



## Incidencia de compuestos fluorocarbonados y nanopartículas en recubrimientos hidrofóbicos

**Autores:** Freddy Misael Romero Bailon  
Universidad de Guayaquil, **UG**  
[freddy.romerob@ug.edu.ec](mailto:freddy.romerob@ug.edu.ec)  
Guayaquil, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0003-2236-6313>

Kaima Linet Hernández Gil  
Universidad de Guayaquil, **UG**  
[kaima.hernandezg@ug.edu.ec](mailto:kaima.hernandezg@ug.edu.ec)  
Guayaquil, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-6390-4056>

Dolores Augusta Jiménez Sánchez  
Universidad de Guayaquil, **UG**  
[dolores.jimenezs@ug.edu.ec](mailto:dolores.jimenezs@ug.edu.ec)  
Guayaquil, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0003-2143-7263>

### Resumen

Los recubrimientos hidrofóbicos son de extensa amplitud en la industria debido a las barreras de protección que permiten alargar su tiempo de vida útil. La repelencia al agua es una alternativa de protección a condiciones de intemperie como la alta humedad, determinando su influencia en la superficie aplicada. El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar la incidencia de las nanopartículas y compuestos fluorocarbonados en función del ángulo de contacto y rugosidad a través de datos recolectados de revistas como Elsevier, SciELO, e información de trabajos de post grados de alto impacto en Google académico. Durante el proceso de análisis se tomaron como dato referencial el ángulo de contacto con el agua, con valores superiores a 90°, y rugosidades de 82 nm con nanopartículas y 0.43 nm en los fluoro carbonados. El carácter hidrofóbico del compuesto permitió una disminución en la rugosidad mediante el uso de compuestos fluoro carbonados, caso contrario ocurrió con la incorporación de nanopartículas. Sin embargo, el ángulo de contacto fue similar entre ambos.

**Palabras clave:** recubrimiento; hidrofobicidad; nanopartículas; fluorocarbonos.

**Código de clasificación internacional:** 2304.03 - Polímeros compuestos.

#### Cómo citar este artículo:

Romero, F., Hernández, K., & Jiménez, D. (2022). **Incidence of fluorocarbon compounds and nanoparticles in hydrophobic coatings**. *Revista Científica*, 7(23), 124-137, e-ISSN: 2542-2987. Recuperado de: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2022.7.23.6.124-137>

**Fecha de Recepción:**  
01-07-2021

**Fecha de Aceptación:**  
08-01-2022

**Fecha de Publicación:**  
05-02-2022



## Incidence of fluorocarbon compounds and nanoparticles in hydrophobic coatings

### Abstract

Hydrophobic coatings are widely used in the industry due to the protection barriers that extend their useful life. Water repellency is a protection alternative to outdoor conditions such as high humidity, determining its influence on the applied surface. The objective of this bibliographic review is to analyze the incidence of nanoparticles and fluorocarbon compounds depending on the contact angle and roughness through data collected from journals such as Elsevier, SciELO, and information from high-impact postgraduate works in academic Google. During the analysis process, the angle of contact with water was taken as referential data, with values greater than 90°, and roughness of 82 nm with nanoparticles and 0.43 nm in fluorocarbons. The hydrophobic nature of the compound allowed a decrease in roughness through the use of fluorocarbon compounds, otherwise it occurred with the incorporation of nanoparticles. However, the contact angle was similar between the two.

**Keywords:** covering; hydrophobicity; nanoparticles; fluorocarbons.

**International classification code:** 2304.03 - Composite polymers.

#### How to cite this article:

Romero, F., Hernández, K., & Jiménez, D. (2022). **Incidence of fluorocarbon compounds and nanoparticles in hydrophobic coatings.** *Revista Científica*, 7(23), 124-137, e-ISSN: 2542-2987.

Recovered from: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2022.7.23.6.124-137>

**Date Received:**  
01-07-2021

**Date Acceptance:**  
08-01-2022

**Date Publication:**  
05-02-2022



## 1. Introducción

En la industria, la aplicación de los recubrimientos hidrofóbicos, tienen una amplitud extensa en campos como envases o empaques de productos alimenticios, así como en acabados en la industria textil. Actúan como protectores que evitan la proliferación de microorganismos a causa del contacto con el agua creando una barrera al vapor de agua. Estos compuestos brindan propiedades de protección a los tejidos evitando la absorción de la humedad y auto protección a diferentes fluidos; y en superficies metálicas se evita el deterioro a causa de la corrosión generada por el exceso de humedad.

