocototoxicología. Diversos estudios han podido dar información sobre estos materiales en micro y macroorganismos pero aún así persiste una falta de información sobre el tema.<sup>[3]</sup>

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Germinación de Plantas

Se prepararon soluciones de 0, 50, 100, 400, 800 y 1600 ppm en agua destilada de NP de ZnO, las cuales se sonificaron para asegurar que se disolvieran. Se esterilizaron cajas Petri.

Se introdujeron semillas de girasol en una solución al 4% de NaClO por 30 min y con agitación constante.

Una vez listo los materiales, en un ambiente estéril en una caja Petri se colocó un papel de germinación sobre el cual se coloraron 30 semillas de girasol. Se les adicionó 2.5 mL de la solución de NP de ZnO, se cubrió con un segundo papel de germinación y sobre éste se adicionó 2.5 mL de la solución de NPs y 10 gotas de una solución antibiótica al 10%. Se cerró la caja Petri y se repitió el mismo procedimiento por triplicado para cada una de las concentraciones.

Las cajas se envolvieron en papel aluminio y se conservaron en un lugar a 22°C por 7 días.

## Cosechado de Plantas y Mediciones

Al término de los 7 días se analizaron las cajas Petri de cada uno de los tratamientos realizados. Se extrajeron las 30 plantas (10 por réplica para realizar la medición de raíz y tallo mediante el apoyo de un Vernier y unas pinzas (Fig. 1).



IMAGEN 1: Mediciones de longitud de tallo y raíz con apoyo de un Vernier.

## Análisis de Zn

De cada una de las réplicas de cada tratamiento se extrajeron 10 raíces y 10 tallos, se colocaron en sobres y se rotularon. Se introdujeron a un horno a 70°C y se dejaron secar por 3 días.

Al tener las muestras secas, se extrajo una raíz y un tallo y se coloraron en un porta objetos para ser analizados en un equipo de fluorescencia de rayos X Epsilon 3XLE con pared de Boro. Cada uno se analizó por separado (Fig. 2).



IMAGEN 2: Muestras analizadas en el equipo de Fluorescencia de Rayos X (XRF).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cosechado de Plantas y Mediciones

Al analizar cada tratamiento se observó que en la mayoría de los casos todas las semillas germinaron. Para calcular el porcentaje de germinación se tomó en cuenta que el tallo tuviera una longitud mayor a 5 mm. <sup>[4]</sup> Los porcentajes se muestran en la tabla 1.

El bajo porcentaje de germinación en el tratamiento de 1600 ppm se debió a que fue el tratamiento donde se obtuvo mayor número de semillas sin germinar., es decir, aún tomando en cuenta el criterio de evaluación de germinación, estas semillas no contaban con tallo ni raíz.

Tabla 1: Porcentaje de Germinación de las Semillas de Girasol

Tratamiento (ppm)	Porcentaje de Germinación (%)
Control	90.00
50	94.44
100	88.89
200	94.44
400	93.33
800	91.11
1600	74.44

En la figura 2 y 3 se muestra las longitudes promedio de tallo y raíz, respectivamente, obtenidas de los diversos tratamientos.

Para analizar a detalle si los tratamientos tuvieron algún efecto sobre la germinación y crecimiento de la planta se realizó un análisis ANOVA mediante el cual se rechazó la hipótesis nula de que todos los tratamientos eran iguales, es decir, que no hubo algún efecto por parte de la presencia de la NP. Lo anterior basados en que el análisis las distribuciones F, tanto para raíz como tallo, dieron 6.6540 y 8.4059, respectivamente, y para los datos que teníamos la prueba F al 0.001 de confiabilidad daba 3.78. <sup>[1]</sup>

Para saber cuáles de los tratamientos tubo mayor efecto en las semillas se realizó análisis por medio del método Tukey, del cual se obtuvieron los agrupamientos mostrados en la Fig. 3 para el tallo y Fig. 4 para la raíz.

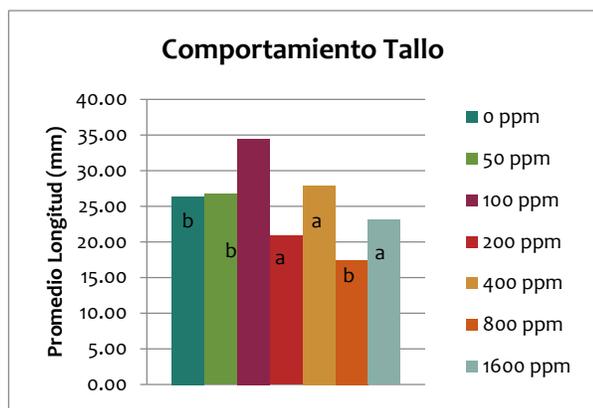


IMAGEN 3: Análisis obtenido a partir del método Tukey donde muestra los agrupamientos en orden al impacto que tuvieron las diferentes concentraciones de NPs en la muestra de tallo.

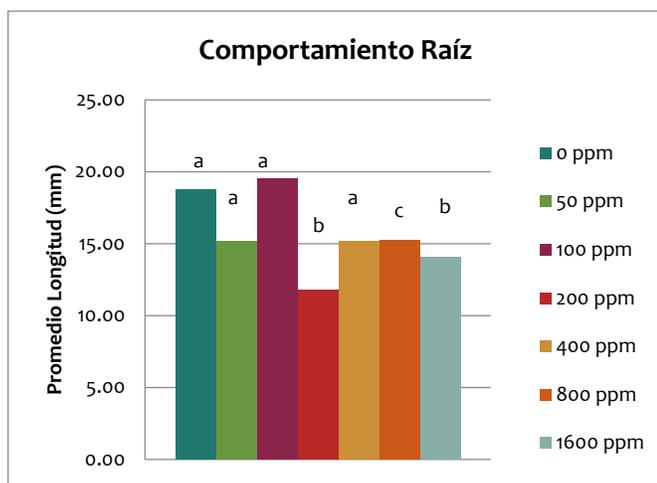


IMAGEN 4: Análisis obtenido a partir del método Tukey donde muestra los agrupamientos en orden al impacto que tuvieron las diferentes concentraciones de NPs en la muestra de raíz.

