



Reacciones químicas a pequeña escala:

una gran estrategia para la transformación del aceite de trementina

Investigadores de la UdeA y la UPB han desarrollado un reactor a escala milimétrica que permite aprovechar al máximo el aceite de trementina, utilizado en la producción de fragancias a partir de la obtención de nopol. Aquí nos cuentan cómo funciona un microrreactor y por qué este desarrollo es promisorio para la industria nacional.

Diana Carolina García Giraldo*

Ingeniera química, magíster en Ciencias Químicas, dianac.garcia1@udea.edu.co

Jorge Hernán Sánchez Toro**

Ingeniero químico, doctor en Ingeniería Química, jorgeh.sanchez@upb.edu.co

Juan David Martínez Arboleda**

Ingeniero químico, doctor en Ingeniería, juandavid.martinez@upb.edu.co

Edwin Alexis Alarcón Durango*

Ingeniero químico, doctor en Ciencias Químicas, edwin.alarcon@udea.edu.co

Aída Luz Villa Holguín*

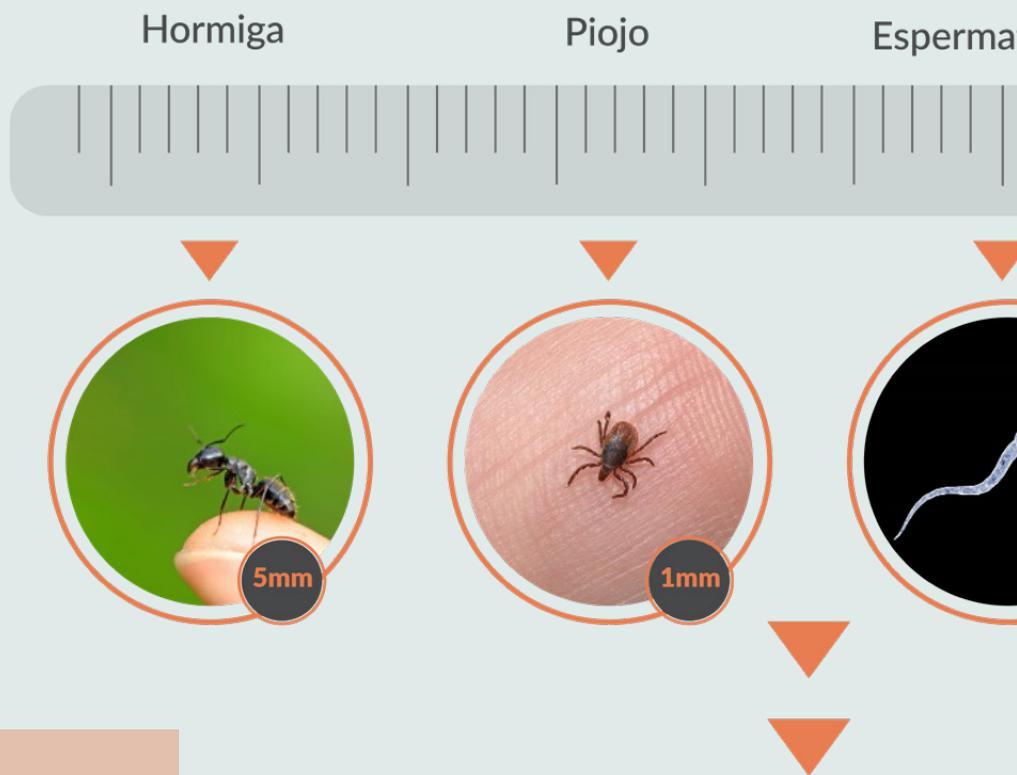
Ingeniera química, doctora en Ciencias Biológicas Aplicadas, aida.villa@udea.edu.co

*Integrante del Grupo de Investigación Catálisis Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.

**Integrante del Grupo de Investigación Pulpa y Papel, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín.



Fotografía: cortesía del Grupo de Investigación.



Si alguna vez te has ocupado de pintar tu casa sabrás que, además de pintura, brochas o rodillos, el disolvente es uno de los elementos que no puedes olvidar. El aceite de trementina es utilizado como disolvente de pinturas, pero también su transformación permite extraer componentes que pueden usarse en la producción de fragancias y diversos productos caseros. En Colombia se obtiene de árboles de pino en el parque Las Gaviotas, ubicado en la Orinoquía, donde la producción potencial de este aceite es de 2.3 millones de litros anuales. Sin embargo, la demanda de este en nuestro país, no solo para la producción de disolventes sino para otros de sus derivados, es mayor a la capacidad de producción; por eso una estrategia para aprovechar este recurso son las reacciones químicas.

