

# Utilización de la nanotecnología En el Desarrollo de Fertilizantes Orgánicos y Pesticidas

**Donato Hernandez**  
University of Salamanca, **Spain**  
Email: [donato5@gmail.com](mailto:donato5@gmail.com)

## Abstracto

No se puede negar que el desarrollo de la tecnología y su utilización está íntimamente relacionado con el aumento de la competitividad de la industria de un país. Se necesita un mayor conocimiento y dominio de las nuevas tecnologías para ganar la competencia en la era del comercio global tanto por parte del gobierno como de la industria. Un ejemplo de tecnología que se está discutiendo es la nanotecnología. El uso de la nanotecnología es bien conocido, incluso en los campos de la salud, la cosmética y la agricultura. Básicamente, el principio del descubrimiento de la nanotecnología es maximizar el rendimiento o la producción de cultivos minimizando el uso de fertilizantes, pesticidas y otras necesidades al monitorear las condiciones del suelo, como las raíces, y aplicarlas directamente al objetivo para que nada se desperdicie. Para pesticidas, si esto se aplica, podrá minimizar el uso de pesticidas en las plantas porque solo los insectos objetivo se ven afectados. El uso de la nanotecnología en los fertilizantes permitirá que se pueda controlar la liberación de los nutrientes contenidos en el fertilizante. Por lo tanto, solo se liberan los nutrientes que realmente serán absorbidos por las plantas, por lo que no hay pérdida de nutrientes, hay objetivos indeseables como el suelo, el agua y los microorganismos. En los nanofertilizantes, los nutrientes pueden estar en forma de encapsulación de nanomateriales, recubiertos por una fina capa protectora o liberados en forma de emulsión a partir de nanopartículas.

**Palabras clave:** nanotecnología, fertilizantes, pesticidas



## A. INTRODUCCIÓN

Es innegable que el desarrollo de la tecnología y su uso están íntimamente relacionados con el aumento de la competitividad de la industria de un país. Se necesita un mayor conocimiento y dominio de las nuevas tecnologías para ganar la competencia en la era del comercio mundial tanto por parte del gobierno como de la industria. Un ejemplo de tecnología el tema de discusión es la nanotecnología. Utilización de la nanotecnología ya bien conocida, incluso en las industrias de la salud, la cosmética y la agricultura.

Basado en el origen de la palabra, "nano" en sí mismo proviene del latín que significa algo muy pequeño (enano) o uno por mil millones ( $10^{-9}$ ). La nanotecnología se define como una ciencia que trata con objetos de tamaño 1 hasta 100 nm, tiene propiedades diferentes al material original y tiene la capacidad de controlar o manipular

a escala atómica (Kuzma y Verhage, 2006). Twitching el desarrollo de la nanotecnología contribuye mucho al desarrollo de nuevos materiales que son más pequeños y detallados. En el campo de la salud, esta tecnología está dirigida al desarrollo de un virus que funcione como una nanocámara para ver y estudiar la secuencia de vida celular y el mecanismo de acción del propio virus. Además, una empresa de biotecnología está trabajando para desarrollar Fullerenes o Buckyball, una estructura molecular con 60 átomos de carbono que se espera que elimine el virus del VIH y el cáncer en el futuro.

Aplicación de nanotecnología en agricultura incluyendo ingeniería genética para obtener semillas superiores. Algunos científicos mundiales han realizado investigaciones para mejorar algunas de las propiedades de las plantas, por ejemplo, para producir plantas libres de virus. En los últimos diez años, la aplicación de la nanotecnología en la agricultura ha madurado con el descubrimiento de las propiedades únicas de las partículas que tienen un tamaño de varios nanos o incluso decenas de nanómetros. Las nanopartículas y las nanoemulsiones se pueden aplicar a pesticidas, fertilizantes, sensores para monitorear el suelo, alimentos para animales, medicinas para animales, alimentos, medicinas a base de hierbas y empaques antibacterianos y compuestos compuestos antiguos. La nanotecnología también se usa ampliamente de varias maneras, como aumentar el uso eficiente de fertilizantes e ingredientes naturales en el suelo, estudiar el mecanismo y la dinámica de los elementos nutrientes en el suelo.

