




Quando el estrés oxidativo nos alcance

El oxígeno es esencial, pero tiene también un lado oscuro: a su paso por nuestras células genera sustancias reactivas que nos enferman y envejecen.

Agustín López Munguía



LA ÚLTIMA VEZ que fui al cine, vi un anuncio de antioxidantes que empezaba con algo así: “cada segundo, tus células son amenazadas por peligrosos radicales libres que las oxidan sin misericordia, envejeciéndote y deteriorando tu salud...”

Las imágenes me hicieron sentir cómo los electrones se desprendían de mis moléculas esenciales, incluidas mis neuronas, y me fui hundiendo en el comodísimo asiento y me fui oxidando de tal forma que no recuerdo ni el nombre del producto, pero sí que ése fue el momento en el que decidí escribir este artículo.

La oxidación

Nos enseñan desde la primaria que estamos constituidos, entre otros, por los sistemas respiratorio,

circulatorio y digestivo, aunque pocas veces reflexionamos sobre la relación del oxígeno con los tres: y es que después de llegar a nuestros pulmones, el oxígeno inhalado pasa a la sangre y en ella viaja por todo nuestro organismo recogiendo los electrones que resultan de las reacciones químicas que se dan en las células. El conjunto de esas reacciones se denomina *metabolismo* y gracias a ellas nos mantenemos con vida. Una parte de estas reacciones tiene como objetivo extraer la energía de nuestros alimentos, lo que se conoce como *catabolismo*.

Así, cual coches a los que hay que suministrar oxígeno para extraer la energía del combustible, para vivir debemos respirar y extraer la energía de los carbohidratos o las grasas que cargamos en cualquier puesto de alimentación (cocina, restaurante o maquina distribuidora de chatarra).

Tanto los coches como nosotros logramos aprovechar nuestra fuente energética gracias a que el oxígeno le arranca sus electrones mediante el proceso que se conoce

como *oxidación*, sinónimo de *combustión*. Al final de la oxidación, tanto por el escape del coche como por nuestra respiración, se arrojan dióxido de carbono y agua, productos finales de la reacción y, por lo mismo, destino final de los electrones arrancados al combustible.

La gasolina y el oxígeno, esenciales para el funcionamiento de un coche, llegan al motor por vías separadas. Algo similar ocurre en nuestro organismo, el oxígeno y los alimentos llegan a las células por vías separadas; el primero lo hace por medio de la respiración y los segundos a través de la digestión. El punto clave es reconocer que el aire (el oxígeno) es también para nosotros un alimento, el *prana* como lo llaman los hindúes, “el alimento vital que da vida al cuerpo y al Universo”. Bueno, al menos al planeta Tierra.

Es obvio que somos mucho más complejos que un coche, y mientras en éste los electrones van directo del combustible al CO₂ y agua, en nuestro organismo se llevan a cabo cientos de reacciones, que sirven a muchos fines y que conllevan el movimiento de electrones. Cada vez que se mueven los electrones, se dice que algo se *oxida* (porque pierde electrones), y como consecuencia, algo más se *reduce* (porque gana esos electrones). En este proceso, a veces se oxida algo que no debiera, como por ejemplo ciertas grasas esenciales en nuestro cuerpo, causando daños que a la larga obstruyen las arterias, incrementando la probabilidad de afecciones cardíacas o causando daños al sistema inmunológico.

O bien se oxida alguna proteína que necesitamos para las reacciones metabólicas; o peor aún, el oxidado es el ADN, que como recordarán es la sustancia de la que están constituidos nuestros genes, lo cual provoca mutaciones.

Los malos de la película

En ese ir y venir de electrones, en condiciones normales se producen en nuestras células los *radicales libres*, que son diversas formas de oxígeno altamente reactivas, ya que cuentan con un electrón de más y por lo tanto son capaces de arrancar electrones a otras moléculas. Ése es el caso, por ejemplo, del radical hidroperóxido, que se produce cuando el oxígeno se une con un protón del agua. Cuando los radicales libres tratan de neutralizarse arrancando protones o electrones de moléculas que componen la estructura celular, se puede producir un daño irreversible a largo plazo y a veces no tan largo. Esta agresividad química les ha valido a los radicales libres muy mala fama, sobre todo en las revistas preocupadas por la belleza y la juventud. Y no es para menos: se ha encontrado que muchas enfermedades crónicas tienen su origen, o son exacerbadas, por perturbaciones en la estructura de los lípidos de las membranas celulares causadas por los radicales libres. Factores tanto externos —contaminación, radiaciones, medicamentos, etc.— como internos (de lo que hablaremos más adelante), dan lugar a los radicales libres que participan en reacciones de oxidación en cadena; esto es, en un “toma y daca” de electrones, que provoca inflamación y de ahí enfermedad y envejecimiento.

