

Oxidación, la consecuencia inevitable de la respiración

**Luz María Nicio-Antonio
Juan Francisco Rodríguez-Landa**

El pasado fin de semana fui por un helado al parque. Me senté en una banca metálica, sentí el aire sobre mi cara y la frescura de los árboles a mi alrededor. Por un momento cerré los ojos y me detuve a sentir ese elemento vital, el oxígeno, entrar lentamente por mi nariz y llenar mis pulmones. Ya no puedo sentirlo, pero sé que de mis pulmones el oxígeno llega a cada célula de mi cuerpo, para participar en reacciones químicas que me permiten vivir. Abrí los ojos y vi el óxido de la banca en donde estaba sentada, ese producto de la unión del oxígeno con el fierro y pensé: este oxígeno que me da vida es el mismo que carcome poco a poco esta banca oxidada y la va haciendo cada día más vieja. Y entonces me pregunté: ¿qué pasa con el oxígeno de mi cuerpo?, ¿acaso cada vez que respiro me oxido y envejezco como esta banca? Esto es estresante y angustiante pero, por ahora, dejemos el estrés para más tarde.

RADICALES LIBRES, LOS OXIDANTES DEL CUERPO

El oxígeno que respiramos tiene la capacidad de llegar a todas nuestras células y, con la glucosa obtenida de los alimentos, genera la energía necesaria para llevar a cabo distintos procesos metabólicos e incluso para realizar actividades como redactar este artículo o leerlo que, por ahora, es lo que haces. Pero en este ir y venir de la vida no todo

puede ser perfecto, en esos procesos metabólicos se producen radicales libres, moléculas inestables que pueden interactuar con otras moléculas y adaptarse a su entorno. Capaces de actuar en nuestro cuerpo y producir cambios, podríamos decir que son moléculas incompatibles con la vida, y el oxígeno es la molécula que promueve su oxidación; pero no todo es malo, estos radicales se forman de manera natural en todos los seres vivos (Alkadi, 2020). A lo largo de nuestra vida, las células producen en su interior, de manera normal, radicales libres que son indispensables para sobrevivir. Puede ser angustiante pensar que los tacos al pastor que me comí hicieron que mis células generaran moléculas que buscan una estabilidad. Entonces, la fuente de radicales libres puede venir del interior, pero también del exterior, como de algunos alimentos o (como mejor ejemplo) del humo de tabaco. Cada vez que el humo es inhalado es como una bocanada para la producción de radicales libres. Aunque el tabaco es una mezcla compleja de compuestos químicos, hay moléculas que pueden provocar estrés patológico en las células y en algunos tejidos; parte de estas alteraciones está dada por un estado conocido como estrés oxidativo, caracterizado por un exceso de radicales libres en las células; además de otras especies reactivas de oxígeno originadas por el humo del tabaco (Caliri *et al.*, 2021).

ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO (ROS)

En la clase de química orgánica recuerdo haber estudiado el tema de los grupos funcionales; había un pizarrón lleno de reacciones químicas y a un lado la palabra “alcoholes”. El radical hidroxilo, mejor conocido como OH, es un radical que puede interactuar con nuestro ADN y alterar la información de las células; es capaz de transformar cientos de moléculas que intervienen en el funcionamiento del organismo, pero algunas de ellas se convierten en oxidantes y otras en auténticos venenos para las membranas celulares (Paredes y Roca, 2002). A veces pienso que mi mejor amigo es un radical hidroxilo, pues me puede ayudar a interactuar con diferentes personas,

