

Un sensor descartable de bajo costo y fácil de usar, hecho de cartulina con el agregado de partículas de oro, podría convertirse en una herramienta útil para controlar la calidad del agua que consume la población. Este dispositivo de análisis, que se encuentra en su etapa final de desarrollo, fue diseñado por el equipo del químico Thiago Regis Longo Cesar da Paixão, del Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (IQ-USP) y coordinador del Laboratorio de Lenguas Electrónicas y Sensores Químicos de la misma institución, en Brasil. La investigación, con el apoyo de la FAPESP, dio lugar a un artículo que salió publicado a principios de este año en la revista científica *Sensors & Diagnostics*. El grupo está elaborando una solicitud de patente del proceso de fabricación.

“La producción de sensores de bajo costo que puedan distribuirse por todo Brasil permite que se pueda controlar en tiempo real el agua provista a la población. Los datos recabados pueden orientar el diseño de políticas públicas por los organismos gubernamentales y ayudarlas en la toma de decisiones a las empresas potabilizadoras”, subraya Longo Cesar da Paixão. El costo estimativo del sensor, sujeto a confirmación, es de 0,50 reales.

El proceso de fabricación del dispositivo, un pequeño rectángulo de cartulina o cartón delgado que mide 15 milímetros (mm) de ancho por 20 mm de largo y 1 mm de espesor, está prácticamente libre de los reactivos químicos usualmente empleados en la fabricación de sensores, y es casi totalmente automático. Además de la cartulina, que podrá ser producto de un proceso de reciclado, los insumos utilizados por los investigadores incluyen cola adhesiva, un aerosol impermeabilizante y un pequeño volumen de una solución de oro (30 microgramos). Un láser de dióxido de carbono (CO₂) aplicado sobre la cartulina se encarga de generar las pistas conductoras, la base de los electrodos de detección. La solución de oro se añade a las pistas y, a continuación, se aplica nuevamente un láser que sintetiza las nanopartículas de oro (véase la infografía al lado).

“Las nanopartículas mejoran el desempeño del dispositivo”, explica el investigador. “El sensor mide la corriente eléctrica procedente de una reacción electroquímica que tiene lugar en la superficie conductora al aplicarle un voltaje. Cuanto mayor es la concentración de la sustancia química que se desea identificar en la muestra de agua dispuesta sobre el sensor, mayor será la corriente generada”. El potencial eléctrico que ha de aplicarse en el electrodo central para que el dispositivo

TEST DE

CALIDAD

Un sensor de cartulina modificada con partículas de oro podría ayudar a controlar la calidad del agua que consume la población

Yuri Vasconcelos

Un láser de dióxido de carbono incide sobre el cartón creando una pista conductora que dará origen a los electrodos del sensor



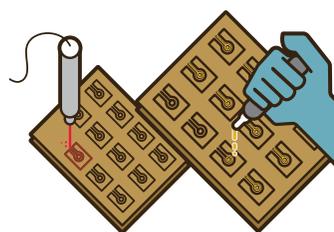
CÓMO SE FABRICA EL NUEVO SENSOR

El proceso está automatizado casi por completo y demora unos 5 minutos en completarse



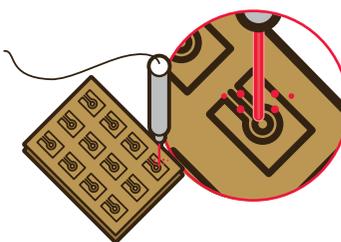
1 PREPARACIÓN DE LA CARTULINA

Se unen con cola dos hojas de papel de estraza y se las coloca en una prensa térmica. Se aplica un aerosol impermeable de barniz blanco para evitar que el papel absorba la solución de la muestra durante la realización de las mediciones



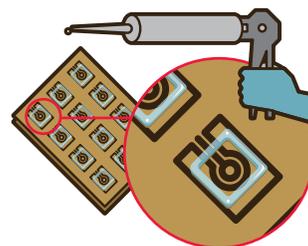
2 CREACIÓN DEL ELECTRODO DE DETECCIÓN

Un láser de dióxido de carbono aplicado al papel convierte la celulosa en carbono y crea una pista conductora que da origen a tres electrodos de detección. Se le añade una solución de oro a la pista