Los aliados

La buena noticia es que nuestras células no están inermes. Disponen de una serie de mecanismos bioquímicos que integran un verdadero “sistema antioxidante”, que es el que se “estresa” (y con él nosotros) cuando las condiciones del medio se salen de la normalidad por la abundancia de radicales libres. Así, el llamado *estrés oxidativo* se debe al desequilibrio en el organismo entre antioxidantes y radicales libres. Nuestro sistema

natural de antioxidantes está compuesto por proteínas (enzimas) como la peroxidasa, la catalasa, la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa, que catalizan reacciones de eliminación de los radicales libres y de otras sustancias oxidantes. Pero sobre todo, nuestro sistema antioxidante se ve apoyado por la abundante cantidad de sustancias presentes en los alimentos, en particular los de origen vegetal (fitoquímicos), y entre las que se encuentran las vitaminas A, C y E, algunos lípidos, los carotenoides (responsables de las tonalidades que van del amarillo al rojo en la naturaleza), la clorofila (vital para la vida vegetal y responsable de que asociemos lo natural con lo verde) y una amplísima diversidad de compuestos denominados fenólicos, sustancias de estructura compleja que incluyen a los responsables del poder reanimante del café, del morado de las moras y de las uvas, de la astringencia del vino, de lo negro del té negro y de la tonalidad chocolate del chocolate, entre cientos de otros ejemplos. Hemos descubierto que los compuestos fenólicos, que dan toques distintivos a muchos de nuestros alimentos, son también nuestros aliados en la búsqueda del balance oxidativo.



VENTAJAS DE LOS ANTIOXIDANTES

La industria de alimentos utiliza antioxidantes como aditivos desde hace décadas. En general, el objetivo es proteger a las grasas de origen vegetal (insaturadas) de la oxidación, que además de hacerles perder valor nutricional, genera el característico sabor a rancio. En nuestro organismo, los antioxidantes evitan no sólo la oxidación de grasas y lípidos, sino del llamado “colesterol malo”, que es un complejo de proteínas y colesterol (lipoproteínas de baja densidad, o LDL) en el que predomina el segundo; reducen la inflamación crónica; mantienen la integridad de las membranas celulares, es decir sus receptores, sus enzimas, y su permeabilidad.

El superóxido: ¿héroe o villano?

Hace unas tres décadas se descubrió que existe una enzima en nuestras células cuya única función aparente es la eliminación de un radical libre formado a partir del oxígeno y conocido con el nombre de superóxido. Hasta entonces se pensaba que los radicales libres eran tan malos que no podían producirlos nuestras células; pero la presencia de esta enzima, la superóxido dismutasa (SOD), demostró lo contrario, ya que cuando los glóbulos blancos se encuentran con una bacteria, producen superóxido para eliminarla, protegiéndonos de la infección. Fue así como se llegó a la conclusión de que en nuestra relación con el oxígeno también se forman radicales libres derivados del simple hecho de respirar y que su presencia no está relacionada exclusivamente con el

deterioro, como se ha hecho pensar a la gente hoy en día.

Los radicales libres también se utilizan como mensajeros para regular la expresión de genes que permiten a nuestras células realizar funciones determinadas, e incluso hay células que, durante el desarrollo del embrión en el seno materno, se van diferenciando en respuesta a un poco de peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Por lo tanto, debe existir un balance sano entre oxidantes (como los radicales libres) por un lado y por el otro antioxidantes (como las vitaminas A, E y C) o enzimas protectoras como la SOD. Al igual que el superóxido, otros oxidantes producidos por nuestras células como el peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2) pueden considerarse como “antibióticos” que actúan en nuestra defensa (recuerdo que mi madre solía limpiarnos los raspones con agua oxigenada). Lo que pasa es que estas sustancias son poco selectivas y en la batalla oxidativa que se da en nuestras células contra los agresores, nuestros oxidantes “le disparan a lo que se mueva” y, como siempre en estos casos, se puede agredir a los curiosos; es decir, a los tejidos que circundan el escenario de la batalla. Muchas enfermedades derivan de una activación injustificada de nuestro sistema de defensa oxidativa ante una falsa alarma, es decir, una señal de peligro percibida pero inexistente, dando lugar a enfermedades autoinmunes y alergias. Éste es el mecanismo mediante el cual se piensa que se adquiere,