## **B. MÉTODO**

Este método de investigación utiliza el método de análisis cualitativo, donde el proceso de investigación cualitativa por parte de los investigadores se lleva a cabo mediante el estudio de la literatura y las investigaciones que son relevantes para el tema. El carácter de la investigación cualitativa es un relato holístico, en el que el investigador busca realizar un estudio completo del problema de investigación de modo que el estudio se lleve a cabo desde muchos aspectos. De esta manera se espera que la investigación pueda visualizar el problema de manera clara y completa.

## **C. RESULTADO Y DISCUSIÓN**

### **Beneficios de la nanotecnología en la agricultura**

Básicamente, el principio del descubrimiento de la nanotecnología es maximizar el rendimiento o la producción de cultivos minimizando el uso de fertilizantes, pesticidas y otras necesidades al monitorear las condiciones del suelo, como las raíces, y aplicarlas directamente al objetivo para que nada se desperdicie. Para pesticidas, si esto se aplica, podrá minimizar el uso de pesticidas en las plantas porque solo los insectos objetivo se ven afectados.

El uso de la nanotecnología en los fertilizantes permitirá que se pueda controlar la liberación de los nutrientes contenidos en el fertilizante. Por lo tanto, solo se liberan los

nutrientes que realmente serán absorbidos por las plantas, por lo que no hay pérdida de nutrientes, hay objetivos indeseables como el suelo, el agua y los microorganismos. En los nanofertilizantes, los nutrientes pueden estar en forma de encapsulación de nanomateriales, recubiertos por una fina capa protectora o liberados en forma de emulsión a partir de nanopartículas.

Se reportan ejemplos de aplicaciones de la nanotecnología en la agricultura en un esfuerzo por aumentar la productividad agrícola, entre otros, nanoporosos, nanonutrientes, de liberación lenta, nanoencapsulación, nanosensores para fertilizantes, agua, herbicidas, estabilidad del suelo, etc. El uso de la nanotecnología en pesticidas lo realiza la Dra. Micaela Buteler que trabaja con el Prof. Weaver de la Universidad Estatal de Montana. Ambos investigadores probaron el uso de NSA (alúmina nanoestructurada) en dos tipos de insectos intrusos que se encuentran comúnmente en el proceso de molienda, procesamiento y almacenamiento de granos secos. La investigación muestra que la NSA puede proporcionar alternativas de insecticidas baratas y asequibles.

El desarrollo de la nanotecnología en plaguicidas tanto en plaguicidas químicos como en plaguicidas orgánicos podrá ayudar a mejorar la eficiencia en el uso de plaguicidas e insecticidas. Además, el uso de pesticidas directamente sobre el objetivo minimizará el desarrollo de mecanismos de resistencia en las plagas y reducirá la muerte de insectos no objetivo. Esto sin duda tendrá un impacto positivo en la producción agrícola, porque hay muchos casos previos en los que ciertas plagas han explotado por el uso inadecuado de plaguicidas.

La nanotecnología en pesticidas orgánicos se puede hacer desarrollando materiales tóxicos contenidos en las plantas o materiales orgánicos del tamaño de nanopartículas para que sea más fácil alcanzar el objetivo y la cantidad de pesticidas necesarios sea aún menor. Pero al igual que otras tecnologías, el uso de la nanotecnología en pesticidas tiene dos caras diferentes. Algunos expertos creen que los plaguicidas de tamaño nanométrico pueden ser peligrosos para los humanos porque pueden infectar la piel o inhalarlos y entrar en los pulmones y luego llegar al cerebro. Todavía es un debate si esta tecnología se puede usar y desarrollar o, mejor aún, no se puede usar.

El desarrollo de pesticidas orgánicos está aumentando rápidamente en consonancia con la creciente comprensión pública de los peligros de los productos químicos sintéticos en los pesticidas que se usan en la actualidad. Se espera que la nanotecnología sea capaz de salvar este problema. La eficacia de los plaguicidas, que se puede aumentar muchas veces al convertirlos en nanopartículas, se puede utilizar como base para la aplicación de plaguicidas orgánicos de origen vegetal como el romero, el clavo, la lavanda, la albahaca y algunos otros aceites esenciales que tienen el potencial de convertirse en plaguicidas de origen vegetal. Con el enfoque de la nanotecnología, las sustancias activas de los ingredientes naturales pueden ser un arma poderosa para controlar las plagas de las plantas y pueden reemplazar a los pesticidas químicos.

