

## Las Nanoarcillas y sus potenciales aplicaciones en el Ecuador

Perugachi B. Rodrigo\*; Paredes V. Cecilia\*; Cornejo M. Mauricio\*

\*Área de Materiales y Procesos de Transformación

Componente 6, Proyecto VLIR

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador

cperugac@espol.edu.ec, cparedes@espol.edu.ec, mcornejo@espol.edu.ec

### Resumen

*En los últimos años la nanotecnología ha tenido un considerable impacto en los materiales y en especial de las nanoarcillas. Por esta razón este trabajo pretende presentar la investigación y desarrollo de las nanoarcillas, resaltando las investigaciones presentados por diferentes autores cronológicamente, los campos de aplicación, los potenciales comerciales, la tendencia de sus estudios y como la ESPOL busca involucrarse con los avances científicos, su posible impacto en el área de materiales. Las nanoarcillas están muy relacionadas a los polímeros, gracias a la propiedad más importante de poder combinarse con materiales orgánicos, aunque también se exponen otros campos importantes de aplicación tal como la eliminación de contaminantes en aguas.*

**Palabras Claves:** Nanomateriales, nanoarcillas.

### Abstract

*Nanotechnology has had a considerable impact on the materials development especially of nanoclays. This work therefore tries to show the research and development about nanoclay highlighting the research of others authors chronologically, its applications, the venture potential, and what ESPOL is doing to walk this path and develop nanoclays. Nanoclays are related to polymers due to its ability of combination with many organic materials. Finally, other important areas of applications such as the elimination of water polluting agents.*

## 1. Introducción

La nanotecnología dentro de todo su campo, ya ha conseguido excelentes resultados a nivel comercial con los nanomateriales, específicamente con los nanocompuestos de arcilla y polímeros, donde el volumen de negocios estimado en este ámbito generará entre doscientos y trescientos mil millones de euros anuales. [1]

Actualmente en el mercado mundial podemos ver, que cada vez es mas frecuente la utilización del prefijo “nano”, en diferentes servicios y productos como instrumento de marketing para atraer nuevos mercados e inversiones. [2]

Antes de involucrarnos directamente a las nanoarcillas es importante aclarar que el avance de la nanotecnología aplicada a los materiales no consiste en fabricar partículas a nivel nanométrico. No es ese el arte, puesto que el conocimiento del procedimiento de fabricación se remonta a varias generaciones. El avance autentico, real, es que ahora se dispone de los

conocimientos y recursos técnicos necesarios para diseñar y mezclar de forma controlada estos nanomateriales de manera que nos permita crear nuevos materiales con propiedades imposibles de conseguir con la tecnología tradicional. [2]

## 2. ¿Que son las Nanoarcillas?

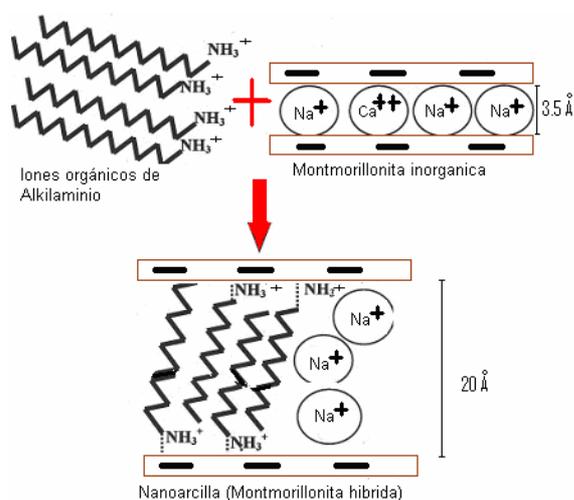
Para poder definir las nanoarcillas es importante conocer el significado de nanociencia y nanotecnología para visualizar el campo de su estudio y evitar la percepción no solo dimensional del prefijo nano.

La Sociedad Real de Inglaterra y la Sociedad Real de Ingeniería de Inglaterra definen a la Nanociencia como el estudio de fenómenos y manipulación de materiales a escala atómica, molecular y macromolecular, donde las propiedades se diferencian significativamente de la larga escala. La Nanotecnología es definida como el diseño, caracterización, producción, y aplicación de

estructuras, dispositivos y sistemas controlando la forma y el tamaño en la escala nano [3].

Por lo tanto las Nanoarcillas son arcillas modificadas mediante la manipulación controlada a nivel nanométrico, con un diseño específico de su estructura para cada aplicación.

