

# *Saccharomyces cerevisiae*, del vino a los sensores electroquímicos

**Isabel Acevedo Restrepo**

Química, doctora en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.

**Lucas Blandón Naranjo**

Químico, doctor en Ciencias Químicas.

Integrantes de la Línea Electroquímica del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares –GIEM–,  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia

El GIEM ha diseñado un sensor electroquímico que permite medir la levadura que nos ha dado el vino, la cerveza y el pan, pero que además nos ha ayudado en el diseño de medicamentos y otras aplicaciones. Aunque parezca simple, el sensor es un desarrollo tecnológico que abre puertas para el estudio del comportamiento de *Saccharomyces cerevisiae* empleando nuevas metodologías.

# res



Células de levadura dispuestas sobre nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados después de modificar el electrodo de carbono impreso.  
Foto cortesía del proyecto.

# E

n días difíciles cuando una diminuta criatura, imperceptible a simple vista, ha sembrado el terror y el caos en todo el planeta y nos ha obligado a replantear nuestra cotidianidad, vale la pena resaltar la labor de aquellos microorganismos que, por el contrario, nos han facilitado la existencia.

Dentro de ese universo microscópico sobresale una levadura: *Saccharomyces cerevisiae*. Ella podría ser considerada la reina entre las más de 1500 especies de levadura (de las cuales aproximadamente un 80 % poseen aplicaciones biotecnológicas), pues es conocida precisamente por su amplio uso en diferentes bioprocesos y por su estrecha relación con los humanos. Desde épocas remotas hemos estado utilizando este microorganismo ovalado en la preparación de deliciosos elixires como el vino y la cerveza, exquisitos alimentos como el pan, o en aplicaciones más complejas y sofisticadas como en la producción de proteínas y precursores para la elaboración de medicamentos.