Los pesticidas orgánicos elaborados a partir de extractos de varias plantas, como se mencionó anteriormente, tienen un gran potencial como ingredientes naturales para fabricar pesticidas que se apliquen en la agricultura como control de plagas de plantas. Un estudio presentado por científicos en la reunión nacional 238 de la American Chemical Society en Canadá afirma que algunas de las sustancias naturales de algunas plantas llamadas "pesticidas de aceites esenciales" o "especies asesinas" son pesticidas naturales potenciales que son amigables con el medio ambiente y relativamente menos riesgosos para salud humana y animal. Es solo que este pesticida orgánico no es duradero porque es volátil y se degrada fácilmente con la luz solar. Se espera que el papel de la nanotecnología en el desarrollo de pesticidas orgánicos sea una respuesta sobre cómo hacer que este pesticida orgánico pueda competir con pesticidas que han estado circulando durante mucho tiempo en la comunidad tanto por sus propiedades tóxicas como por su capacidad para sobrevivir en la naturaleza con lento tecnología de liberación.

### **Nano Tecnología y Medio Ambiente**

La nanotecnología se puede utilizar para degradar residuos de plaguicidas en el agua, el aire y el suelo a través del mecanismo de fotocatalizadores de óxidos metálicos mediante el uso de materiales fabricados a partir de óxidos semiconductores como el óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y el óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ). Este material puede absorber fotones e iniciar el proceso de oxidación-reducción (redox) para descomponer moléculas orgánicas complejas en moléculas más simples. A través del proceso de fotocatalisis, los residuos de pesticidas pueden convertirse en minerales útiles que no dañan el medio ambiente.

La fotocatalisis se define como una combinación de procesos fotoquímicos y catalíticos, un proceso de transformación química en el que interviene la luz como catalizador que acelerará la transformación. El proceso que ocurre es que el  $\text{TiO}_2$  que se irradia con luz ultravioleta producirá electrones  $e^-$  y  $\text{H}^+$ . La recombinación de los dos en la superficie se verá reducida por venenos, contaminantes o microorganismos.  $e^-$  interactuará con  $\text{O}_2$  para producir  $\text{O}_2^-$  (reducción) y  $\text{H}^+$  interactuará con  $\text{H}_2\text{O}$  para producir  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (oxidación).

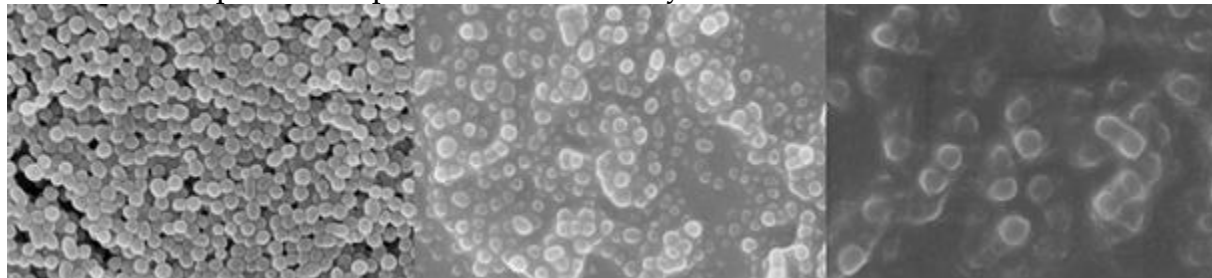
Se ha demostrado que el poder de oxidación destruye los contaminantes y los microorganismos dañinos. Se espera que el mismo método sea capaz de degradar los contaminantes de los residuos de plaguicidas en el medio ambiente. La disponibilidad limitada de ultravioleta en la naturaleza es uno de los factores que inhibe la aplicación de esta tecnología. El esfuerzo desarrollado como alternativa es agregar dopen, que es un semiconductor que tiene una banda prohibida relativamente más amplia, por ejemplo, mediante la adición de manganeso, plomo, azufre y nitrógeno. Este semiconductor podrá transferir electrones al sistema fotocatalizador. De esta forma el material tendrá una mayor capacidad de absorción de la luz visible por lo que no será demasiado dependiente de la luz ultravioleta.

### Características de la nanotecnología

La especialidad de las propiedades de los nanomateriales es que pueden penetrar más rápido y sus propiedades pueden ser muy diferentes de las propiedades que posee cuando la sustancia todavía tiene un tamaño mayor. Por ejemplo, el aurum (oro) será muy tóxico cuando sea de tamaño nanométrico, el cobre (Cu) tiene propiedades más duras y el ferromagnético será superparamagnético a un tamaño de 20 nm. Este método se puede adaptar para productos químicos a partir de materiales orgánicos como la piretrina, que se produce con el piretrio y se sintetiza para su uso como insecticida. Se espera que la piretrina en tamaño nano sea más tóxica y penetre de manera más óptima en los insectos objetivo, aunque deben verse nuevamente los efectos secundarios en los humanos y el medio ambiente, como la posibilidad de que los humanos la inhalen y cuánto tiempo puede degradarse en la naturaleza. .