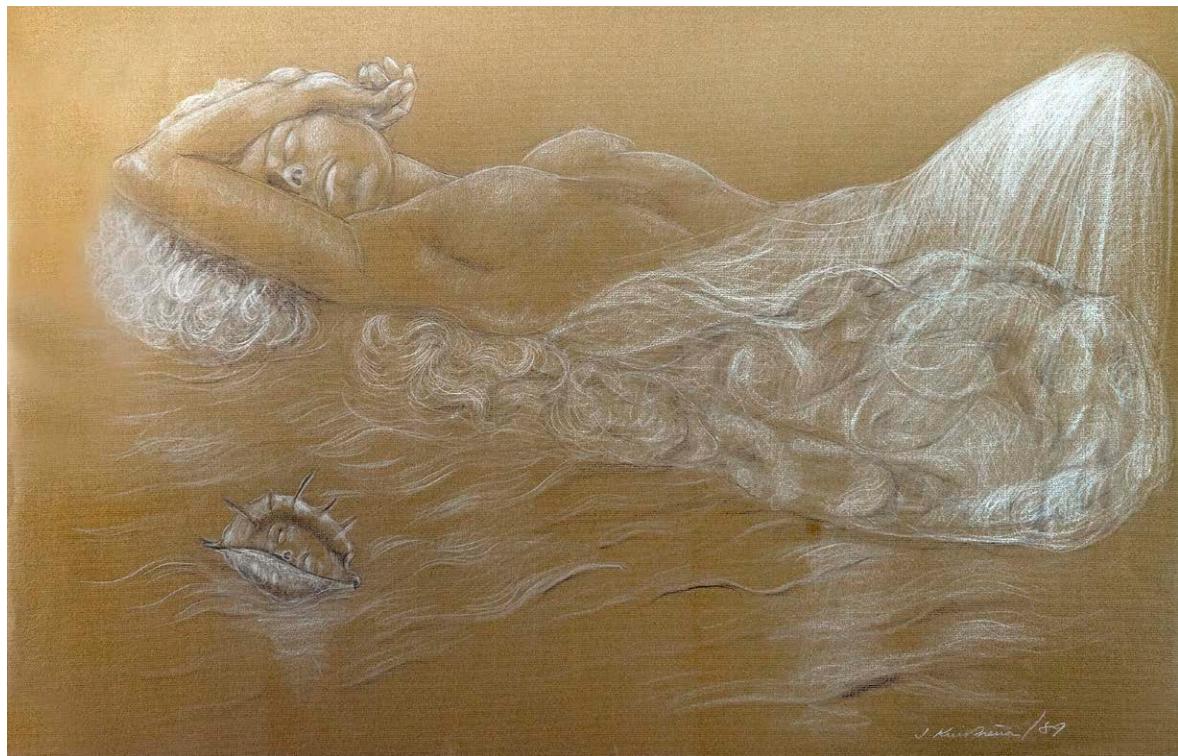
producirme sensaciones intensas y emociones auténticas. Pero yo soy una persona menos reactiva, más parecida al radical peroxilo o a las moléculas de peróxido de hidrógeno, que se encuentran también en el humo de tabaco, pero que se comportan como oxidantes similares a los radicales libres, aunque me parece más correcto referirnos a ellos como especies reactivas de oxígeno (ROS). Su producción se da a nivel celular, en el citoplasma de diversas células en donde habitan las mitocondrias, que son las encargadas de la mayor producción de ROS.

MIS CÉLULAS EMPIEZAN A ESTRESARSE

Espero que hayan notado lo difícil que puede ser recordar una clase de química, pero es algo que vive con nosotros y nos acompaña todo el tiempo, como los radicales libres de nuestras células que se liberan durante el metabolismo. Cuando esto sucede, nuestro cuerpo es capaz de fabricar moléculas benéficas, tales como los antioxidantes endógenos; esto permite un equilibrio para que la oxidación sea menor y se reduzca el daño celular. Cuando este equilibrio se desestabiliza, hay un incremento descontrolado de radicales libres, lo que ocasiona el estrés oxidativo. Entonces, no solo nosotros nos estresamos, nuestras células también se estresan. El estrés oxidativo puede predisponer al desarrollo de diversas enfermedades, por ejemplo, cardiovasculares y neurológicas como la enfermedad de Alzheimer; también puede promover el envejecimiento (Teleanu *et al.*, 2022). En 1956, Denham Harman, un científico de la Universidad de Nebraska, formuló esta asociación entre los radicales libres y el proceso de envejecimiento. Él propuso que, durante el envejecimiento, la protección antioxidante disminuye provocando estrés oxidativo y dando como resultado el desarrollo de enfermedades propias de la edad, como podría ser la pérdida de la memoria y la concentración.

¿LOS RADICALES LIBRES SON BUENOS O MALOS?

Incluso cuando las células usan el oxígeno para generar energía se crean radicales libres y, como



© José Kuri Breña. *Olas del mar*. Dibujo al carbón, 1989.



