

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

NANOTECNOLOGÍA Y NANOENCAPSULACIÓN DE PLAGUICIDAS

Eder Lugo Medina, Cipriano García Gutiérrez y Rey David Ruelas Ayala

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 63-67



e-revist@s

NANOTECNOLOGÍA Y NANOENCAPSULACIÓN DE PLAGUICIDAS

NANOTECHNOLOGY AND NANOENCAPSULATION OF PESTICIDES

Eder Lugo-Medina^{1,2}, Cipriano García-Gutiérrez³ y Rey David Ruelas-Ayala⁴

¹Profesor del Departamento de Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Los Mochis. Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre. Los Mochis, Sinaloa. C.P. 81250. ²Centro de Nanociencias y Nanotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada. Apdo. Postal 356. CP. 22800. Ensenada. ederlugomedina@yahoo.com.mx. ³Prof. Investigador. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. COFAA. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa. C. P. 81101. ⁴Estudiante de Doctorado. Universidad Autónoma Indígena. Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa.

RESUMEN

En el presente trabajo se dan a conocer las perspectivas sobre el uso de la nanotecnología en la elaboración de plaguicidas, sus ventajas tecnológicas sobre las formulaciones actuales y sus posibilidades de uso en los esquemas de desarrollo rural sustentable. Se definen algunos términos utilizados en nanotecnología y se hace una revisión de investigaciones y empresas que participan en el desarrollo de plaguicidas micro y nanoencapsulados.

Palabras clave: Nanoescala, nanopartículas y nanobiotecnología.

SUMMARY

This paper is about nano-technology perspectives and their applications in the pesticides development. Information on companies that are participating in microencapsulate pesticide production is present, as well as nanotechnology concepts, and companies that make micro and nano-encapsulate pest formulations.

Key word: Nanoscale, nanoparticles and nanobiotecnology.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología ha sido definida como toda aquella tecnología que se relaciona con nuevos materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros (nm) o menos, supone la manipulación de materiales y la creación de estructuras y sistemas a escala de átomos y moléculas, esto es, a nanoescala. Las propiedades y efectos de las partículas y materiales a nanoescala difieren considerablemente de las partículas más grandes con igual composición química. Las nanopartículas pueden tener una mayor reactividad química y ser más bioactivas que las partículas más grandes, por su tamaño, tienen mejor acceso a cualquier cuerpo y tienen probabilidad de entrar en células, tejidos y órganos. Estas propiedades ofrecen nuevas aplicaciones en casi todas las áreas de la industria.

La nanotecnología tiene aplicación en sistemas de alimentación y agricultura sustentable, mientras que los nanomateriales ofrecen innovación de productos a la industria de alimentos, en forma de colorantes, saborizantes, aditivos nutricionales e ingredientes antibacterianos para el envasado, así como agroquímicos y fertilizantes más potentes. Por ejemplo, compuestos de nanoarcilla (plásticos a los que se les ha agregado plaquetas de arcilla nanoscópicas) tanto en el envasado de alimentos y bebidas como en plásticos de uso agrícola que permiten la liberación controlada de herbicidas; también se está estudiando su empleo como revestimientos de fertilizantes de liberación controlada. La posibilidad que tienen las nanotecnologías de aplicarse a múltiples sectores permite a las compañías ampliar sus actividades comerciales incursionando en otras industrias y nuevos segmentos de mercado.

La nanotecnología pasa del uso de simples partículas e ingredientes encapsulados al desarrollo de nano dispositivos, nano máquinas y nano sistemas más complejos (Roco, 2001). Aplicada a la biotecnología, se empleará no sólo para manipular el material genético de humanos, animales y plantas, sino también para incorporar materiales sintéticos a estructuras biológicas (Roco, 2002). Se contempla que las diferentes tecnologías de nano escala posibilitará la creación de organismos artificiales novedosos que serán usados en el procesamiento de alimentos, la agricultura y los agrocombustibles, este campo se conoce como biología sintética (Grupo, 2007).

Las nanopartículas tienen una mayor superficie, lo cual resulta en una mayor reactividad química, actividad biológica y comportamiento catalítico, en comparación con las partículas más grandes con igual composición química (Garnett and Kallinteri, 2006; Limbach, *et al.*, 2007; Nel *et al.*, 2006).