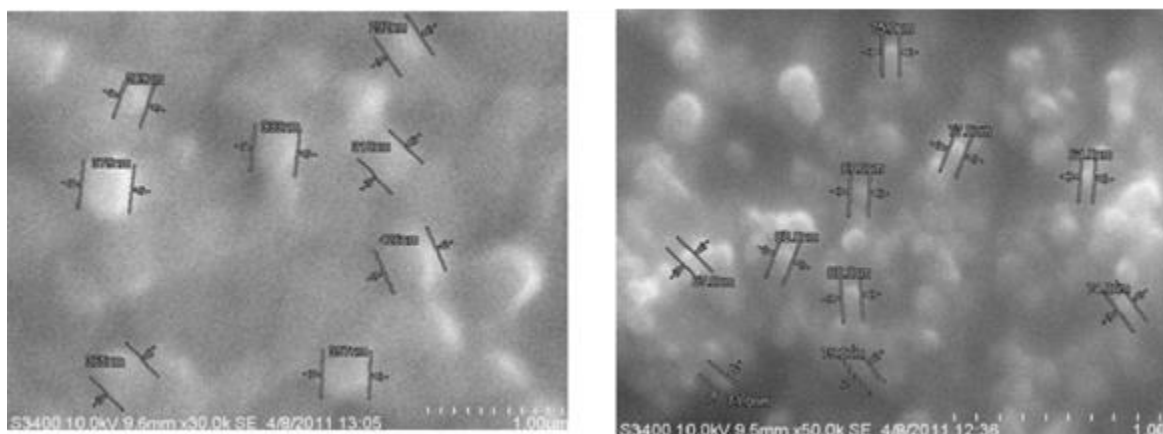
Según los resultados de la investigación, el material de tamaño nanométrico tiene una serie de propiedades químicas y físicas que son superiores a los materiales de gran tamaño como el micro. Estas propiedades se pueden cambiar controlando el tamaño del material, estableciendo la composición química, modificando la superficie y controlando la interacción entre partículas. La riqueza de los recursos naturales de Ecuador tiene un enorme potencial para el desarrollo de la nanotecnología. La diversidad de los recursos naturales biológicos de Ecuador, la naturaleza tropical y los volcanes dispersos por todo el territorio de Ecuador es un proveedor de minerales para la fertilidad del clima y el suelo que son ideales para el cultivo de diversas plantas, tanto cultivos alimentarios, maderas duras y medicinales. A través de la ingeniería nanotecnológica, los ingredientes naturales medicinales (hierbas) pueden utilizarse como medicamentos (biofarmacia). De manera similar, el material vegetal que tiene el potencial para controlar plagas puede usarse como un pesticida orgánico eficaz, eficiente y respetuoso con el medio ambiente mediante la utilización de nanotecnología.

Los plaguicidas vegetales que se han elaborado en forma de nanopartículas incluyen el plaguicida vegetal de neem (*Azadirachta indica*) (Forim, 2011). Los muchos usos de los pesticidas de neem no pueden separarse de la eficacia de estos pesticidas en varios tipos de plagas de plantas (Kardinan, 1999). Forim fabricó nanocápsulas (figura 1) con diámetros promedio que oscilan entre 150 y 250 nm.



**Figura 1.** Nanocápsulas que contienen extracto de neem con varios aumentos usando SEM.

Las cápsulas que se han llenado en promedio tienen un tamaño mayor que las cápsulas que no se han llenado, como lo demuestra la investigación de Kalyanasundaram (figuras 2a y b), Kalyanasundaram utiliza emulsión de PVP (polivinilpirrolidona) como material para fabricar nanocápsulas. En la imagen se puede ver que las cápsulas que se han llenado con larvicidas son más grandes que las cápsulas vacías (Kalyanasundaram, 2013).