El nombre de nanoarcillas es un nombre dado principalmente por empresas comercializadoras. El nombre reconocido científicamente es organoarcillas. En la figura 1 se muestra, como la nanoarcilla u organoarcillas son un material híbrido (orgánico e inorgánico) donde los cationes inorgánicos entre las capas de la arcilla como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ , etc., son reemplazados por cationes orgánicos, lo que conlleva a un incremento entre las capas tetraédricas de silicio promovido por la penetración de modificadores orgánicos entre las capas (LeBarn, Pinnavaia y Wang, 1998).



**Figura 1.** Proceso de intercambio de cationes inorgánicos por cationes orgánicos. Ref [11]

Las partículas de la arcilla originalmente están unidas a una distancia alrededor de  $3.5\text{\AA}$ , el cual por medio de un tratamiento de superficie (intercambio catiónico) se reduce la atracción de partícula-partícula, dando como resultado la expansión de la distancia (galería) entre capas alrededor de  $20\text{\AA}$ , tal como se indicó en la Figura 1.

La característica híbrida de las nanoarcillas las hace compatibles con muchos más materiales orgánicos y las hace repulsivas al agua, lo que permitirá absorber del 40 al 70 % de su peso en aceites, y bajar la absorción de agua de 700% hasta un 7% de su peso.

### 3. Reseña Cronológica de su estudio.

La utilización de las nanoarcillas en el campo industrial data de los 1950 donde Carter LW. desarrolló nanoarcillas con varias bases de aniones

orgánicos para reforzar elastómeros basados en látex. En 1963 Nahim y Backlund de Union Oil Co. también incorporaron nanoarcillas pero en matrices de poliolefinas termoplásticas sin focalizar propiedades potenciales de los compuestos. En 1976 Fujiwara y Sakamoto de Unichika Co. describieron el primer nanocompuesto poliamida/nanoarcilla, para que una década más tarde el equipo investigador de Toyota descubriera el mejoramiento de métodos para producir de nanocompuesto nylon 6/nanoarcilla utilizando una similar polimerización del proceso de Unichika.

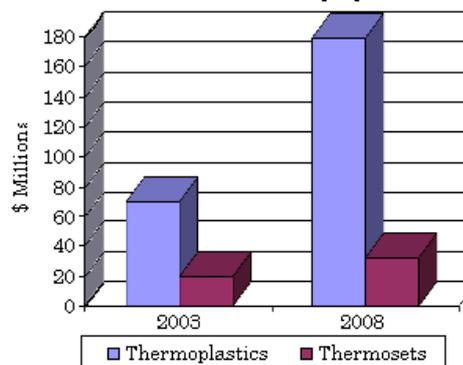
Posteriormente se reportaron varios tipos de nanocompuestos poliméricos con nanoarcillas basados en resinas epóxicas poliestireno, polímero acrílico, caucho y poliamidas. Otro gran grupo de investigadores también han trabajado describiendo nanocompuesto de nanoarcillas basados en una variedad de polímeros incluyendo poliestireno [4]; resina epóxica [5], [6], [7], [8], [9] y [10], poly methyl metacrilato; policaprolacton; poliolefinas poliuretano [11]; poliamidas; entre otros [12].

La Difracción por Rayos X (XRD), el Análisis Térmico-Gravimétrico/Diferencial (TGA/TDA) y la Espectrometría (FTIR), son los análisis comunes necesarios para caracterizar las nanoarcillas según los investigadores expuestos en el párrafo anterior, donde son utilizados para poder observar el aumento de la distancia entre capas aumentada debido material orgánico introducido, para poder obtener el porcentaje en peso presente en las nanoarcillas, y tercero para poder observar el tipo de materia orgánica de la nanoarcilla así como el arreglo y ordenamiento de las cadenas de alquilomonio entre las capas de arcilla.

### 4. Campo de Aplicación

Los primeros éxitos comerciales de la nanotecnología fueron realizados con los polímeros y se la considera una de las tecnologías clave más importantes en la actualidad. El Gráfico 1 muestra como el mercado mundial de las nanoarcillas para los nanocompuestos poliméricos aumentará en un 231% del año 2003 al 2008 [13].

