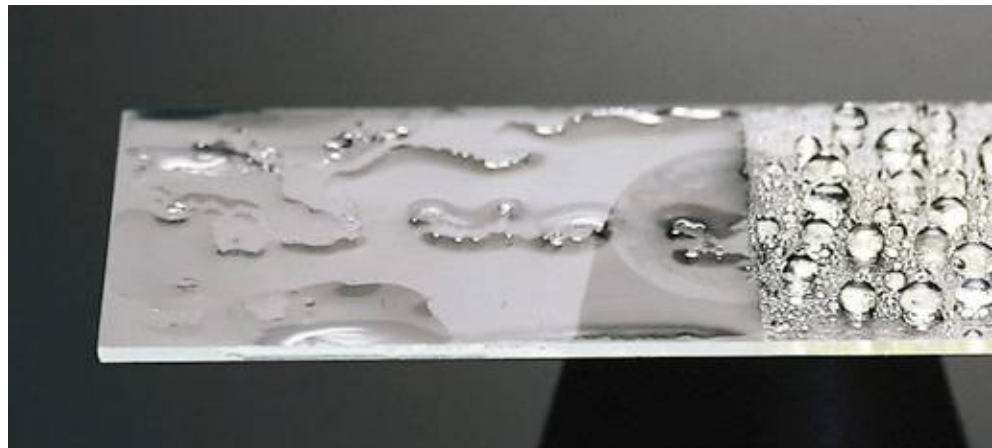


# Comprender la física de las manchas de café

Cuando una gota de café cae sobre un mantel, deja tras secarse, una huella con un cerco alrededor, oscuro por el exterior y más claro hacia el centro. Este hecho que parece algo cotidiano, no lo es tanto. Detrás del proceso de evaporación y secado de un fluido complejo (es decir, una suspensión de partículas minúsculas) hay todo un complicado sistema de fenómenos físico-químicos. Conocer cómo se produce este proceso de evaporación y los patrones que forman la mancha, es el objetivo principal del proyecto de investigación, incentivado con 196.068 euros por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía, del departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada.



Centro:  
Universidad de Granada

Área:  
FQM

Código:  
FQM 2517

Nombre del proyecto:  
Fluidos complejos confinados en interfaces curvas.

Contacto:  
Miguel Angel Rodríguez Valverde  
marodri@ugr.es

Dotación:  
196.068 euros

Cada mancha tiene una morfología diferente y es el resultado de la dinámica de secado, el cuál está sujeto a numerosas variables. Con el proyecto *Fluidos complejos confinados en interfaces curvas*, el grupo de investigación liderado por Miguel Ángel Rodríguez Valverde de la Universidad de Granada, busca determinar cuáles son estas variables. “Una mancha de una suspensión de partículas puede adoptar formas diferentes -indica Rodríguez Valverde-, el patrón resultante después del secado depende de factores como el tamaño de las partículas, de su concentración o de su carga eléctrica. Según todas estas variables se formará un patrón u otro. De esto trata el proyecto, de entender por qué cada mancha, tras estar sometida a unas variables determinadas, tiene un patrón diferente o incluso no existe patrón”. Una vez que se conoce y entiende cómo se produce este fenómeno, los científicos pueden aplicar sus conocimientos sobre el secado de fluidos complejos a varios

sectores tecnológicos como la biomedicina (por ejemplo, la técnica de desecación de líquidos se emplea en las pruebas rápidas de diagnóstico inmunológico) o la industria de los recubrimientos (pinturas, adhesivos, etc.).

Dentro de una simple gota de café o tinta, se encuentran unas minúsculas partículas suspendidas en el medio acuoso. Estas partículas se denominan coloides y tienen un tamaño muy reducido que puede variar desde las decenas de micras (medida de longitud que supone la millonésima parte de un metro) hasta la micra. Por debajo de la micra, las partículas se denominan nanoscópicas o nanopartículas.

La mancha de un fluido complejo tras su desecación depende de cómo se organizan las partículas sobre el sustrato, según las condiciones ambientales y las propiedades de las partículas y el sustrato. En este proyecto se busca analizar el efecto de diferentes variables que influyen en el acomodo de las nanopartículas



tras la evaporación de la gota que las contiene. La primera variable es su naturaleza, en este caso se estudian partículas de sílices y poliméricas. La segunda es su tamaño que va desde 20 nanómetros hasta 200 nanómetros. La tercera es la carga eléctrica de esa partícula en medio acuoso que variará según el pH, que mide la acidez del medio donde se encuentre. La cuarta variable es la concentración de partículas, que en este proyecto se aumentará hasta un máximo de 2% en peso.