### Análisis de Zn

Al tener las muestras secas se analizó una muestra de talo del tratamiento control (0 ppm) y 1600 pm para observar el comportamiento de las NPs en la

planta obteniendo los datos mostrados en la Fig. 5. Como observamos, la muestra de girasol contenía Zn como mineral pero al aumentarle la concentración de NPs también aumento la presencia de éste elemento.

Al analizar las plantas, después de dos semanas de germinación, se observó que estaba creciendo un hongo en éstas y que conforme iba aumentando la concentración de las NPs, el hongo estaba presente en mayores cantidades por lo que se extrajo una muestra para también analizarlo y se observó que conforme aumentaba la concentración de Zn en los tratamientos, también aumentaba en el hongo (Fig. 6).

Actualmente se están analizando las otras muestras por este mismo método. Al igual que se comenzará a medir su composición proteica.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo fue determinar los efectos de las NPs en una planta de interés alimenticio, la cual fue el girasol, y como pudimos observar mediante el análisis estadístico los tratamientos fueron diferentes lo cual indica que las diferentes concentraciones de NPs sí tuvieron efecto alguno en la planta, además de que queda comprobado por medio de la espectroscopia de Rayos X que hubo mayor cantidad de Zn presente en la muestra a mayores concentraciones. De momento sólo faltaría medir la composición química y proteica para que estos resultados queden mayormente comprobados y poder dar un dictamen más completo a nivel físico y químico.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecerle principalmente a la Dra. Guadalupe de la Rosa por permitirme formar parte de este proyecto el cual me ha permitido adentrarme más al área de la investigación y al mismo tiempo adquirir conocimiento general. Al igual quisiera agradecerle al personal de la DCI por apoyarme con el uso de los laboratorios.

Agradecemos a la UG por el apoyo al proyecto 403/2014.

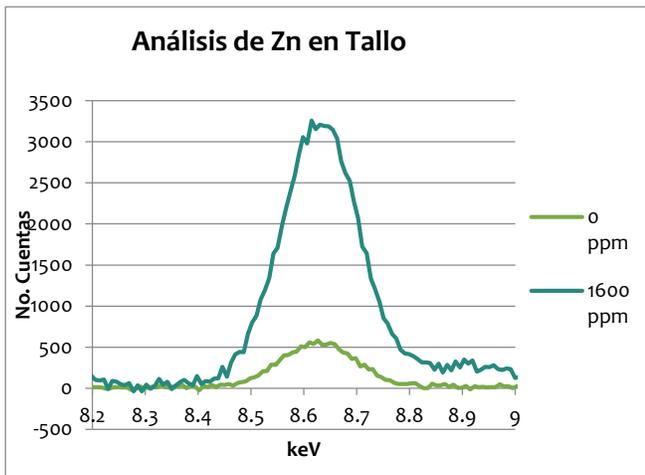


IMAGEN 5: Gráfico obtenido a partir del análisis por espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X en una muestra de tallo para detectar al Zn (8.6 keV).

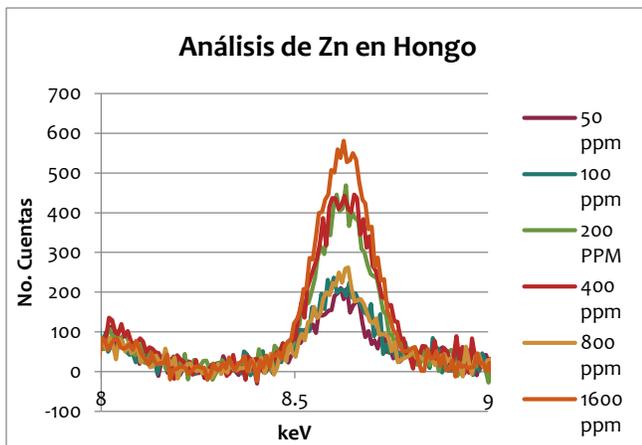


IMAGEN 6: Gráfico obtenido a partir del análisis por espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X en las muestras de hongo para detectar al Zn (8.6 keV).

## REFERENCIAS

### Libro:

[1] DeVore, Jay L. (2005). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Ciudad: México Editorial Thomson (6a ed.) Capítulo 14. Análisis de Varianza, pg. 411-430.

### Artículo:

[2] GUTIERREZ WING, CLAUDIA E., Las Nanopartículas: pequeñas estructuras con gran potencial, ¿Por qué el interés en estos materiales? ¿Qué aplicaciones tienen? [online].

[3] LÓPEZ MORENO-MARTHA, DE LA ROSA ÁLVAREZ-GUADALUPE et al. Evidence of the Differential Biotransformation and Genotoxicity of Zn and CeO<sub>2</sub> Nanoparticles on Soybean (Glycine max) Plants. Environmental Science & Technology, 2010, vol.44.

[4] BREVIS ACUNA, PATRICIO. Efecto de tratamiento pregerminativo sobre la germinación de semillas de *Eucryphia glutinosa* (Poepp. et Endl.) Baillon. *Bosque (Valdivia)* [online]. 2003, vol.24, n.2 [citado 2015-07-13], pp. 79-84. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002003000200009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002003000200009&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-9200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002003000200009>