

## ***“Nanotecnología aplicada al desarrollo de nuevos insecticidas”***

Teodoro Stadler<sup>(1)</sup>, Micaela Buteler<sup>(2)</sup>, Guillermo P. López García<sup>(1)</sup> y Javier G. Gitto<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Toxicología Ambiental, IMBECU, CONICET, CCT- Mendoza.

<sup>(2)</sup> INIBIOMA, CONICET, CCT-Comahue, Rio Negro.

<sup>(3)</sup> Laboratorio de Electroestática y de Materiales Dieléctricos, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.

E-mail: teostadler@hotmail.com

La producción mundial de alimentos experimentó un aumento exponencial en los últimos 60 años, incluso más que la tasa de crecimiento poblacional. Esta conquista, que actualmente permite alimentar a una población global de 7,2 mil millones, ha sido posible gracias al control de plagas y enfermedades, a través del uso intensivo de pesticidas convencionales de síntesis orgánica. Sin embargo, este enorme progreso no está libre de efectos colaterales, ya que una gran parte de estos productos provocan resistencia e impactan sobre la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas. Por este motivo, la ciencia y la industria se han abocado a la búsqueda de principios activos más seguros para el hombre y el ambiente, centrado su atención en el desarrollo de productos a base de sustancias naturales, como extractos vegetales y polvos inorgánicos. El reciente hallazgo de un nanomaterial con propiedades insecticidas, de baja toxicidad para el hombre y el ambiente, ofrece una excelente alternativa para la sustitución de algunos pesticidas convencionales por una tecnología innovadora y de bajo riesgo, con un alto potencial para optimizar el control de plagas en el agro, la industria y en programas para la protección de la salud humana y animal.

**La nanotecnología al servicio de la agricultura:** Actualmente, una gran variedad de productos con base nanotecnológica son utilizados en la vida cotidiana por millones de personas, como por ejemplo, materiales más livianos y resistentes, catalizadores para combustión, sistemas para la administración de medicamentos, cremas con filtros solares, etc. Recientemente, en respuesta a la creciente tendencia hacia la reducción del uso de pesticidas de síntesis orgánica y su reemplazo por sustancias menos tóxicas y más selectivas, la nanotecnología se ha puesto al servicio de las estrategias para el control de insectos que afectan a los productos agrícolas, a la salud del hombre y la de los animales domésticos. Los nanoinsecticidas son una novedosa opción para el control de insectos, descrita por primera vez para plagas de granos almacenados en 2010. A diferencia de los insecticidas convencionales, los Nanoinsecticidas poseen un mecanismo de acción basado en fenómenos físicos en lugar de los mecanismos bioquímico-toxicológicos, típicos de los insecticidas convencionales (clorados, fosforados, piretroides, etc.), cuyos efectos nocivos para el hombre y el ambiente han sido ampliamente demostrados. Por sus características, modo de acción y baja toxicidad, los Nanoinsecticidas son un concepto avanzado en el campo del control de plagas.

La reducción del tamaño de partícula de una sustancia resulta en un aumento de la relación superficie/volumen por unidad de peso, que en general se correlaciona con un aumento de la toxicidad del material (Paull y Lyon, 2008), característica que ha sido utilizada por algunos investigadores para controlar diversos microorganismos e insectos mediante la aplicación de nanopartículas. Por ejemplo, los nanomateriales a base de plata tienen efecto pediculicida y larvicida (Jayaseelan et al, 2011, Arjunan et al, 2012), así como propiedades antimicrobianas (Chopra, 2007; Baek y An, 2011) y pueden ser incorporados en productos textiles (Kulthong et al, 2011; Petkova et al, 2014). Por otra parte, la nanosílice también tiene efecto insecticida (Debnath et al., 2011), aunque la toxicidad de este material es un tema controversial (Tarantini et al., 2015). La alúmina nanoestructurada (NSA) tiene alta actividad insecticida y se caracteriza por estar formada por agregados de partículas de 40-60nm, así como una alto valor de superficie específica (14m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>). Sus propiedades insecticidas fueron descritas recientemente (Stadler et al., 2010a; Stadler et al, 2010b), asumiendo que afecta el equilibrio hídrico de los insectos, de manera similar a las micropartículas de polvos inertes insecticidas en general (Stadler et al, 2012; Buteler et al, 2015).