LA ATEROESCLEROSIS

El endotelio es una capa de células que cubre el interior de los vasos sanguíneos y facilita el desplazamiento de la sangre. Los radicales libres dañan el endotelio mediante un largo proceso que puede durar años. A esta lesión se le conoce como *aterogénesis*. El endotelio dañado atrae células del sistema inmune conocidas como macrófagos, que se infiltran bajo las células de éste secretando factores de crecimiento y materialmente digiriendo al material dañado. Con el tiempo, estas células se acumulan y hace proliferar las células musculares adyacentes, formando una placa fibrosa que al endurecer las arterias impide el paso de la sangre. Las lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo) también contribuyen a la formación de la placa. Las arterias reducidas pueden acabar de taparse por lo que se denomina un trombo, que no es más que un coágulo o tapón que resulta de agregados de plaquetas y glóbulos blancos de la sangre. Las enzimas como la ciclooxigenasa, activadas por los radicales libres, producen sustancias que activan a su vez la agregación (como el TXA₂, o tromboxano). Los antioxidantes evitan el daño que causan los radicales libres, en un caso por oxidación directa del endotelio, en el otro por activación de enzimas oxidantes.

por ejemplo, el lupus eritematoso, la colitis y el asma. La esclerosis múltiple también se considera como una posible enfermedad autoinmune con lesiones causadas por el oxígeno, al igual que la artritis reumatoide. Un trauma físico puede igualmente activar oxidaciones generadas por nuestros glóbulos blancos o leucocitos.

A estas alturas, podrás empezar a intuir por qué el desequilibrio oxidativo es un factor importante en la aparición de una amplia gama de enfermedades: las inflamatorias (artritis, infecciones bacterianas y virales...); las embolias e infartos; los trastornos neurológicos (Parkinson, Alzheimer y aterosclerosis), el cáncer y el sida.

En consecuencia, mantener un balance adecuado entre oxidantes y antioxidantes en nuestro organismo es fundamental para evitar las enfermedades y al mismo tiempo mantener las funciones benéficas de los oxidantes en nuestras células.

Cultura alimentaria

La “paradoja francesa” es un fenómeno nutricional observado en ese país, que consiste en una menor incidencia de enfermedades del corazón entre los franceses con respecto a los estadounidenses, ingleses o alemanes, pese a vivir en un país desarrollado y consumir bastantes grasas de origen animal (saturadas) (véase “Alimentos funcionales”, *¿Cómo ves?*, No. 42). Se propone que esto se debe a su dieta rica en antioxidantes, pero en particular a que en la semilla de las uvas existen compuestos como el *resveratrol*, un compuesto fenólico con un alto poder antioxidante. Durante la fermentación alcohólica, el alcohol extrae este compuesto de la semilla, dando al vino un poder antioxidante muy potente: así, la costumbre de acompañar la comida con vino tinto explica la paradoja.

Conforme avanza el conocimiento en esta área de la química, se ha constatado que al poder antioxidante del vino contribuyen también otros compuestos fenólicos antioxidantes además del resveratrol, como la catequina, la epicatequina, la galocatequina, el ácido gálico, el elágico... y seguramente muchas otras sustancias. También se sabe que el mecanismo de protección cardiovascular podría involucrar no sólo la capacidad antioxidante de los polifenoles, sino también su capacidad para inducir la síntesis de óxido nítrico dentro de las arterias, una importante sustancia con múltiples funciones. Como sea, paradojas similares a la francesa existen también en otras cocinas. ¿Quién podría imaginar que al ponerle orégano al pozole, además de sazonarlo nos estamos protegiendo de la oxidación con el timol y el carvacol, dos de los principales compuestos fenólicos de los más de 20 identificados en el aceite esencial del orégano; o que al entrarle a una taza de chocolate estamos suministrando a nuestras células más de una veintena de antioxidantes como las proantocianidinas, compuestos fenólicos





identificados en la bebida favorita de Moctezuma?