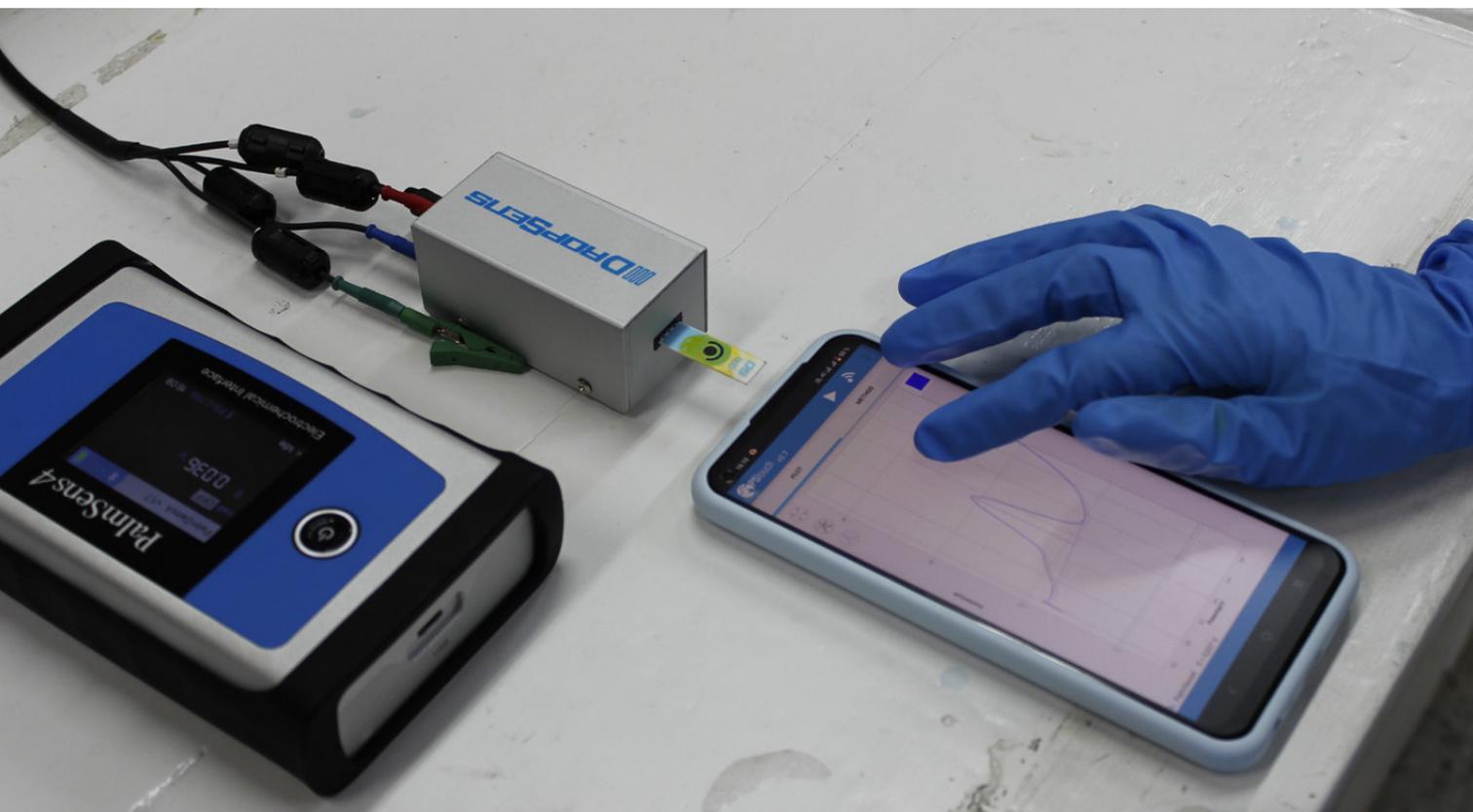


Foto: cortesía del proyecto.

Tal ha sido la importancia de *Saccharomyces cerevisiae* que incluso algunos antropólogos han llegado a considerar la producción de bebidas alcohólicas como la causa por la cual el hombre primitivo decidió establecerse y convertirse en agricultor cuando, hace aproximadamente unos 6000 años a. e. c. unos recolectores curiosos probaron el contenido de recipientes de cosecha en los que las uvas se fermentaron espontáneamente, y desde entonces prefirieron continuar consumiendo las uvas transformadas en aquel delicioso elixir y disfrutar de sus agradables efectos, por lo que la fermentación prevaleció y se desarrolló a través de diferentes generaciones y en distintas culturas. Durante el periodo 4000 - 2000 a. e. c. los egipcios descubrieron cómo hacer pan con levadura; si bien para la época no se tenía claro cómo se llevaban a cabo las fermentaciones, ahora se sabe que es *Saccharomyces cerevisiae* la responsable de estos procesos bioquímicos.

Este microorganismo benéfico perteneciente al reino *Fungi* y a la familia de los ascomicetos, con forma elipsoide y cuyo tamaño oscila entre los 5 - 10 milímetros, está en constante interacción con nosotros y lo podemos encontrar en diferentes ambientes (en el suelo, en los árboles, en las plantas, en las frutas); también ha sido, de lejos, la eucariota

más estudiada, por lo que ha servido para comprender la biología de este tipo de células.

*Saccharomyces cerevisiae* es de gran interés biotecnológico ya que no solo facilita la fermentación para la preservación de alimentos, sino que también es clave para el desarrollo de diferentes bioprocesos, facilitando la obtención de productos de alto valor agregado como proteínas, aminoácidos, antibióticos, vacunas, células, aditivos para alimentos, biopesticidas, o biocombustibles; es de gran utilidad para reconocer los mecanismos de ciertas enfermedades, formulaciones fitosanitarias, biorremediación, bio-

control, así como en la producción de enzimas y diferentes sustancias químicas. Además, ha favorecido avances importantes en diferentes campos como la biología celular, la ingeniería genética y la bioquímica.

Dada la cantidad de aplicaciones que posee esta levadura, es importante saber aspectos sobre su comportamiento durante los bioprocesos, con el fin de garantizar el buen desarrollo y desempeño de estos, lo que implica diseñar técnicas que permitan su control y monitoreo. Y si bien existen muchas metodologías para estos fines, es precisamente allí cuando *Saccharomyces cerevisiae* pasa de los toneles a los sensores electroquímicos.

## El reto de medir un ser vivo minúsculo

Un sensor electroquímico es un dispositivo que permite relacionar la presencia de una sustancia con una variable que puede ser de corriente eléctrica, voltaje o conductividad. Los sensores electroquímicos son herramientas analíticas conformadas por un electrodo de trabajo como elemento de transducción (el proceso de cambiar una señal de respuesta por un valor interpretable por una persona, como un termómetro digital que recibe una señal térmica y la transforma en un impulso eléctrico que se «traduce» en un número en grados Celsius), y un elemento de reconocimiento químico o biológico. La interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito de interés, da lugar a un cambio químico que es traducido por el elemento de transducción en una señal eléctrica, que puede ser monitoreada a través de diferentes técnicas electroanalíticas. Un ejemplo de este tipo de dispositivos es el medidor de glucosa en sangre, que correlaciona el contenido de esta molécula con la corriente generada por su reacción sobre el sensor. Esta corriente se traduce en un valor numérico que nos permite conocer si los niveles de glucosa son adecuados o si, por el contrario, debemos tomar medidas especiales para controlarlos.