Para Abidi y Hequet (2004a): el uso de compuestos fluorocarbonados, aquellos que presentan enlaces carbono-flúor, permiten obtener una buena impermeabilidad a fluidos líquidos como el agua y el aceite. En este aspecto las fuerzas de tensión superficial que se ejercen entre un sustrato y las gotas de agua son contrarias entre sí para obtener una repelencia hacia el líquido; además de disminuir la energía en la superficie del sustrato. Es por esta razón que actualmente las resinas a base de estos compuestos permiten obtener mejores resultados en los acabados textiles.

En este sentido, Jiménez (2018): expone tomar en cuenta los estudios realizados donde demuestran que los compuestos perfluoroalquilados, en especial las cadenas de 8 carbonos como el ácido perfluorooctanosulfónico (PFOS) y el ácido perfluorooctánico (PFOA), generan una alta hidrofobicidad o alta repelencia en los tejidos. Sin embargo, son considerados como persistentes y difíciles de degradar debido al tipo de enlaces que se encuentran en su estructura molecular.

Según Villanueva (2009): es posible diferenciar tres tipos de nanocompuestos poliméricos lo cual depende de las dimensiones de las cargas a escala nanométrica que generan múltiples características funcionales a los materiales en la matriz polimérica como son las tridimensionales o también llamadas isodimensionales (esferas de sílice), bidimensionales



(nanotubos o whiskers) y las monodimensionales (nanocompuestos poliméricos laminares).

Señalan Choudalakis y Gotsis (2009): uno de los factores que se toma en cuenta en la producción de nanocompuestos poliméricos con características hidrofóbicas es la relación en peso de nanopartículas/matriz polimérica como punto crítico para que exista una correcta incorporación de ambos componentes, y así modificar las propiedades de la matriz.

Además, Urrejola, Soto, Zumarán, Peñaloza, Álvarez, Fuentesvilla y Haidar (2018): señala que otro de los factores importantes en el método de síntesis es en la interfaz del proceso. Durante la incorporación y dispersión de las nanopartículas en la matriz se determina su compatibilidad debido a la relación de tamaño entre la matriz polimérica y las nanopartículas. Así se evitan problemas de aglomeración lo cual disminuye las propiedades deseadas del nanocompuesto.

De acuerdo con lo señalado por Abidi y Hequet (2004b): menciona que otro factor influyente es la capacidad de disminuir la energía superficial que posee el nanocompuesto. En este aspecto las fuerzas de tensión superficial que se ejercen entre un sustrato y las gotas de agua son contrarias entre sí, para poder obtener una repelencia hacia el líquido, además de poder disminuir la energía en la superficie del sustrato.

Debido a la extensa amplitud que abarca el tema de los recubrimientos hidrofóbicos con distintas aplicaciones en la vida diaria, en esta investigación se recopilan trabajos cuyo objetivo es analizar la incidencia de las nanopartículas y compuestos fluorocarbonados en función del ángulo de contacto y rugosidad.

## 2. Metodología

La presente revisión bibliográfica se basó en datos recolectados de revistas como Elsevier, Scielo, e información de trabajos de post grados de alto impacto en Google académico. Se obtuvo información relevante de



diferentes aplicaciones de recubrimientos impermeabilizantes a partir de nanopartículas en materiales compuestos y adición de cadenas fluorocarbonadas de acuerdo con el objetivo planteado.

### 2.1. Recubrimientos hidrofóbicos

Mencionando a Cubillo (2019): los recubrimientos con características hidrofóbicas son compuestos que generan una protección invisible a simple vista al ser aplicadas en una superficie. Estos recubrimientos se los aplica de diferentes formas, ya sea, mediante la generación de capas o mediante impregnación en los poros de la superficie lo que genera una alteración en las fuerzas de tensión superficial que causa la repelencia.

### 2.2. Fluorocarbonos como agente hidrofóbico

Parafraseando a Montagut (2017): la capacidad hidrofóbica de compuestos que contienen flúor en su estructura molecular se basa en la baja interacción intermolecular, que genera una gran estabilidad entre los enlaces carbono-flúor. Por ello, provoca una disminución de la tensión superficial, característica propia de este tipo de compuestos. Las investigaciones realizadas en diferentes campos de aplicación utilizando compuestos fluorados, donde se identificó su incidencia en el ángulo de contacto y rugosidad, se resumen en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Influencia de compuestos fluoro carbonados en recubrimientos hidrofóbicos.