Curiosamente, el galato de epicatequina, potente antioxidante presente en el chocolate, es también uno de los compuestos encontrados en el té verde, que dan cuenta del poder maravilloso que también se ha encontrado en esa bebida, consumida prácticamente en todo el mundo, pero estrechamente ligada al mundo oriental. Este galato es además anticancerígeno, solo que el mecanismo mediante el cual se ha comprobado que detiene el cáncer no está directamente relacionado con su capacidad antioxidante, sino con la de bloquear la actividad de una proteína, la HSP90, lo que frena una serie de sucesos que vuelven cancerosa a la célula. Vaya, hasta los esquimales, que uno pensaría están sujetos a dietas muy estrictas, padecen menos problemas de enfermedades cardiovasculares gracias a su alto consumo de pescado. Aunque sus dietas también son ricas en antioxidantes, la buena salud cardiovascular de los esquimales está más bien asociada con el consumo del ácido eicosapentaenoico (el famoso omega 3), que tiene un efecto antitrombótico. Recientemente, unos investigadores de la Universidad de Scranton, en los Estados Unidos, reportaron que el café constituye la principal fuente de antioxidantes de la



dieta de los estadounidenses, así que hasta ellos, que suelen llenarse de hamburguesas, se ven beneficiados por los antioxidantes si terminan la comida con una taza de café.

Las vitaminas

Entre los miles de antioxidantes en nuestra dieta a los que podríamos referirnos aquí, probablemente los más conocidos e importantes son las vitaminas. Si bien tienen muchas funciones, destacan por su capacidad antioxidante la vitamina C, la vitamina E y los carotenoides que, como ya señalamos, son los compuestos que le dan color a muchos vegetales: el licopeno al jitomate, la luteína a la flor de campasúchil, la zeaxantina al maíz y a la zanahoria el beta-caroteno, que si bien no es una vitamina, es el precursor de la vitamina A.

Las tres vitaminas antioxidantes previenen enfermedades cardiovasculares, cáncer, cataratas (véase recuadro) y artritis, además de activar y fortalecer el sistema inmune, pero la E en particular parece tener también efectos benéficos en la prevención de enfermedades neurodegenerativas, como el mal de Alzheimer. Un estudio publicado el 16

de marzo de 2005 en el *Journal of the American Medical Association*, realizado con 76 890 mujeres y 47 331 hombres, demostró una menor incidencia de enfermedad de Parkinson entre quienes consumen más alimentos ricos en Vitamina E. Sin embargo, el consumo de altas dosis de cápsulas de vitamina E no necesariamente evita o detiene la enfermedad; incluso en algunos casos, una dosis elevada puede tener efectos adversos a la salud. Lo que es un hecho es que no se ha podido demostrar que consumir la vitamina E en cápsulas promueva la salud de ancianos en riesgo de afecciones cardiovasculares tanto como el consumo de alimentos ricos en la vitamina. A pesar de esto, a principios de esta década la venta de vitaminas (y minerales) superó los 13 200 millones de dólares en el mundo en más de 300 tipos de productos multivitamínicos.

La publicidad que promueve el consumo de estos medicamentos resta importancia al hecho fundamental de que la prevención de enfermedades cardiovasculares resulta del consumo de los antioxidantes provenientes de los alimentos, y no necesariamente de píldoras. Se ha encontrado, por ejemplo,

PARA VERTE MEJOR

La flor de campasúchil es una excelente fuente de luteína, un carotenoide antioxidante, responsable de su color amarillo (también usado en dietas de pollos para colorear su carne y la yema del huevo). En el maíz, el color amarillo es también producido por un carotenoide, la zeaxantina, perteneciente a la misma familia. Ambos se encuentran también formando parte de la mácula de la retina humana —el punto más sensible de toda la retina, ya que es la zona de máxima visión— evitando que se oxide y filtrando la luz azul. Se estima que con la edad aumenta la probabilidad de ceguera causada por los daños oxidativos a la mácula y por las cataratas (independientemente de los problemas asociados con la diabetes). La luteína y la zeaxantina, son 10 veces más potentes que la vitamina E para proteger a las células del daño inducido por la luz ultravioleta: además, el consumo de ambos carotenoides reduce el riesgo de cataratas.



que consumir vitamina A en exceso hace los huesos más proclives a fracturas. En un estudio publicado en 2004 en el *American Journal of Clinical Nutrition*, David Jacobs, de la Universidad de Minnesota, encontró que en mujeres diabéticas un alto consumo de vitamina C aumenta a más del doble el riesgo de padecer las enfermedades causadas por la oxidación, como si paradójicamente un exceso de antioxidantes la favoreciera.