La versatilidad de los sensores electroquímicos los hace muy ventajosos puesto que ofrecen muchas opciones: posibilitan realizar mediciones descentralizadas, sensibles, selectivas, rápidas, a bajo costo, sin necesidad de hacer complicados pretratamientos de muestra; y el tamaño de la muestra es pequeño, incluso del orden de microlitros ( $\mu\text{L}$ ), lo que minimiza costos, además del uso de reactivos y materiales contaminantes.

Ahora bien, los sensores electroquímicos usualmente se diseñan para la medición de sustancias químicas (glucosa, oxígeno, dopamina, etc.), pero la medición de microorganismos es otra cosa ¡porque son seres vivos! El reto entonces es imaginarse cómo puede un microorganismo ser el causante de una reacción química que dé como resultado una respuesta eléctrica que pueda ser medida y correlacionada con la presencia de este. Esto parece complicado, pero si tenemos en cuenta que todos los seres vivos somos un reactor que produce miles de millones de reacciones químicas por minuto, tiene sentido que algunas de estas sustancias químicas puedan ser medidas por el sensor y a su vez, ser correlacionadas con la cantidad de microorganismos presentes en un medio.

## Un sensor a la medida de una levadura

La idea de estudiar un microorganismo desde el punto de vista electroquímico, surgió gracias a experiencias de trabajos realizados en la línea de Electroquímica del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares —GIEM—, en los cuales fue posible determinar, mediante el diseño de sensores electroquímicos, moléculas biológicas como el NADH, una biomolécula presente en unos 300 procesos metabólicos entre los que se encuentran las fermentaciones etanólicas y la respiración; y la manguiferina, uno de los principales metabolitos que se encuentran en el mango y que tiene propiedades antioxidantes.

El electrodo de trabajo puede ser de diferentes materiales, configuraciones y tamaños. Actualmente se destacan los electrodos impresos (SPE), los cuales son desarrollados a partir de la impresión de diferentes materiales, como por ejemplo grafito, sobre un sustrato que generalmente es plástico o cerámico; el electrodo resultante integra los elementos

necesarios para llevar a cabo las determinaciones electroquímicas sobre una misma plataforma. Los SPE se han convertido en una alternativa electroquímica llamativa por su versatilidad y múltiples ventajas como la facilidad de disposición, simplicidad, respuesta rápida, portabilidad, alta sensibilidad, capacidad para operar a temperatura ambiente, no requieren pulidos previos, son desechables, por mencionar solo algunas ventajas. En general, el éxito de los SPE reside en la posibilidad de combinar su facilidad de modificación, operación y portabilidad, con metodologías electroquímicas económicas y sencillas.

Para modificar los electrodos, existen distintos elementos de reconocimiento, entre los que se destacan los nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados, ya que por sus características fisicoquímicas mejoran la inmovilización y la reactividad química de biomoléculas, además de incrementar la sensibilidad y promover la transferencia de electrones. La modificación de los electrodos de trabajo se realiza con el fin de conferir selectividad, sensibilidad, mejorar los límites de detección y cuantificación, e incluso obtener señales de especies que en principio no son electroactivas.