**Figura 2.** Nanocápsulas de PVP sin larvicidas y contienen temefos

### **Algunos métodos para producir nanopartículas**

#### **1. Método de coprecipitación**

Es un método de síntesis de compuestos orgánicos basado en la deposición de más de una sustancia juntas cuando pasa por un punto de saturación. El proceso utiliza bajas temperaturas y es fácil de controlar el tamaño de las partículas, por lo que el tiempo requerido es relativamente corto. Normalmente, el agente de precipitación utilizado es hidróxido, carbonato, sulfato y oxalato. Se espera que el uso de este método produzca partículas más pequeñas y más homogéneas que el método sólido-gel y más grandes que el método sol-gel. Hay dos tipos importantes de coprecipitación que están relacionados con la adsorción en la superficie de las partículas expuestas a la solución y el segundo es el que está asociado con la oclusión de sustancias extrañas durante el proceso de crecimiento cristalino de las partículas primarias.

#### **2. El método sol-gel**

Es el proceso de formación de compuestos inorgánicos mediante reacciones químicas en solución a bajas temperaturas, donde se produce un cambio de fase de la suspensión coloidal (sol) para formar una fase líquida continua (gel). La ventaja de este método es un buen nivel de estabilidad térmica, alta estabilidad mecánica, buena resistencia a los disolventes y la modificación de la superficie se puede realizar con varias posibilidades. Los precursores de uso común son



metales orgánicos o metales inorgánicos que están rodeados de ligandos reactivos, como los alcósidos, que se usan principalmente porque son fáciles de reaccionar con el agua.

Las etapas del proceso sol-gel:

una. Hidrólisis: en esta etapa los precursores se disuelven en alcohol y se hidrolizan con la adición de agua en condiciones ácidas, neutras o básicas y producen un sol coloidal. Este proceso está influenciado por la relación agua/precursor y el tipo de catalizador utilizado.

B. Condensación: la transición de sol a gel involucra un ligando hidroxilo para producir un polímero con un enlace M-O-M

C. Maduración: una reacción en la formación de tejido de gel que es más fuerte, más rígido y se contrae en solución

D. Secado: el proceso de evaporación de líquidos y líquidos no deseados para obtener una estructura sol-gel que tenga un área superficial alta. En comparación con los métodos convencionales, este método tiene varias ventajas, a saber: mejor homogeneidad, mayor pureza, temperaturas de proceso relativamente bajas, no reacciona con compuestos residuales, se pueden reducir las pérdidas de solventes y se puede reducir la contaminación del aire. Las desventajas son el precio de las materias primas caras, hay una contracción importante de los materiales al secarse, el uso de compuestos orgánicos que pueden poner en peligro la salud y producir residuos de hidroxilo y carbono, así como procesos que requieren mucho tiempo.

### 3. Método de microemulsión

A principios de 1943, Hoar y Schulman informaron que una combinación de agua, aceite, tensioactivos y alcoholes o aminas que eran cotensioactivos producía una solución clara y homogénea llamada microemulsión. En general, las microemulsiones se pueden distinguir de las microemulsiones directas (aceite en agua) y las microemulsiones inversas (agua en aceite).

### 4. Método hidrotermal/solvotérmico

El químico alemán Robert Whilhelm Busen (1839) utilizó una solución acuosa como medio y la colocó en un tubo a una temperatura superior a 2000C y una presión superior a 100 bar. El proceso solvotérmico involucra el uso de un solvente por encima de su temperatura y presión de ebullición para que resulte en un aumento en la solubilidad de los sólidos y la velocidad de reacción entre los sólidos. Este proceso debe ocurrir en un estado cerrado para evitar la pérdida de solventes cuando se evaporan. El posthidrotermal es un tratamiento de un material después de someterse a un proceso sol-gel con el objetivo de aumentar la

cristalización de las partículas. Este método utiliza solventes supercríticos con varias consideraciones, a saber:

1. Tiene una tensión superficial baja por lo que su capacidad de disolución es alta
2. Baja viscosidad
3. Alta difusividad por lo que tiene un efecto sobre el aumento de la solubilidad.

#### **5. Método de síntesis con plantilla**

El molde utilizado se llama nanoreactor. El tamaño de poro suave y uniforme ayuda a que se formen nanopartículas de acuerdo con su tamaño y controla el tamaño de distribución en el producto final. Hay dos tipos de métodos utilizados para introducir nanopartículas semiconductoras en el poro del material mesoporoso, a saber:

1. Proceso in situ/posterior al tratamiento que mezcla precursores de nanopartículas con micelas antes de la formación de material mesoporoso.
2. Injertar/adjuntar directamente nanopartículas en la superficie del poro.