Los materiales que miden menos de 300 nm pueden ser absorbidos por células individuales (Garnett and Kallinteri, 2006), mientras que los nanomateriales que miden menos de 70 nm pueden ser absorbidos incluso por el núcleo de las células, donde pueden causar un daño mayor (Chen and Mikecz, 2005; Geiser *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2003). Una desventaja es que la mayor reactividad química y biodisponibilidad, significa mayor toxicidad en comparación con la misma unidad de masa de partículas más grandes (Hoet *et al.*, 2004; Oberdörster *et al.*, 2005a; Oberdörster *et al.*, 2005b).

En el cuadro 1 aparecen las compañías que realizan investigación y desarrollos tecnológicos en el área de la nanotecnología.

Cuadro 1. Compañías con actividad en nanotecnología.

| Compañías | | |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Altria (Kraft Foods) | Glaxo-SmithKline | Nestlé |
| Associated British Foods | Goodman Fielder | Northern Foods |
| Ajinomoto | Group Danone | Nichirei |
| BASF | John Lust Group Plc | Nippon Suisan Kaisha |
| Bayer | H.J. Heinz | PepsiCo |
| Cadbury | Hershey Foods | Sara Lee |
| Schweppes | | |
| Campbell Soup | La Doria | Syngenta |
| Cargill | Maruha | Unilever |
| DuPont Food Industry Solutions | McCain Foods | United Foods |
| General Mills | Mars, Inc. | |

Fuente: Grupo, 2004; Innovest, 2006; Renton, 2006; Wolfe, 2005.

Diseño de nuevas formulaciones de plaguicidas

En este campo el enfoque se dirige a la reducción de la dosis de ingrediente activo y a una menor residualidad y carga de

contaminantes en el ambiente. La forma, carga y tamaño de las distintas partículas puede afectar sus propiedades cinéticas (absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad). Por esta razón, los nanomateriales de la misma composición, que tienen diferente tamaño y forma pueden tener amplia diferencia de toxicidad, estas propiedades son las que se aprovechan en la formulación de fertilizantes, productos de crecimiento vegetal y en el diseño de plaguicidas más potentes que respondan a condiciones climáticas o insecto blanco específicos.

La nanotecnología está introduciendo una nueva gama de plaguicidas, reguladores del crecimiento vegetal y fertilizantes químicos potencialmente más eficientes que los usados actualmente. Asimismo, es probable que la nanotecnología, al brindar nuevas herramientas de manipulación genética se extienda a la ingeniería genética de cultivos.

Las compañías agroquímicas han reducido el tamaño de las partículas de las emulsiones químicas existentes, llevándolas a dimensiones nanoscópicas, o han encapsulado los ingredientes activos en nanocápsulas diseñadas para abrirse bajo ciertas condiciones, respuesta a la luz solar, el calor o condiciones alcalinas en el tubo digestivo de un insecto. Joseph and Morrison (2006), señalan que algunas compañías producen formulaciones que contienen nanopartículas en el espectro de 100 a 250 nm que pueden disolverse en agua más eficazmente que las existentes (aumentando así su nivel de actividad). Otras emplean suspensiones de nanopartículas (nanoemulsiones) que pueden tener base hídrica o de aceite y contienen suspensiones uniformes de nanopartículas pesticidas o herbicidas en el espectro de los 200 a 400 nm.

Syngenta comercializa desde hace varios años un regulador de crecimiento vegetal nano formulado, su producto se comercializa como un concentrado de "micro emulsión", mientras que hay otras organizaciones tendientes a desarrollar nanotecnología para aplicaciones en agroquímicos (Cuadro 2).

Por otro lado, la incorporación de nanomateriales manufacturados en alimentos y bebidas, suplementos nutricionales, envases de alimentos, revestimientos comestibles, fertilizantes, plaguicidas y tratamientos integrales de semillas presentan también nuevos riesgos para el público, los trabajadores y los agricultores, debido a que falta evaluar la bio-persistencia de los productos y su efecto en el humano y animales.