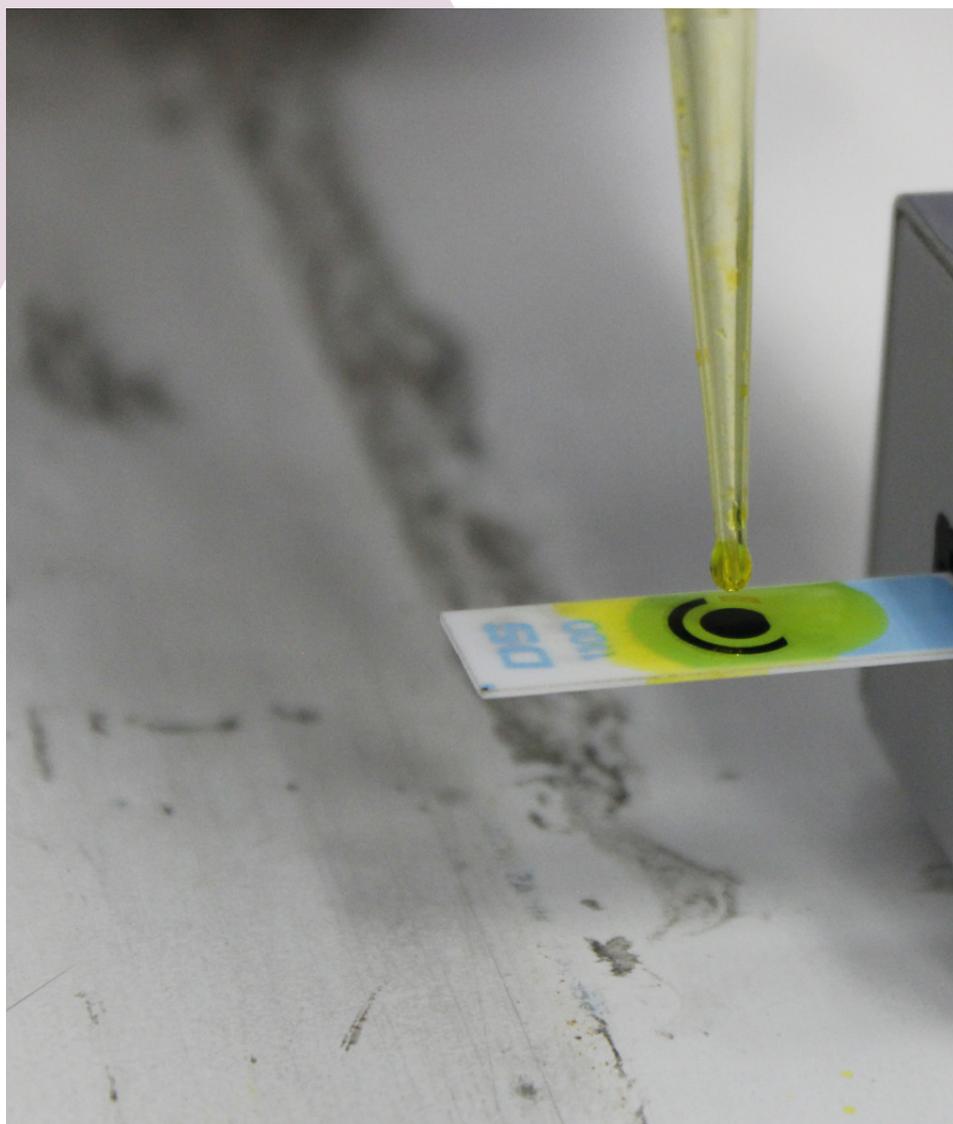


Foto: cortesía del proyecto.



Dentro del proyecto «Estudio Electroquímico de Fermentaciones de Interés Industrial», llevado a cabo en el grupo GIEM, se utilizó un electrodo de carbono impreso, cuya superficie fue modificada mediante la adición de nanomateriales carbonáceos y Nafion® (un polímero sintético con propiedades iónicas), lo cual permitió obtener una señal eléctrica indicadora de la presencia de la levadura, mostrando que el método electroquímico puede ser una alternativa válida, especialmente si se tiene en cuenta la sencillez y rapidez del método, frente a otras metodologías habitualmente empleadas para cuantificar levadura.

Estos resultados, además de ser útiles desde el punto de vista del control y monitoreo de bioprocesos, son muy interesantes si tenemos en cuenta que las determinaciones electroquímicas usualmente se realizan a moléculas orgánicas o inorgánicas, pero este resultado da cuenta de que también es posible estudiar el comportamiento de entidades vivas como es el caso

de *S. cerevisiae*, lo cual es muy prometedor para esa gran cantidad de procesos en los que el trabajo con microorganismos, específicamente con *S. cerevisiae*, es de interés.

Entretanto, mientras que vamos estudiando el comportamiento de *Saccharomyces cerevisiae* de forma aislada y durante bioprocesos, como por ejemplo las fermentaciones etanólicas, haciendo uso del sensor electroquímico diseñado y de técnicas electroanalíticas, disfrutemos de un buen libro y una deliciosa copa de vino. ✕

#### Glosario:

**Bioproceso:** proceso en el que intervienen microorganismos vivos para que se den cambios físicos o químicos.

**Analito:** sustancia química que puede detectarse, identificarse o cuantificarse cuando se realiza el análisis químico de una muestra específica.

**Electrodo de trabajo:** lugar donde ocurre la transferencia de electrones en una reacción electroquímica.