#### **6. Nanopartículas semiconductoras orgánicas**

Es un semiconductor que utiliza material orgánico como material activo. Los semiconductores orgánicos son más fáciles de sintetizar y más flexibles mecánicamente. El mecanismo principal de este semiconductor implica la conducción a través de electrones pi o electrones desapareados. El método utilizado para fabricar nanopartículas orgánicas es un método de precipitación con un mecanismo de solución de soluto del material de partida en el agua que se infunde en el agua para que la solubilidad de la sustancia cambie repentinamente y haga que el nanocristal forme soluto.

### **D. CONCLUSIÓN**

El uso de la nanotecnología es bien conocido, incluso en los campos de la salud, la cosmética y la agricultura. Básicamente, el principio del descubrimiento de la nanotecnología es maximizar el rendimiento o la producción de cultivos minimizando el uso de fertilizantes, pesticidas y otras necesidades al monitorear las condiciones del suelo, como las raíces, y aplicarlas directamente al objetivo para que nada se desperdicie.

La nanotecnología se puede utilizar para degradar residuos de plaguicidas en el agua, el aire y el suelo a través del mecanismo de fotocatalizadores de óxidos metálicos mediante el uso de materiales fabricados a partir de óxidos semiconductores como el óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) y el óxido de zinc (ZnO). A través del proceso de fotocatalizador, transformando residuos de plaguicidas en materiales que no ponen en peligro el medio ambiente.

La especialidad de las propiedades de los nanomateriales es que pueden penetrar más rápido y sus propiedades pueden ser muy diferentes de las propiedades que posee cuando la sustancia todavía tiene un tamaño mayor. Por ejemplo, el aurum (oro) será



muy tóxico cuando sea de tamaño nanométrico, el cobre (Cu) tiene propiedades más duras y el ferromagnético será superparamagnético a un tamaño de 20 nm.

## REFERENCIAS

1. Anonim. 2014. *Potential Research of Nano Chemistry of Natural Materials*. <http://nanotech-indonesia.blogspot.com/2012/08/potensi-riset-nano-kimia-bahan-alam-di.html>.
2. *Anticipated Application*. Woodrow Wilson International Center For Scholar.
3. Becker, M. F., Keto, J. W., & Kovar, D. (2009). *U.S. Patent No. 7,527,824*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
4. de Oliveira, J. L., Campos, E. V. R., Bakshi, M., Abhilash, P. C., & Fraceto, L. F. (2014). Application of nanotechnology for the encapsulation of botanical insecticides for sustainable agriculture: prospects and promises. *Biotechnology advances*, 32(8), 1550-1561.
5. Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, 15, 11-23.
6. Fernandez, B. R. 2011. *Sintesis Nanopartikel*. Makalah. Pasca sarjana Universitas Andalas. Padang.
7. Forim M.R., da Silva M.F.G.F, Fernandes J.B. 2011. Secondary Metabolism as a Measure of Efficacy of Botanical Extracts: The use of *Azadirachta indica* (Neem) as a Model. In: Perveen F. (ed.) *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*. Rijeka: In- Tech. p367-390.
8. Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have?. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 20.
9. Iavicoli, I., Leso, V., Beezhold, D. H., & Shvedova, A. A. (2017). Nanotechnology in agriculture: Opportunities, toxicological implications, and occupational risks. *Toxicology and applied pharmacology*, 329, 96-111.
10. Jones, Angela. Jeane Nye and Andrew Greenberg. *Nanotechnology in Agriculture and Food*
11. Kardinan, A. 1999. Mimba (*Azadirachta indica*) pestisida nabati yang sangat menjanjikan.
12. M. Kalyanasundaram, dan K. Gunasekaran. 2013. Synthesis, characterization and evaluation of nanoparticles of public health larvicides for mosquito control. *Journal of Vector Borne Diseases*(50): 225-228.
13. Macosko, C., Hoyer, T., Anacker, J., & Prud'homme, R. (2007). *U.S. Patent Application No. 11/486,620*.

14. Mousavi, S. R., & Rezaei, M. (2011). Nanotechnology in agriculture and food production. *J Appl Environ Biol Sci*, 1(10), 414-419.
15. Kuzma, J. and Peter Verhage. 2006. *Nanotechnology In Agriculture and Food Production. Technology*. <http://www.ice.chem.wisc.edu>. Diakses tanggal 3 maret 2014.