© José Kuri Breña. *Diálogo*. Dibujo al carbón, 1991.

subproductos, se forman compuestos que contribuyen a la oxidación. Todo esto juega un doble papel importante para el funcionamiento del organismo. Pero entonces, ¿las ROS son tóxicas o beneficiosas? Esta pequeña línea de equilibrio entre los efectos que pueden producir es un aspecto importante en la vida. En concentraciones adecuadas son necesarias para el proceso de maduración de estructuras celulares; además, actúan en el sistema inmunitario y son armas que este sistema utiliza como defensa frente a microorganismos desconocidos ajenos al cuerpo. Las células encargadas de eliminar estos microorganismos liberan radicales libres como parte del proceso de defensa contra las posibles enfermedades. Es decir, en niveles moderados tienen una razón de ser vitales para la salud humana. Aun así, nuestro cuerpo tiene mecanismos que pueden ayudar a regular o reparar los efectos de la generación de radicales libres, produciendo moléculas que los neutralizan; las llamadas moléculas antioxidantes (Pisoschi y Pop, 2015).

DEFENSA PROPIA

A estas alturas comenzamos a preguntarnos si nuestras células están indefensas. La verdad es que no. Nuestro cuerpo sabe cómo contrarrestar el estrés oxidativo. Para ello produce antioxidantes endógenos de manera natural a través del metabolismo. En este proceso intervienen proteínas como el glutatión peroxidasa, la catalasa, melatonina y el superóxido dismutasa, que están encargadas de eliminar sustancias oxidantes (Jomova *et al*, 2023). Además, existen antioxidantes exógenos que el cuerpo no produce de forma natural, pero que podemos adquirir a través de los alimentos. Son los antioxidantes exógenos, como las vitaminas C y E, los betacarotenos (responsables de los colores amarillo, naranja o rojo en frutas y verduras) y los flavonoides (moléculas producidas por las plantas). Entonces, podemos decir que vivimos rodeados de alimentos que funcionan como estabilizadores de los procesos oxidativos.

EL PROCESO ANTIOXIDANTE

Los antioxidantes se encargan de destruir a los radicales libres. Entre esas sustancias se incluyen al superóxido dismutasa. No obstante, durante ese proceso, el antioxidante se oxida rápidamente, por lo que debe generarse de manera constante en nuestro cuerpo.

Podemos decir ahora que esa situación que imaginamos inicialmente estresante (respirar) puede ser la más afortunada. Con la presencia de las enzimas encargadas de atacar a los radicales libres, generados por el simple hecho de respirar, se crea un equilibrio entre los radicales libres producidos por nuestras células y los antioxidantes que actúan en nuestra defensa.

ALIMENTOS QUE CONTRARRESTAN LA OXIDACIÓN

Entre las moléculas que aportan los alimentos se encuentran algunos antioxidantes como las vitaminas. Su poderoso poder antioxidante, de acuerdo con algunos estudios, es capaz de proteger a las membranas celulares del daño de los radicales libres, principalmente del daño derivado de la peroxidación lipídica, es decir, de la oxidación de las grasas (Miyazawa *et al*, 2019). Debido a lo anterior, se ha propuesto que la vitamina E puede prevenir el desarrollo de enfermedades como el cáncer de colon, próstata y mama, enfermedades cardiovasculares y ciertos trastornos neurológicos y neuropsiquiátricos (Zainal *et al*, 2022). Las fuentes naturales de vitamina E son los cereales integrales, algunos frutos secos, los huevos, la carne y los aceites vegetales. El uso de suplementos de vitaminas a largo plazo debe abordarse con cautela, ya que las dosis altas pueden generar el efecto contrario y contribuir al deterioro de la función celular.

En algunas frutas y verduras hay componentes que la misma planta produce para su beneficio, pero además de esto, se ha descubierto que pueden ser beneficiosas para nosotros, tal es el caso de los flavonoides. Estas sustancias que dan la coloración a flores y frutos fueron descubiertas por Albert Szent-Gyorgy en 1930, y tienen propiedades