Cuadro 2. Nanoagroquímicos en desarrollo.

| Producto | Fabricante | Componente | Finalidad |
|-------------------------|---|--|---|
| Fertilizante-plaguicida | Programa de Cooperación Científico-Técnico. Pakistán-EE.UU | Cápsula de nano arcilla que contiene estimulantes de crecimiento y agentes de biocontrol | Liberación lenta de ingrediente activo una aplicación/ciclo |
| Herbicida | Universidad Agrícola Tamil Nadu (India) y Tecnológico de Monterrey (México) | Nanoformulado | Degrada el revestimiento de semillas de malezas en suelo, evitando su germinación |
| Plaguicida-herbicida | Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth de Australia | Nanocápsulas | Aumenta su potencia y permite la liberación dirigida de ingrediente activo |

En el cuadro 3, se citan las características de los nanoencapsulados en comparación con las formulaciones actuales, mientras que en el cuadro 4, se indican las ventajas y desventajas de los plaguicidas nanoformulados en relación a los convencionales.

Cuadro 3. Características de los plaguicidas nanoencapsulados en comparación con microencapsulados y formulaciones actuales.

| Nanopartículas (\leq 400 nm) | Formulaciones actuales ($>$ 400 nm) |
|---|--------------------------------------|
| Mayor reactividad química | Partículas más grandes |
| Mayor acceso a los organismos | |
| Mayor biodisponibilidad y bio-actividad (mayor toxicidad) | |
| Efectos patológicos más duraderos (biopersistencia) | |

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de plaguicidas micro y nanoencapsulados en relación con plaguicidas comunes.

| Ventajas/Desventajas | |
|--|---|
| Nanoformulados | Convencionales |
| <ul style="list-style-type: none"> Mayor capacidad de aplicación dirigida o de liberación bajo condiciones específicas, Conservación del medio ambiente (aplicación reducida) y menor escurrimiento, Mayor toxicidad, Mayor bio-disponibilidad para alcanzar plagas específicas, Mayor persistencia en el terreno, (riesgos para los seres humanos y el medio ambiente). | Contaminación de suelos y cuerpos de agua (alteraciones importantes), pérdida de biodiversidad. |

Fuente: Beane, *et al.*, 2005; Petrelli, *et al.*, 2000; Van Balen, *et al.*, 2006.

En el cuadro 5, se enlistan los productos agrícolas de hasta 300 nm de tamaño, el nombre del producto y su fabricante.

Cuadro 5. Productos agrícolas manufacturados con nanomateriales (300nm de tamaño).

| Nombre del producto | Fabricante | Contenido nano | Atributo | Dirección web |
|---|------------|--|---|---|
| Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX | Syngenta | Emulsión 100 nm (concentrado de micro emulsión) | La partícula extremadamente pequeña permite a Primo MAXX mezclarse completamente con el agua y no depositarse en el tanque de rociado | http://www.syngentaprofessionalproducts.com/prodrender/index.aspx?prodid=747 |
| Agente humidificador de tierra Geohumus | Geohumus | Polímero biocompatible de alto rendimiento | Potencia la tierra con capacidad de almacenamiento de agua basada en nanotecnología | http://www.geohumus.com/download/geohumus_flyer_eng.pdf |
| Emisor de irrigación de plástico | Geoflow | Plaquetas de nano arcilla (PolyOne's Nanoblend MB) | | http://www.ptonline.com/articles/200602fa2.html |

CONCLUSIONES

Es posible que la nanotecnología cambie el uso de las sustancias químicas actuales por nanopartículas, debido a que están diseñadas para tener un efecto exterminador más potente contra malezas y plagas. Sin embargo, los nanoplaguicidas pueden resultar más tóxicos que los agroquímicos convencionales para la flora y fauna silvestre. La tendencia a la utilización de productos biocompatibles y biodegradables (nanocápsulas, sistemas micelares o dendrímeros) en base a biopolímeros, los cuales una vez que hayan liberado al plaguicida puedan biodegradarse, implica un avance importante en la conservación del ambiente. También es necesario un marco normativo que indique con qué tipo de materiales están operando. Los nano agroquímicos pueden disminuir considerablemente el uso de agroquímicos, al aprovechar su tamaño y mayor superficie de contacto, no obstante también podrían contaminar suelos y agua.

LITERATURA CITADA

Beane, F. L., Bonner, M., Blair, A., Hoppin, J., Sandler, D., Lubin, J., Dosemeci, M., Lynch, C., Knott, C., Alavanja, M. 2005. **Cancer Incidence among Male Pesticide**

Applicators in the Agricultural Health Study Cohort Exposed to Diazinon. Am. J. Epidemiol. 162(11):1070-1079.