Los investigadores granadinos



empiezan por observar el proceso de evaporación del fluido complejo de forma natural, libremente. “Formamos gotas de las suspensiones de partículas con distintas propiedades y las dejamos evaporar libremente, en el laboratorio, a una temperatura fija y a su ritmo”, explica Rodrí-

Las partículas coloidales juegan un papel trascendental en el caso de las pinturas acrílicas, desarrolladas en la primera mitad del siglo XX. Para obtener un buen resultado, esto es, una pared sin manchas, las partículas de látex que componen la pintura tienen que estar ordenadas de una forma predeterminada. El látex es un polímero presente en muchas fórmulas de pinturas, recubrimientos y adhesivos. La principal característica de las pinturas acrílicas es su secado rápido, aunque al principio se pueden diluir en agua, una vez secadas son resistentes a la misma.

guez Valverde. El proceso de secado puede durar poco más de una hora, según el tamaño de la gota. Una vez secada, la mancha resultante se visualiza en el microscopio y se puede comprobar el patronado específico que se ha formado en esa evaporación libre, para posteriormente, compararla con una gota que se ha evaporado forzosamente.

## Imitando a la naturaleza

Una gota evaporándose libremente está sujeta a numerosas variaciones. Le afecta la humedad, las imperfecciones de la superficie sólida y esto hace que los resultados no sean reproducibles y cada vez se obtenga un resultado distinto. Para superar este inconveniente y avanzar en sus investigaciones, los integrantes del proyecto, han ideado una técnica que han denominado “evaporación asistida”. Consiste en quitarle volumen a la gota a partir de un agujero efectuado en la superficie del sustrato, por el que, a través de unos tubos conectados a un microinyector, se va reduciendo el tamaño de forma controlada. Con esta técnica, el ritmo de pérdida de volumen, aunque no sea el de una gota evaporada libremente, imita muy bien al que sufriría una partícula coloidal dentro de la gota. La evaporación asistida les permite, a estos científicos, contar con un punto de partida reproducible para poder, posteriormente, comparar el efecto de las distintas variables, en los diferentes casos a estudiar.

El segundo paso a dar en esta investigación es el de aislar variables. Aunque la evaporación de una gota de líquido parezca algo cotidiano, esconde mecanismos físicos muy complejos. Aislar las variables que afectan a la evaporación, según estos investigadores, es complicado. Para conseguirlo se opta por imitar la evaporación pero no a una escala

tan larga como ocurre libremente, sino controlando el proceso en el laboratorio. Una gota de 200 microlitros tarda una hora en evaporarse, para acelerar este proceso, se le quita volumen a través de un sistema de inyectores, de manera controlada, lentamente, a una escala menor de tiempo, del orden de minutos. “Lo que tratamos con esto –explica Valverde– es imitar lo que le pasa a una gota al evaporarse para que las partículas que están en su interior sigan haciendo lo que tienen que hacer, pero lo vamos a hacer a una escala de tiempo mucho más práctica y de una manera más controlada.”

### Importancia de la superficie

Aparte de las cuatro variables elegidas para ser estudiadas en este proyecto y que afectan a las partículas, hay que sumarle una más pero que está relacionada con el sustrato donde está depositada la gota. El secado de gotas de suspensiones coloidales no depende sólo de las condiciones ambientales, influye también el tipo de sustrato donde se “pose” la gota de líquido, lo que también determinará que se evapore más o menos rápido y el movimiento de la gota. En este proyecto, se eligen aquellos que sirvan de modelo, como metacrilato, vidrio y titanio. Se trata de superficies sin apenas rugosidad, escogidas para el estudio con el fin de que no haya efectos añadidos. Según donde se ubique la gota puede variar el comportamiento de las partículas, como explica el responsable de la investigación “el sustrato puede estar cargado de una manera u otra dependiendo del pH, pero no hay que tener en cuenta un aspecto muy importante, el mojado. Esto es que una gota, incluso de agua pura, sobre vidrio, titanio o metacrilato no se comporta igual, moja distinto y eso dictará la evaporación o que exista o no patronado”.

Interpretar una mancha de un fluido corporal en diagnósticos médicos, obtener un documento nítido impreso a tinta o pintar una pared sin imperfecciones dependen de comprender fenómenos físicos como el de la evaporación de fluidos complejos. Física aplicada a la vida cotidiana.