antioxidantes similares a las de la vitamina C. De acuerdo con sus estructuras químicas se han identificado y clasificado en diversos grupos. Cada planta tiene una combinación única de esas moléculas y sus efectos son diferentes en el cuerpo (Hritcu et al, 2017). Por ejemplo, el vino tinto es una fuente rica de flavonoides. Por otra parte, sin darnos cuenta, podemos estar consumiendo flavonoides aún más de lo que imaginamos, al comer vegetales como el brócoli, la cebolla, la cúrcuma o el té verde. Los científicos tienen la mirada puesta en estos compuestos de las plantas por sus propiedades anticancerígenas, antibacterianas, antiinflamatorias, antioxidantes y neuroprotectoras (Rodríguez-Landa et al., 2022). La gran controversia pudiera surgir de los suplementos industrializados que dicen tener grandes cantidades de antioxidantes. Aunque hay estudios que sustentan los beneficios del consumo de antioxidantes en enfermedades asociadas con el estrés oxidativo y en muchas enfermedades crónicas-degenerativas, aún falta evaluar algunos aspectos en estudios controlados, así como sus efectos a largo plazo, para establecer las dosis adecuadas en cada tipo de enfermedad.

Nosotros somos más complicados que una banca de fierro, aunque en lo que se refiere a los procesos de oxidación no somos tan diferentes. Para evitar que una banca se oxide ponemos una capa protectora de pintura; nosotros tenemos antioxidantes endógenos y exógenos, que al igual que la pintura de la banca ayudan a no oxidarnos en exceso, puesto que la oxidación forma parte de nuestro proceso de vida.

Falta mucho por descubrir, cada día hay más equipos de científicos interesados en los efectos benéficos que podemos encontrar en las moléculas contenidas en algunos alimentos, tal es el caso de los flavonoides. Conocer su impacto a nivel nutricional, además sus efectos positivos y negativos a nivel celular, así como sus posibles usos terapéuticos, es un desafío para el desarrollo de estrategias que permitan una mejor calidad de vida de las personas. Tener una dieta sana puede ayudar a nuestro sistema antioxidante para mantener nuestras funciones vitales y un estado de salud óptimo. Sin embargo, debemos considerar que es necesario mantener

un equilibrio y evitar el consumo excesivo de sustancias antioxidantes. Ahora entendemos por qué, tanto la banca como nosotros, envejecemos y nos deterioramos al ritmo de la respiración...

R E F E R E N C I A S

Alkadi H (2020). A Review on Free Radicals and Antioxidants. *Infectious Disorders Drug Targets* 20:16-26.

Caliri AW, Tommasi S and Besaratinia A (2021). Relationships Among Smoking, Oxidative Stress, Inflammation, Macromolecular Damage, and Cancer. *Reviews in Mutation Research* 787:108365.

Hritcu L, Lonita R, Postu PA, Gupta GK, Turkez H, Lima TC, Carvalho CUS and de Sousa DP (2017). Antidepressant Flavonoids and Their Relationship with Oxidative Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2017:5762172.

Jomova K, Raptova R, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K and Valko M (2023). Reactive Oxygen Species, Toxicity, Oxidative Stress, and Antioxidants: Chronic Diseases and Aging. *Archives of Toxicology* 97:2499-2574.

Miyazawa T, Burdeos GC, Itaya M, Nakagawa K and Miyazawa T (2019). Vitamin E: Regulatory Redox Interactions. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life* 71:430-441.

Paredes Salido F y Roca Fernández JJ (2002). Influencia de los Radicales Libres en el Envejecimiento Celular. *Offarm* 21:96-100.

Pisoschi AM and Pop A (2015). The Role of Antioxidants in the Chemistry of Oxidative Stress: A Review. *European Journal of Medicinal Chemistry* 97:55-74.