<i>Tipo de Recubrimiento obtenido</i>	<i>Compuesto</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Angulo de contacto con agua (°)</i>	<i>Rugosidad (nm)</i>	<i>Referencia</i>
Recubrimiento de poliuretano fluorado.	2,2,3,3-tetrafluoro-1-propanol (TFP)	Protección a la corrosión	130	---	Wang, Hu, Li, Zhang y Ding (2015)
Recubrimientos de poliuretanos fluorados.	Carbonato cíclico de perfluorooctilo (PFGC)	Protección a la corrosión y autolimpieza	106,8	0,43	Wu, Tang, Dai, y Qu (2019)

Poliacrilato fluorado para tejido de poliéster.	2,2,3,4,4,4 hexafluorobutil metacrilato C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> F <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	Látex de poliácrlato para tejidos	147,3	---	Sun, Zhao, Liu, Chen y Zhou (2018).
---	---	-----------------------------------	-------	-----	-------------------------------------

**Fuente:** Los Autores (2022).

### 2.3. Nanocompuestos con características hidrofóbicas

En la actualidad, Portillo (2018): señala que el estudio de las nanopartículas, como relleno de matrices poliméricas para la modificación de las propiedades del compuesto, abarca un sinnúmero de aplicaciones ya sea en textiles o de autolimpieza en diferentes superficies. Entre las propiedades más representativas están las enfocadas en el estudio de superhidrofobicidad con nanopartículas de dióxido de silicio y dióxido de titanio; modificadas con cadenas de siloxanos (Polidimetilsiloxano) como componente matricial para generar características hidrofóbicas. En las investigaciones realizadas en diferentes campos de aplicación, utilizando nanopartículas como relleno, se identificó su incidencia en el ángulo de contacto y rugosidad resumidas en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Influencia de las Nanopartículas en recubrimientos hidrofóbicos.

Tipo de Recubrimiento obtenido	Compuesto	Aplicación	Ángulo de contacto con agua (°)	Rugosidad (nm)	Referencia
Mezcla de Nanopartículas de SiO <sub>2</sub> o CaCO <sub>3</sub> incorporadas en ácido esteárico.	Nanopartículas de sílice.	Cubierta para aleaciones de aluminio	158 con SiO <sub>2</sub>	---	Jafari y Farzaneh (2012).
	Nanopartículas de carbonato de calcio.		- 160 con CaCO <sub>3</sub>		
Recubrimientos con nanopartículas de polianilina dopada con ácido perfluorooctanoico.	Nanopartículas de polianilina.	Protección a la corrosión	144,3	82	Chen, Fan, Su, Hong, y Lu (2021).
Recubrimiento a base de etanol y nanopartículas de dióxido de silicio	Nanopartículas de dióxido de silicio.	Cartón hidrofóbico	150	---	Ogihara, Xie, Okagaki, y Saji (2012).

**Fuente:** Los Autores (2022).



### 3. Resultados

En los datos obtenidos de los estudios experimentales del análisis de hidrofobicidad, se usaron compuestos fluorados y nanopartículas como refuerzo, los cuales demostraron la incidencia en la modificación de la energía superficial y rugosidad sobre el sustrato. Para incrementar el carácter hidrofóbico se utilizaron varios métodos experimentales.

Para recubrimientos fluorocarbonados, Sun, Zhao, Liu, Chen, y Zhou (2018a): con el método de dos etapas a temperatura de 70 a 80°C por 1 hora y 30 minutos se obtuvo una cubierta de poliacrilato fluorado para tejido poliéster. Lo expresado por Wang, Hu, Li, Zhang y Ding (2015a): mediante polimerización catiónica a temperatura ambiente permitió obtener un recubrimiento de poliuretano fluorado con propiedades anticorrosivas; quien coincidió con Wu, Tang, Dai y Qu (2019): con una mezcla al 2,5% en peso de PFGC en HDMA y curado a 120°C por 6 horas.

Sin embargo, para recubrimientos con nanopartículas, Jafari y Farzaneh (2012a): aplicaron el método de agitación magnética y ultrasonido en un tiempo de 45 minutos a temperatura de 30°C para superficies de aluminio anticorrosivas. Además, Chen, Fan, Su, Hong, y Lu (2021a): utilizó un proceso de ultrasonido por 1 hora en solución etanoica y agitación al 0,75 % en peso de solución en matriz epoxi. A su vez, Ogihara, Xie, Okagaki, y Saji (2012a): realizó recubrimientos para materiales celulósicos mediante agitación por 30 minutos de soluciones homogéneas al 2% en p/v a base de alcohol y nanopartículas y posterior tratamiento con ultrasonido por 20 minutos.