**Gráfico 1.** Montos y volúmenes para los Polímeros en el mundo. Ref [14]



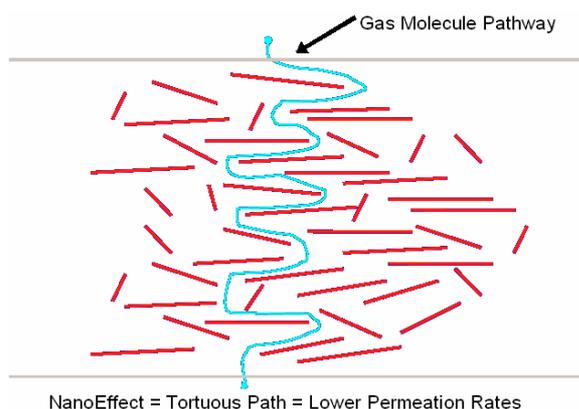
Las nanoarcillas últimamente se las han aplicado para prevención de contaminantes y remediación medioambiental mediante la absorción de contaminantes de suelos [14], para remoción de aceites en aguas residuales [15], y para remoción de metales pesados mejorando los procesos hasta ahora utilizados [16]. Incluso actualmente la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA) de España, está desarrollando nanoarcillas aplicadas a la industria aeroespacial [17].

### Ventajas

El factor importante que hay que reconocer de estos nanomateriales es el precio; el kilo de nanopartículas especiales para polímeros cuesta alrededor de 120 dólares y el precio de los aditivos para recubrimientos antirayaduras, antiestáticos y transparentes se eleva a aproximadamente 1200 dólares por kilo.

Las nanoarcillas aparte de reducir los costos da a los polímeros propiedades especiales tales como el incremento del módulo de Young; incremento esfuerzo de tensión; incremento de propiedades de barrera a humedad, solventes, vapores químicos, gases y sabores representado en la figura 2; reduce transmisión de rayos UV; incrementa la estabilidad dimensional; aporta buenas propiedades de reciclaje; el plástico se tiñe más fácilmente; la apariencia de partes pintadas es mejorada; reduce adherencia estática en films.

La ventaja en la purificación de aguas es la capacidad de poder absorber moléculas de aceites por valores menores de 10 ppm, reduciendo los costos de los tratamientos por carbón activado, y otros tratamientos físicos y químicos utilizados actualmente.



**Figura 2.** Camino tortuoso para el oxígeno evitando atravesar el film de un nanocompuesto. Ref [18]

## 5. Nanoarcillas en el Ecuador

En el Ecuador, en el sector de la industria plástica específicamente no se han utilizado hasta el momento las nanoarcillas u otra nanotecnología para dar mejoras a las propiedades de sus productos, ya sean las transformaciones de resinas en productos terminados o como colaboradores en productos intermedios primarios o secundarios para otros productos.

Este sector industrial desarrolla un papel importante en la economía del país por ello debería implantarse innovaciones e investigaciones en esta área debido que cuenta con 300 empresas que se relacionan con los procesos de extrusión, soplado, termoformado, inyección, rotomoldeo y manufactura artesanal, facturando alrededor de 450 millones de dólares por año, generando 15000 empleos directos y más de 60000 empleados indirectos [19].

Por lo expuesto nuestro país no se debe quedar al margen del conocimiento y lejos de las tendencias de las investigaciones a nivel mundial en el campo de los materiales.

Por tal razón, actualmente en la ESPOL, el grupo del Proyecto VLIR, Componente 6, está trabajando para obtener estas nanoarcillas utilizando arcillas pertenecientes al grupo Ancón, yacimiento que fue escogido por tener una información completa de su caracterización, así como otros yacimientos que actualmente se están caracterizando dentro de la Península de Santa Elena con buenos resultados.

Como primer paso la ESPOL realizó trabajos bajo la dirección del Ing. Andrés Rigail para la evaluación de nanocompuestos basados en nanoarcillas extranjeras y pinturas ecuatorianas, para recubrimiento de láminas de acero, obteniendo resultados satisfactorios, entre ellos el aumento de la resistencia a la corrosión al 50%, transmisión de vapor de agua hasta un 35%, y absorción de agua hasta un 30% [20].

Como segundo punto se pudo obtener nanoarcillas ecuatorianas a partir de arcillas modificadas con sales de alquilomonio caracterizándola física y químicamente, bajo la dirección de Cecilia Paredes Ph.D. Por Análisis Térmico-Gravimétrico se calculó la cantidad en peso de las cadenas de alquilomonio contenidas en las arcillas. Para medir la distancia entre capas se utilizó un Difractómetro de Rayos X, además se analizó estas nanoarcillas por Espectrometría y Microscopio Electrónico de Barrido para la verificación de resultados. La distancia entre capas de la nanoarcilla con respecto a las arcillas aumentó del 26 al 60% y el alquilominio contenido en las arcillas fue del 12 al 20%.