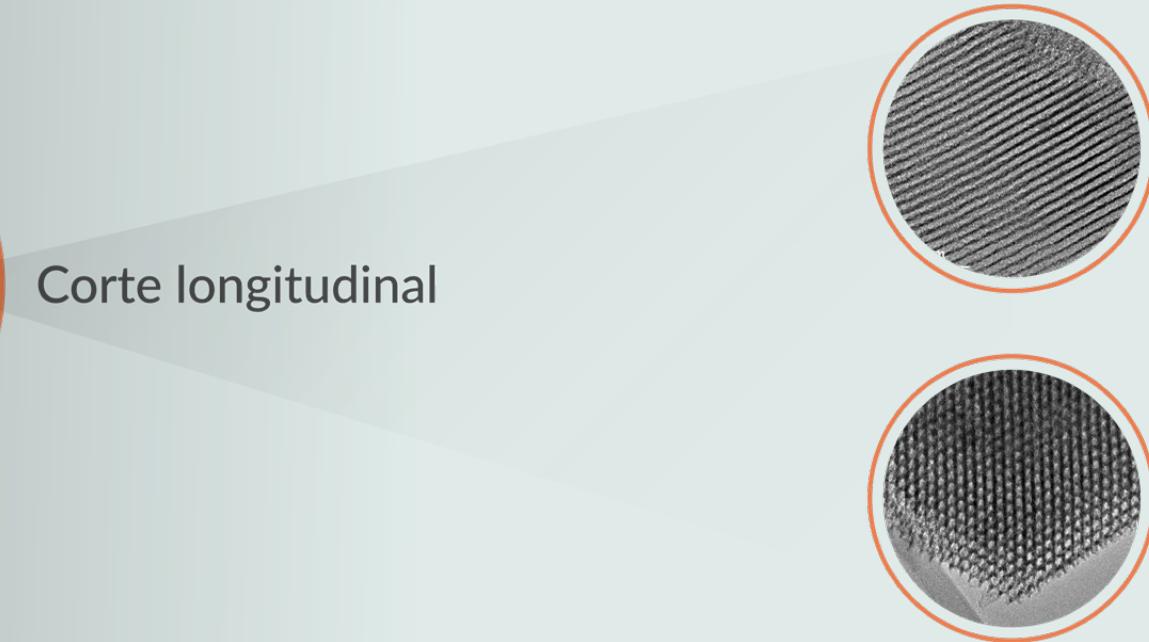
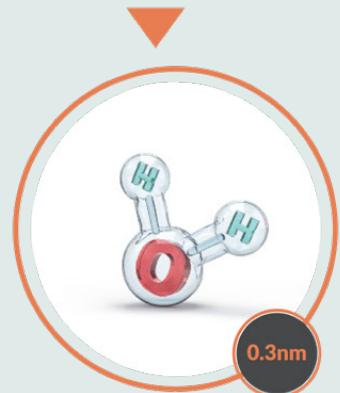
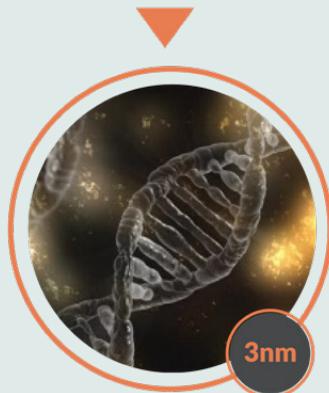
Microrreactor



Radio interno 750 micrómetros

Microscopía de la estructura de canales paralelos y forma panal de sólidos mesoporosos. Fotos: cortesía del proyecto.

tozoide Covid Molécula ADN Molécula de agua



Corte longitudinal

Imagen microscópica de la estructura de canales paralelos y forma panal de sólidos mesoporosos en el interior del microreactor

Las reacciones químicas permiten transformar unas sustancias en otras, para lo cual se usan recipientes denominados reactores, que pueden ser de diferente tamaño y forma. Cuando las dimensiones son alrededor o por debajo de 1 milímetro de diámetro se les denomina microrreactores y pueden encontrarse en forma de *microchips*, microcanales de acero inoxidable o simplemente tuberías.