Chen, M., Von, M. A. 2005. **Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles.** Experiment Cell. Res. 305:51-62.

Garnett, M., y Kallinteri, P. 2006. **Nanomedicines and nanotoxicology: some physiological principles.** Occup. Med. 56:307-311.

Geiser, M., Rothen-Rutlshausen B., Knapp, N., Schurch, S., Kreyling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im, H., Hagens, W., Oomen, A., de Jon W., Cassee, F., Sips, A. 2007. **What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body?.** Regulatory Toxicology and Pharmacology. 49:217-229.

Grupo, E.T.C. 2004. **Down on the Farm.** (En línea). Disponible en: <http://www.etcgroup.org>.

Grupo, E.T.C. 2005. **Concentration in Corporate Power.** Oligopoly, Inc. 2005. Disponible en: <http://www.etcgroup.org>.

Grupo, E.T.C. 2007. **Extreme genetic engineering: An introduction to synthetic biology.** (En línea). Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreportweb.pdf>

Hoet, P., Bruske-Holfeld I., Salata, O. 2004. **Nanoparticles – known and unknown health risks.** J. Nanobiotechnol. 2:12.

- Innovest. 2006. **Nanotechnology: Non-traditional Methods for Valuation of Nanotechnology Producers.** Innovest. Strategic Value Advisers.
- Joseph, T., y Morrison, M. 2006. **Nanotechnology in Agriculture and Food.** Nanoforum Report. (En línea). Disponible en: <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?08122006200524>.
- Li, N., Sioutas, C., Cho, A., Schmitz, D., Misra, C., Sempf, J., Wang, M., Oberley, T., Froines, J., Ne, A. 2003. **Ultrafine particulate pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage.** Environ. Health. Perspect. 111(4):455-460.
- Limbach, L., Wick, P., Manser, P., Grass, R., Bruinink, A., Stark, W. 2007. **Exposure of engineered nanoparticles to human lung epithelial cells: Influence of chemical composition and catalytic activity on oxidative stress.** Environ. Sci. Technol. 41:4158-4163.
- Nel, A., Xia, T., Li, N. 2006. **Toxic potential of materials at the nanolevel.** Science. 311:622-627.
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D., Yang, H. 2005a. **Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy.** Particle Fibre Toxicol. 2:8.
- Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J. 2005b. **Nanotoxicology: an emerging discipline from studies of ultrafine particles.** Environ. Health Perspect. 113(7):823-839.
- Petrelli, G., Figà-Talamanca I., Tropeano, R., Tangucci, M., Cini, C., Aquilani, S., Gasperini, L., Meli, P. 2000. **Reproductive male mediated risk: Spontaneous abortion among wives of pesticide applicators.** Eur. J. Epidemiol. 16: 391-393.
- Renton, A. 2006. **Welcome to the world of nanofoods.** Guardian Unlimited. Reino Unido. (En línea). Disponible en: <http://observer.guardian.co.uk/foodmonthly/futureoffood/story/0,,1971266,00.html>.
- Roco, M. 2001. **From vision to the implementation of the US National Nanotechnology Initiative.** J. Nanoparticle Research. 3:5-11.
- Roco, M., Bainbridge, W. (Eds). 2002. **Converging Technologies for Improving Human Performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science.** Informe auspiciado por NSF/DOC. Disponible en: <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/>.
- Syngenta. Sin fecha. **Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX.** (En línea). Disponible en: <http://www.syngentaprofessionalproducts.com/prodrender/index.aspx?prodid=747>
- Van, B. E., Font, R., Cavallé, N., Font, L., García-Villanueva, M., Benavente, Y., Brennan, P., de Sanjose, S. 2006. **Exposure to non arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain.** Occupation Environ. Med. 63:663-668.
- Wolfe, J. 2005. **Safer and guilt-free nanofoods.** Forbes.com. EE.UU. (En línea). Disponible en: http://www.forbes.com/investmentnewsletters/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810soapbox_inl.html.

Eder Lugo Medina

Postdoctorado en el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctor en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana. Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Rey David Ruelas Ayala

Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el CIIDIR-IPN UNIDAD SINALOA. Ingeniero Bioquímico con especialidad en Alimentos por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor en el Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad de Occidente Unidad Guasave.