Se utilizaron arcillas pertenecientes a la zona costera del Ecuador y las sales de alquilomonio fueron las que actualmente utiliza la compañía Southern Clay [9] para aplicaciones con polímeros para elaboración de nanocompuestos. Paralelamente se reconstruyó una

extrusora donada por la compañía Plastigama para procesar polímeros, adaptando un tornillo especial que nos permitirá elaborar nanocompuestos con las nanoarcillas ecuatorianas.

Más allá de los beneficios que esta tecnología traiga, las medianas empresas de transformación no ven clara la implantación de estos nuevos materiales, debido a la gran cantidad de nanocompuestos existentes y falta de definición de la ingeniería de los procesos y del sistema de control de calidad [21].

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

Las nanoarcillas podrían ser en el Ecuador una de las mejores inversiones tecnológicas para las empresas especializadas en plásticos. Por ello las investigaciones seguirán en busca de mejoras y nuevas aplicaciones con diferentes materiales poliméricos. Además, por su importancia el grupo de investigación trabajará en la aplicación de nanoarcillas para tratamientos de agua con la eliminación de aceites.

Es importante buscar nuevos yacimientos y mejorar el tratamiento de las arcillas que nos permita fomentar la utilización de nuestros recursos naturales a bajos costos y poder tener industrias más competitivas, rompiendo la inercia de la falta de cultura de innovación, investigación y Desarrollo de productos ecuatorianos.

## 7. Agradecimiento

Se agradece al Ing. Andrés Rigail, profesor de FIMCP-ESPOL por su importante contribución en el desarrollo de las nanoarcillas que lleva a cabo el componente 6 del Proyecto VLIR, donde el campo de aplicación es muy extenso.

## 8. Referencias

- 
- [1]Rolf Mülhaupt, , “La nanotecnología con Polímeros cosecha sus primeros éxitos comerciales”, Revista PlastUnivers de Interempresas, 2004
- [2]Revista PlastUnivers de Interempresas, “La nanotecnología con Polímeros cosecha sus primeros éxitos comerciales”, 2004
- [3]Pitkethly Michael, “Nanomaterials – the driving force”, El sevier, 2004
- [4]Vaia R.A., “Interlayer Structure and Molecular Environment of Alkylammonium Layered Silicates”, Cornell University, 1994
- [5]Daniel I.M., “Processing and Characterization of Epoxy/clay nanocomposite”, Society for Experimental Mechanics, 2003
- [6]Chenggang Chen, Epoxy layered-silicate nanocomposites, El sevier, 2003

- 
- [7]Isil Isik, “Impact modified epoxy/montmorillonite nanocomposites: synthesis and characterization”, El sevier, 2003
- [8]Ratna D., “Clay-reinforced epoxy nanocomposites”, Monash University, 2002
- [9]Hyun, J., “Mechanism of exfoliation of nanoclays particles in epoxy-clay”, University of Akron, 2002
- [10]Vineeta Nigam, “Epoxy-montmorillonite clay nanocomposites: Synthesis and characterization”, Journal applied polymer science, 2004
- [11]Chen Shoong Chin, “Synthesis and Characterization of Polyurethane/clay”, The University of Queensland, 2002
- [12]D.R. Paul, “Nylon 6 nanocomposites by melt compounding”, 2000
- [13]Researchs Reports and Technical Publications, 2004, [www.bccresearch.com/plasticos/p234R.html](http://www.bccresearch.com/plasticos/p234R.html)
- [14]Lee SY, “Sorption of hydrophobic organic compounds onto organoclays”, 2003
- [15] George R Alther, “Removing oils from water with organoclays”, American Water Works Association. Journal, 2002, pg. 115
- [16] M Cruz-Guzmán, “Heavy Metal Adsorption by Montmorillonites Modified with Natural Organic Cations”, Soil Science Society of America Journal, 2006, pg. 215
- [17][http://www.upv.es/informa/info/DIMM/index\\_2f200c.html](http://www.upv.es/informa/info/DIMM/index_2f200c.html)
- [18]Dr. Sam J. Dahman, Developments in Nanocomposites for Barrier Applications, I Prime Workshop, UM, March 10, 2005.
- [19]Mortola J., “La industria Plástica del Ecuador”, Revista Integra, edición No. 2, 2005, Pág. 22-23
- [20]Aguilar, E., “Propiedades Anticorrosivos de un recubrimiento nanocompuesto de epoxica/amina/nanoarcillas”, Tesis de Ingeniería, FIMCP-ESPOL, 2006
- [21]Kunststoff., “Al quite de los avances”, Revista PlastUnivers de Interempresas, 2004