Las aplicaciones de los microrreactores en la actualidad son numerosas, por ejemplo, en los análisis de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para la prueba de COVID-19, la producción de medicamentos y en la generación de energía nuclear. Se estima que en el futuro pueda haber muchas más aplicaciones, ya que es un campo de estudio relativamente nuevo.

Cuando los reactores son de flujo continuo, como los microrreactores, se facilita la transformación bajo condiciones controladas, esto quiere decir que se obtienen productos de manera constante con una alta reproducibilidad y con la menor intervención humana posible.

Desde el Grupo Catálisis Ambiental, de la Universidad de Antioquia, y el Grupo de Pulpa y Papel, de la Universidad Pontificia Bolivariana, hemos explorado el uso de microrreactores para obtener el nopol, un alcohol de uso en la industria de aromas. Para la obtención de nopol se utiliza uno de los componentes del aceite de trementina y formaldehído que es una sustancia utilizada en la conservación de tejidos y como reactivo en las industrias que producen polímeros.

Para que esta transformación sea más rápida se utilizan sólidos denominados catalizadores. Estos materiales pueden ser metales como el estaño, oro, platino, titanio, níquel, o la misma luz. Para obtener nopol se han usado sólidos mesoporosos a los que se les ha adicionado estaño para obtener mejores catalizadores. El sólido mesoporoso tiene a nivel microscópico un arreglo tipo panal y de canales paralelos. Mediante varias etapas, los sólidos a los que se les ha adicionado estaño se soportan en las paredes del tubo del microrreactor para que cuando fluya el componente del aceite de trementina y el formaldehído se produzca nopol por la presencia del catalizador.

Los microrreactores que se han desarrollado en el laboratorio de investigación de Catálisis Ambiental son tubos de acero inoxidable de 1.5 mm de diámetro interno. En él se encuentra un recubrimiento de soporte de catalizador de tan solo 20 micrómetros, y en la superficie de este se deposita estaño. Para generar el recubrimiento de sólido mesoporoso se debe preparar una suspensión uniforme, la cual está formada básicamente por agua, sólido y aditivos. Una vez se tiene lista la suspensión es inyectada por los tubos y se retira el exceso con un flujo de aire. Este recubrimiento es tan delgado que puede ser comparado con una capa de pintura.

El microrreactor se puede observar en diferentes escalas, el tubo de acero inoxidable en una escala de 10^{-3} m (mm o milímetros), el espesor del recubrimiento en una escala de 10^{-6} m (μm o micrómetro), y por último se observa la superficie del recubrimiento de sólido mesoporoso que presenta unos canales en una escala de 10^{-9} m (nm o nanómetros). Es decir, que en este trabajo podemos encontrar tres escalas de magnitud que van desde los milímetros hasta los nanómetros.

Al implementar microrreactores en flujo continuo se requiere la incorporación de líneas de flujo, las cuales son tuberías que conducen los reactivos y productos hacia y fuera del microrreactor.

Pero en el caso de la producción de nopol es necesario incluir un paso previo a la reacción: la generación de formaldehído, el cual no se encuentra disponible comercialmente de forma pura debido a que es un compuesto muy inestable y a condiciones atmosféricas reacciona con él mismo y forma diferentes compuestos. Para generar formaldehído se requiere un cilindro que es calentado a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que tiene en su interior el polímero de formaldehído.

Uno de los grandes atractivos de llevar a cabo procesos en flujo continuo es la posibilidad de conectar la salida del microrreactor por medio de líneas de flujo a sistemas que se encargan de analizar de manera continua los productos obtenidos. Estos equipos de análisis pueden indicar la concentración de la sustancia y en algunos casos identificarlas, todo esto en tiempo real, es decir, a medida que va ocurriendo la reacción.

Los resultados de la construcción, análisis y seguimiento de la reacción en un microrreactor dan pie para tener un mayor entendimiento del proceso de transformación del aceite de trementina en nopol y con la posibilidad de llevarlo a mayor escala para aumentar las cantidades de producción. Adicionalmente, se tiene mayor capacidad de entender el funcionamiento de la tecnología de microrreactores con un gran potencial para los futuros desarrollos de la industria química del país. X

Glosario

Microscopía: observación de un objeto muy pequeño bajo grandes aumentos.

Poro: cavidad de los sólidos que se presentan en diferentes tamaños (macro, meso, micro).

Sólido mesoporoso: material que a nivel microscópico presenta poros de tamaño entre 2 y 50 nanómetros.

Suspensión: mezcla heterogénea de sustancias compuesta por un sólido fino disperso en un líquido.