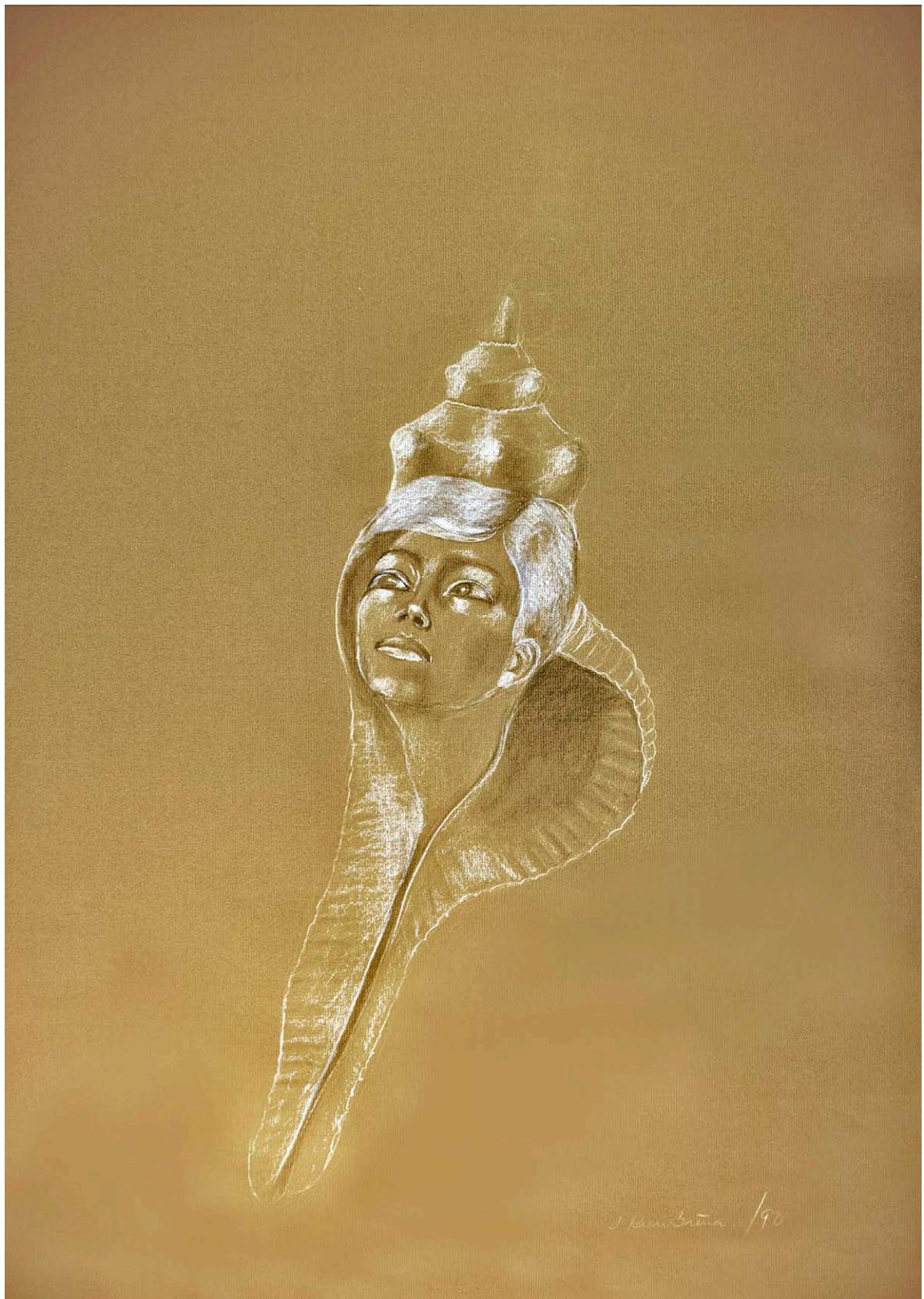
Rodríguez-Landa JF, German-Ponciano LJ, Puga-Olguín A, Olmos-Vázquez OJ (2022). Pharmacological, Neurochemical, and Behavioral Mechanisms Underlying the Anxiolytic- and Antidepressant-like Effects of Flavonoid Chrysin. *Molecules* 27:3551.

Teleanu DM, Niculescu AG, Lungu II, Radu CI, Vladâncenco O, Roza E, Costăchescu B, Grumezescu AM and Teleanu RI (2022). An Overview of Oxidative Stress, Neuroinflammation, and Neurodegenerative Diseases. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 5938.

Zainal Z, Khaza'ai H, Kutty Radhakrishnan A and Chang SK (2022). Therapeutic Potential of Palm Oil Vitamin E-derived Tocotrienols in Inflammation and Chronic Diseases: Evidence from Preclinical and Clinical Studies. *Food Research International* 156:111175.

Luz María Nicio-Antonio
Becaria del CONAHCYT, Instituto de Neuroetología
Universidad Veracruzana, Xalapa
maria.nicio@outlook.com

Juan Francisco Rodríguez-Landa
Instituto de Neuroetología
Universidad Veracruzana, Xalapa



© José Kuri Breña. *Caracol marino*. Dibujo al carbón, 1990.