Los valores de los ángulos de contacto, evidenciados en el cuadro 1, superaron los 90° debido a la capacidad del átomo de flúor de poder migrar a la parte superior de la superficie y crear bajas energías superficiales. Así lo expresaron Sun, Zhao, Liu, Chen, y Zhou (2018b): con valores de 147,3° y 18,4 mN/m; Wang, Hu, Li, Zhang y Ding (2015b): con datos de 130 ° y 6,86 mN/m. Estos valores se encontraron por debajo de las 30 mN/m de energía



superficial, la cual fue considerada como baja presentando nula atracción hacia otras moléculas y permitiendo rugosidades bajas con acabado más uniforme además de un alto nivel de hidrofobicidad.

Sin embargo, los ángulos de contacto, mostrados en el cuadro 2, sobrepasaron los 90° debido a la alta rugosidad generada por la presencia de nanopartículas bien distribuidas en la matriz o medio de dispersión. Así lo demostró Chen, Fan, Su, Hong, y Lu (2021b): con rugosidad de 82 nm y ángulos de 144,3°; al igual que los resultados obtenidos por las investigaciones de Jafari y Farzaneh (2012b): con 158° a 160° y por Ogihara, Xie, Okagaki, y Saji (2012b): con 150° obteniendo niveles altos de rugosidad superficial.

#### 4. Conclusiones

La presencia de rugosidad en la generación de superficies hidrofóbicas a base de nanopartículas es mayor en comparación con la generada mediante compuestos fluoro carbonados, con un valor de 82 nm y 0.43 nm respectivamente. Sin embargo, los valores del ángulo de contacto fueron elevados tanto para las nanopartículas como para los compuestos fluoro carbonados, superando los 90°. En recubrimientos a base de nanopartículas influyó la alta rugosidad mientras que en fluoro carbonados, la baja energía superficial.

En la actualidad, la importancia de los recubrimientos con características de protección contra la humedad tiene múltiples aplicaciones en la vida cotidiana. Por tal razón se hace indispensable profundizar en el estudio de nuevas rutas de síntesis que permitan elevar o mantener el promedio del ángulo de contacto con el agua. El uso de distintas materias primas ya sea orgánicas e inorgánicas permitirán tener una estabilidad en el material como las evidenciadas por las nanopartículas de silicio y los compuestos con átomos de flúor en su estructura.



## 5. Referencias

- Abidi, N., & Hequet, E. (2004a,b). **Cotton fabric graft copolymerization using microwave plasma. I. Universal attenuated total reflectance FTIR study.** *Journal of Applied Polymer Science*, 93(1), 145-154, e-ISSN: 1097-4628. Recovered from: <https://doi.org/10.1002/app.20442>
- Chen, H., Fan, H., Su, N., Hong, R., & Lu, X. (2021a,b). **Highly hydrophobic polyaniline nanoparticles for anti-corrosion epoxy coatings.** *Chemical Engineering Journal*, 420(3), e-ISSN: 1385-8947. Recovered from: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130540>
- Choudalakis, G., & Gotsis, A. (2009). **Permeability of polymer/clay nanocomposites: A review.** *European Polymer Journal*, 45(4), 967-984, e-ISSN: 0014-3057. Recovered from: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2009.01.027>
- Cubillo, J. (2019). **Síntesis e industrialización de desencofrante hidrofóbico conteniendo sio2-ch3 para impermeabilización de estructuras civiles.** Tesis. Ciudad Real, España: Universidad de Castilla - La Mancha. Recuperado de: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/23638>
- Jafari, R., & Farzaneh, M. (2012a,b). **A simple method to create superhydrophobic aluminium surfaces.** *Materials Science Forum*, 706-709, 2874-2879, e-ISSN: 1662-9752. Recovered from: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.706-709.2874>
- Jiménez, A. (2018). **Microcontaminantes emergentes: PFOS y PFOA.** *Cuadernos del Tomas*, 10, 215-228, e-ISSN: 1889-5328. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6573034>
- Montagut, A. (2017). **Nuevos colorantes hidrofóbicos aplicados a la tinción de tejidos. Materiales modificados con nanopartículas de plata y antibióticos.** Tesis. ISBN: 9788449076152. Bellaterra, España: Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de:



<http://hdl.handle.net/10803/457905>

- Ogihara, H., Xie, J., Okagaki, J., & Saji, T. (2012a,b). **Simple method for preparing superhydrophobic paper: Spray-deposited hydrophobic silica nanoparticle coatings exhibit high water-repellency and transparency.** *Langmuir*, 28(10), 4605–4608, e-ISSN: 0743-7463. Recovered from: <https://doi.org/10.1021/la204492q>
- Portillo, L. (2018). **Hidrofobicidad de superficies poliméricas mediante inclusión de nanopartículas.** Tesis. Hermosillo, México: Universidad de Sonora.
- Sun, Y., Zhao, X., Liu, R., Chen, G., & Zhou, X. (2018a,b). **Synthesis and characterization of fluorinated polyacrylate as water and oil repellent and soil release finishing agent for polyester fabric.** *Progress in Organic Coatings*, 123(199), 306-313, e-ISSN: 0300-9440. Recovered from: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.07.013>
- Urrejola, M., Soto, L., Zumarán, C., Peñaloza, J., Álvarez, B., Fuentesvilla, I., & Haidar, Z. (2018). **Sistemas de Nanopartículas Poliméricas II: Estructura, Métodos de Elaboración, Características, Propiedades, Biofuncionalización y Tecnologías de Auto-Ensamblaje Capa Por Capa (Layer-by-Layer Self-Assembly).** *International Journal of Morphology*, 36(4), 1463-1471, e-ISSN: 0717-9502. Recuperado de: <http://doi.org/10.4067/S0717-95022018000401463>
- Villanueva, M. (2009). **Materiales nanocompuestos basados en polietileno y filosilicatos laminares obtenidos por mezclado en fundido. Estructura y propiedades.** Tesis. ISBN: 9788469290477. Castellón, España: Universidad de Jaume Castellón. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10803/10369>
- Wang, X., Hu, J., Li, Y., Zhang, J., & Ding, Y. (2015a,b). **The Surface Properties and Corrosion Resistance of Fluorinated Polyurethane Coatings.** *Journal of Fluorine Chemistry*, 176, 14-19, e-ISSN: 0022-



Artículo Original / Original Article

1139. Recovered from: <https://doi.org/10.1016/j.jfluchem.2015.04.002>

Wu, Z., Tang, L., Dai, J., & Qu, J. (2019). ***Synthesis and Properties of Fluorinated Non-Isocyanate Polyurethanes Coatings with Good Hydrophobic and Oleophobic Properties.*** *Journal of Coatings Technology and Research*, 16(5), 1233-1241, e-ISSN: 1547-0091.

Recovered from: <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00195-5>

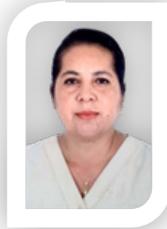
**Freddy Misael Romero Bailon**  
e-mail: [freddy.romerob@ug.edu.ec](mailto:freddy.romerob@ug.edu.ec)



Nacido en la provincia de Manabí, ciudad de Manta, Ecuador, el 28 de diciembre del año 1996. Realicé mis estudios secundarios en la Unidad Educativa Fiscal Vicente Rocafuerte con especialidad en Ciencias; Egresado de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil (UG); Realicé trabajo de investigación en la elaboración de nuevos materiales en proyectos de Desarrollo de biopolímeros con propiedades antimicrobianas FCICE 017; obtuve Certificado en Gestión de Recursos Peligrosos en IPSUM COURSE - Formación Continua y en Industrialización de alimentos en Lebens - Capacitaciones Cia, Ltda.

**Kaima Linet Hernández Gil**e-mail: [kaima.hernandezg@ug.edu.ec](mailto:kaima.hernandezg@ug.edu.ec)

Nacida en la Habana, Cuba el 7 de agosto del año 1992. Estudiante egresada de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil (UG); Participación activa en Congresos, Talleres, Cursos en el área de materiales; coautor de artículos científicos de impacto regional e internacional; Ganadora al Mejor Emprendimiento Verde, Suyana-Zapatos de biofibra de café en la Universidad de Guayaquil en el año 2021; Participante en Proyectos de Investigación desde el 2017 hasta la fecha; Colaboradora del Grupo de Investigación Ambiente, Sociedad y Empresa (ASE) de la Facultad de Ingeniería Química.

**Dolores Augusta Jiménez Sánchez**e-mail: [dolores.jimenezs@ug.edu.ec](mailto:dolores.jimenezs@ug.edu.ec)

Nacida en Ecuador, en la ciudad de Loja, Provincia de Loja el 19 de abril del año 1966. Ingeniera en Industrias Agropecuarias en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), en el año de 1991; Obtuve mi título como Especialista en Gestión de la calidad en la Universidad de Guayaquil (UG), en el año 2008; soy Magíster en Manejo Integral de Laboratorios de Desarrollo en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en el 2013; Actualmente me desempeño como Docente Investigador donde mis líneas principales de trabajo han sido: auditor líder en BPM, ISO 9000, ISO 22000, validación de técnicas de análisis, análisis de alimentos, empaques, celulosa e hidrocoloides.