Es importante reconocer también que en la tercera edad se reduce el efecto de los antioxidantes naturales del cuerpo, por lo que se requiere suplementos para fortalecer el sistema inmunológico. Sin embargo, hoy más que nunca se sabe que los efectos de la alimentación son casi personales y es difícil y peligroso hacer generalizaciones sobre el uso de megadosis de vitaminas. Los impactantes beneficios de la vitamina E pueden lograrse mediante una dieta que contenga aceite de maíz, de soya, de cacahuate, de algodón o de girasol, entre otros, pero particularmente de palma, ya que este aceite contiene formas antioxidantes más potentes de la vitamina E. Aquí cabe una llamada de atención para quienes suspenden todo consumo de grasas y aceites y piensan que con píldoras y antioxidantes se resuelve todo: *Más Platón y menos Prozac* es el título de un libro; *Menos píldoras y más chocolates, almendras, moras... acompa-*

ñados de una copa de vino tinto podría ser el de este artículo.

¿Quién da más?

En esto de informar al público qué alimentos le aportan más antioxidantes hay sin duda un problema, pues se induce al consumidor a dejar unos alimentos por otros, o peor aún, a incrementar de manera inadecuada el consumo de un sólo producto. Así, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), a través de su Centro de Investigación sobre Nutrición Humana y Envejecimiento en la Universidad Tufts, dio a conocer que entre más de 40 frutas y verduras analizadas, los líderes en antioxidantes son las moras rojas y azules. Las *antocianinas* que contienen, responsables de su color, capturan los radicales libres con una capacidad dos veces mayor que la vitamina C. El USDA afirma que media taza de moras aporta más antioxidantes que la misma dosis de chícharos, zanahorias, manzanas, calabazas o brócoli. Aún más, al igual que el arándano, las moras azules son un auxiliar contra las infecciones de las vías urinarias.

Pero la cosa no para ahí: los investigadores del USDA



demonstraron que en ratas, el consumo de moras azules revierte la pérdida de memoria de corto plazo y de concentración, porque propicia el nacimiento de células en el hipocampo, región responsable de la memoria. A raíz de esta información, no es de extrañar que los estadounidenses estén consumiendo más moras azules que nunca: más de 180 millones de kilogramos al año.

Lo que sí es un hecho es que la idea de que todo alimento procesado pierde calidad se modifica cuando se trata de antioxidantes. Así, se sabe que en las manzanas sólo el 0.4% del poder antioxidante viene de las vitaminas, por lo que su pérdida al procesarlas no impacta la capacidad antioxidante del resto de sus sustancias fitoquímicas. En el caso del maíz, al cocerlo su capacidad antioxidante aumenta hasta en un 44%, aunque se pierde un poco de vitamina C.

Cáncer, dieta y envejecimiento

Las investigaciones sobre el envejecimiento han permitido establecer que una dieta restringida en calorías lo desacelera. De acuerdo con una publicación de investigadores de la Universidad de Connecticut en la revista *Science* (29 de noviembre de 2002), dos genes, llamados *rp3* y *Sir2*,

UN EXCESO DE FE

Existe una proteína conocida como ferritina, que le sirve a nuestro cuerpo como almacén de hierro (Fe). Ahí permanece en forma de ion férrico en su forma oxidada (Fe^{3+}). Cuando encuentra al perverso superóxido O_2^- gana un electrón (se oxida) pasa a Fe^{2+} , liberándose de la proteína como ion ferroso. Estos iones ferrosos ahora movilizados pueden reaccionar con peróxidos o con oxígeno, generando más radicales libres que, como ya hemos visto, provocan la oxidación de fosfolípidos de las membranas celulares dañando nuestras células. Ahora imagina qué pasa si consumes un exceso de Fe. La oxidación del ion ferroso puede causar estragos en las defensas antioxidativas: los antioxidantes como la vitamina E se agotan neutralizando radicales libres cediéndoles sus propios electrones; pero la vitamina E a su vez, toma esos electrones de la vitamina C, y ésta habiendo cumplido su papel antioxidante, nos abandona saliendo con la orina, triste y oxidada. Conforme envejecemos, la cantidad de Fe libre en nuestro organismo aumenta. Si a esto agregamos un exceso de Fe en la alimentación —sobre lo cual se insiste en la promoción de productos sanos— su participación en el estrés oxidativo puede ser dañina. Así que no le tengas demasiada fe al Fe.