**Nanoinsecticidas a base de alúmina nanoestructurada (NSA):** Este principio activo es un polvo inorgánico obtenido por síntesis, compuesto por partículas de tamaño nanométrico (45-60nm). Estas nanopartículas forman estructuras complejas durante el proceso de fabricación, que le otorgan al producto las propiedades insecticidas. El mecanismo de acción insecticida de la NSA se basa en fenómenos físicos, de modo que la acción insecticida de la NSA depende de las propiedades triboeléctricas del cuerpo de los insectos, de las cargas eléctricas de las partículas y de fenómenos de adsorción, que en conjunto hacen que las partículas se adhieran al cuerpo de los insectos y actúen como “secuestrantes” de las ceras de la cutícula, provocando la muerte del insecto por deshidratación y no por intoxicación.

El modo de acción de este principio activo puede resumirse en tres pasos: a.- cuando los insectos se desplazan sobre una superficie tratada con Nanoinsecticida, las partículas se adhieren a su cuerpo por fenómenos electrostáticos; b.- el elevado valor de superficie específica de las partículas hace que las mismas actúen como “secuestrantes” adsorbiendo la cera que recubre el cuerpo de los insectos y los protege de la pérdida de humedad; c.- una vez eliminada la cera, el insecto muere por deshidratación.

Por sus características, modo de acción y baja toxicidad, el Nanoinsecticida (NSA) se presenta como un concepto avanzado en el campo de los pesticidas, ya que por ejemplo, con tan solo 125 gramos del Nanoinsecticida por tonelada de grano almacenado (trigo, maíz, etc.), se obtiene el control de insectos plaga (Stadler *et al.*, 2010a). Además, los tratamientos a largo plazo con NSA a bajas concentraciones (62,5ppm) fueron eficaces en la reducción de la progenie (F1) de algunas plagas a diferentes niveles de humedad (Stadler *et al.*, 2012).

Por otra parte, la estabilidad química y baja toxicidad del Nanoinsecticida permiten su reingeniería para adaptarlo a diferentes aplicaciones en el ámbito de la medicina humana, veterinaria, agricultura, horticultura, jardinería y/o para la industria en el procesamiento de alimentos y para la conservación de recursos y productos forestales.

**Futuras aplicaciones del Nanoinsecticida a base de alúmina nanoestructurada (NSA):** Hasta el momento se exploraron diferentes campos de aplicación del producto para el control de especies de insectos plaga y vectores que afectan la salud y la actividad económica del hombre. También se ha puesto especial énfasis en la evaluación toxicológica y ambiental de estas nuevas sustancias. Uno de los principales temas abordados en la investigación sobre Nanoinsecticidas a base de alúmina nanoestructurada es su efecto sinérgico en combinación con el producto final de la pirolisis de residuos agrícolas. El efecto insecticida de la ceniza de residuos agrícolas ha sido bien estudiada (Subramanyam & Roesli, 2000), ya que fue utilizada ancestralmente para el control de plagas en agricultura de subsistencia. La ceniza posee un efecto insecticida muy bajo (0,5% de mortalidad de insectos con 250g de ceniza/Tn de cereal) en un tiempo de tratamiento de 10 días. Por otra parte, la alúmina nanoestructurada (NSA), controla eficazmente las plagas del grano almacenado a partir de concentraciones de 125g NSA/Tn de trigo, pero muestra menor eficacia a concentraciones muy bajas después de 10 días de tratamiento del trigo almacenado. Sin embargo, el reciente descubrimiento del efecto sinérgico entre el Nanoinsecticida y la ceniza de origen orgánico (Patente en trámite, CONICET) pone en evidencia que con 250g de esta formulación incorporada en forma de polvo a 1 tonelada de trigo almacenado se obtiene un nivel de control efectivo (> 90%) de plagas de insectos de los granos almacenados después de 10 días. Este nuevo insecticida de baja toxicidad es un potencial sustituto de algunos insecticidas convencionales de síntesis orgánica utilizados para la protección de granos almacenados, que en general son tóxicos, así como de los polvos minerales de origen fósil como la tierra de diatomeas.