3 SÍNTESIS DE LAS NANOPARTÍCULAS

Se aplica nuevamente un láser para sintetizar las nanopartículas de oro. En este proceso, los iones de oro se convierten en oro metálico a partir de la energía del láser



4 IMPERMEABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE

Se deposita un pegamento de silicona sobre la superficie del sensor con el propósito de crear una barrera para confinar la solución de la muestra de agua durante el proceso de detección

FUENTE THIAGO REGIS LONGO CÉSAR DA PAIXÃO (IQ-USP)

funcione es de 0,2 voltio (V), inferior al de una pila pequeña del tipo AAA (1,5 V).

El hecho de que pueda fabricarse sin manipulación humana le confiere ventajas. “En el laboratorio, solemos seguir una serie de etapas manuales para la elaboración de los sensores. Esto hace que los dispositivos no tengan tanta reproducibilidad. Cuando empleamos máquinas, como la que emite el láser, evitamos esta intervención artesanal en el proceso de fabricación del dispositivo”, relata Longo Cesar da Paixão.

El químico Wendell Karlos Tomazelli Coltro, director del Instituto de Química de la Universidad Federal de Goiás (IQ-UFG), quien no participó en el estudio, coincide. “La tecnología basada en el uso de un láser es muy atractiva pues permite escalar la producción con alta reproducibilidad”, analiza. Para Tomazelli Coltro, el dispositivo presenta un alto nivel de innovación. “El equipo de la USP ha sido pionero en la apuesta por el uso del láser para producir sensores de cartulina. El uso de este material hace que el dispositivo sea sostenible y permite su fabricación en cualquier lugar del mundo”, dice.

En las pruebas de laboratorio para evaluar el funcionamiento del sensor, los investigadores utilizaron hipoclorito de sodio como prueba de concepto. Esta sustan-

cia, conocida popularmente como cloro, se utiliza como desinfectante en el agua de las piscinas. En concentraciones elevadas, puede ser perjudicial para la salud. El nivel máximo de cloro libre permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en las piscinas es de 3 a 5 partes por millón (ppm). En el estudio realizado en el Instituto de Química, según el artículo publicado en *Sensors & Diagnostics*, se pudieron detectar hasta 0,50 ppm de hipoclorito de sodio en el agua.

Para identificar otras especies químicas en muestras de agua habría que adaptar la plataforma; el término especie química se refiere a las diversas formas en que se encuentran las sustancias químicas en la naturaleza, tales como átomos, moléculas o iones. “Hemos proyectado sensores para medir metales tóxicos, pesticidas y fármacos, así como otras especies de interés ambiental, como nitritos y nitratos”, dice el investigador de la USP. Habría que diseñar un sensor específico para cada sustancia, pero existe la posibilidad de ensamblar una secuencia de sensores para detectar simultáneamente varias sustancias.

Por el momento, solamente se ha creado el sensor, pero los investigadores de la USP afirman que están en condiciones de proyectar el sistema completo, que in-

cluye el dispositivo que lee los datos, por ahora sin estimación de costos. También es posible utilizar un modelo de lector portátil disponible en el mercado, algo similar a lo que se hace actualmente con las tiras para medir los niveles de glucosa en sangre, que se insertan en unos instrumentos llamados glucómetros.

El paso siguiente de la investigación consiste en el diseño de un plan piloto para probar el sensor a gran escala en los domicilios, labor a cargo de usuarios no entrenados. El ensayo con la población ayudará a perfeccionar el dispositivo. En una fase posterior, el grupo pretende encontrar a una empresa interesada en producir comercialmente el sensor.

“Ya existen conversaciones en curso”, revela Longo Cesar da Paixão, puntualizando que la búsqueda de sensores de cartulina o de conjuntos de estos dispositivos para comprobar la calidad del agua en tiempo real no es algo exclusivo de Brasil. Las *startups* LAIIER, en Londres (Inglaterra), iFlux, en Niel (Bélgica), y OmniVis, en San Francisco (EE. UU), según informa el investigador, también están trabajando en el diseño de dispositivos de este tipo. ■

El proyecto y el artículo científico consultados para la elaboración de este reportaje figuran en la versión online de la revista.