Teniendo en cuenta que los nanomateriales poseen propiedades novedosas como reactividad, área específica, efectos cuánticos, carga eléctrica, etc., que afectan su bioactividad, además del estudio de sus potenciales beneficios, también es necesario caracterizar a esta nueva tecnología en cuanto a su toxicidad y los efectos sobre los organismos no blanco, investigaciones que aún se encuentra en una etapa temprana. Los esfuerzos de investigación deben centrarse también en el desarrollo de nuevas variantes del nanoinsecticida NSA mediante la introducción de modificaciones en el proceso de síntesis para lograr mayor eficacia insecticida, así como en la búsqueda de potenciales aplicaciones de la NSA en diferentes ámbitos.

Palabras clave: nanotecnología, nanoinsecticidas, mecanismo de acción, plagas

**Bibliografía citada:**

- ARJUNAN N., K., MURUGAN K., REJEETH C., MADHIYAZHAGAN P., BARNARD D. R., 2012.- Green Synthesis of Silver Nanoparticles for the Control of Mosquito Vectors of Malaria, Filariasis, and Dengue. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, 12 (3): 262-268
- BAEK Y. W., AN Y. J., 2011.- An “Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) to Escherichia coli, Bacillus subtilis, and Streptococcus aureus,” *The Science of the Total Environment*, 409 (8): 1603–1608.
- BUTELER M., SOFIE S.W., WEAVER D. K., DRISCOLL D., MURETTA J., STADLER T., 2015.- Development of nano-alumina dust as insecticide against Sitophilus oryzae and Rhyzopertha dominica. *International Journal of Pest Management*, 6: 80-89.
- CHOPRA I., 2007.- The increasing Use of silver-based Products as antimicrobial Agents: A Useful Development or a Cause for Concern? *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 59: 587-590.
- DEBNATH N., DAS S., SETH D., CHANDRA R., BHATTACHARYA S. C., GOSWAMI A., 2011.- Entomotoxic effect of silica nanoparticles against Sitophilus oryzae (L.). *Journal of Pest Science*, 84: 99-105.
- JAYASEELAN C., RAHUMAN A. A., RAJAKUMAR G., VISHNU A. K., SANTHOSH T., MARIMUTHU S., BAGAVAN A., KAMARAJ C., ZAHIR A. A., ELANGO G., 2011.- Synthesis of pediculocidal and larvicidal silver nanoparticles by leaf extract from heartleaf moonseed plant, *Tinospora cordifolia* Miers. *Parasitol. Res.* 109: 185-194.
- KULTHONG K., SRISUNG S., BOONPAVANITCHAKUL K., KANGWANSUPAMONKON W., MANIRATANACHOTE R., 2010.- Determination of silver nanoparticle release from antibacterial fabrics into artificial sweat. *Particle and Fibre Toxicology*, 7 (8): 1-9.
- PAULL J., LYONS K., 2008.- Nanotechnology: the next challenge for organics. *Journal of Organic Systems*, 3: 3-22.
- PETKOVA P., FRANCESKO A., FERNANDES M. M., MENDOZA E., PERELSHTEIN I., GEDANKEN A., TZANOV T., 2014.- Sonochemical coating of textiles with hybrid ZnO/chitosan antimicrobial nanoparticles. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6 (2): 1164–1172.
- STADLER T., BUTELER M., WEAVER D.K., 2010a.- Novel use of nanostructured alumina as an insecticide. *Pest Management Science*, 66: 577-579.
- STADLER T., BUTELER M., WEAVER D. K., 2010b.- Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69:149-156.
- STADLER T., BUTELER M., WEAVER D. K., SOFIE S., 2012.- Comparative Toxicity of Nanostructured Alumina and a Commercial Inert Dust for Sitophilus oryzae (L.) and Rhyzopertha dominica (F.) at varying ambient humidity levels. *Journal of Stored Products Research*, 48: 81-90.
- SUBRAMANYAM B., ROESLI R., 2000.- Inert dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- TARANTINI A., ANNICK MOUROT R. L., LAVVAULT M-T., CASTEROU G., JARRY G., HOGEVEEN K., FESSARD V., 2015.- Toxicity, genotoxicity and proinflammatory effects of amorphous nanosilica in the human intestinal Caco-2 cell line. *Toxicology in Vitro* 29 (2): 398–407