estarían directamente implicados. Una restricción calórica y mutaciones específicas en el gen *rp3*, que reducen su actividad y aumentan la de *Sir2*, parecen combinarse para prolongar la expectativa de vida de los insectos. Lo curioso del caso es que el mismo efecto se puede lograr a través de antioxidantes como el resveratrol, que ya señalamos como uno de los compuestos polifenólicos del vino, y esto sin necesidad de restringir la dieta. No hay como envejecer con dignidad, bebiendo con frecuencia moderada una copa de vino, por ejemplo, o comiendo una barra de chocolate oscuro. De igual forma, se estima que entre 30 y 40% del cáncer puede prevenirse exclusivamente con el estilo de vida y la dieta, y así como se sabe que la obesidad, el exceso en el consumo de azúcar, de carnes rojas y de harinas refinadas, la falta de fibra y un inadecuado balance de ácidos grasos esenciales (omega 3/omega 6) son factores de alto riesgo para padecer cáncer, se ha encontrado también una enorme variedad de elementos de protección en la dieta. Éstos incluyen a los antioxidantes a los que ya nos hemos referido. La lista de compuestos del brócoli, las uvas, las especias, la linaza, el curry, el té, el café, la soya, etc.. que han mostrado en el laboratorio capacidad para detener e inhibir el crecimiento de células tumorales es amplísima. Pero la forma mediante la cual previenen el cáncer no está aún del todo clara, y sin duda implica varios y muy diversos mecanismos, entre los que puede o no estar incluida de manera directa su capacidad antioxidante, como se señaló

en el caso del galato de epicatequina del té. Recientemente se reportó que extractos de brócoli “untados” protegen del cáncer de piel.

Las revistas de “salud” plantean que uno envejece cuando ya no puede controlar el proceso de oxidación y nos alcanza el estrés oxidativo, por lo que hay que consumir antioxidantes para retrasarlo. Pero nuevamente: ¡cuidado con los excesos! La apoptosis, del griego “caída de los pétalos”, es un término que significa “muerte celular programada”. Desde que nacemos tenemos impresas las instrucciones para acabar con la vida de la célula. El cáncer es consecuencia del crecimiento descontrolado de la células debido en muchos casos a que han perdido la capacidad de echar a andar el mecanismo de apoptosis, es decir, que han perdido la capacidad de morir.

El estrés oxidativo es esencial para activar la maquinaria de muerte celular, por lo cual un exceso de antioxidantes es contraproducente. Pero la cosa no queda ahí: Andrew Collins, del Rowett Research Institute en Escocia, publicó en la revista *BioEssays* un extenso trabajo en el que demuestra que se ha sobreestimado el daño oxidativo al ADN. De hecho, este investigador plantea algo que parece obvio, y es que si la producción de especies de oxígeno reactivas es una consecuencia inevitable de la respiración, pero al mismo tiempo constituye una amenaza para la estabilidad de los genes, la evolución debió generar mecanismos de protección muy eficientes para que no afectaran a las especies (en

las que estamos incluidos nosotros). Collins, a través de mediciones del nivel de oxidación del ADN, concluye que nuestro sistema antioxidante mantiene un cierto nivel de oxidación del ADN que es tolerable en términos de la estabilidad de nuestros genes. Así que nuevamente: cuidado con el exceso de antioxidantes, que pudiera tener el efecto contrario al que buscamos. Claro, Collins también se pregunta que si el daño oxidativo no es una causa importante de cáncer, ¿cómo se explica el efecto protector plenamente demostrado que tienen frutas y vegetales? Por lo pronto, postula que puede haber otro tipo de daños al ADN que nuestra dieta evita y repara.

Falta aún mucho por investigar sobre la pléyade de sustancias fitoquímicas activas que consumimos con los alimentos de origen vegetal; apenas empezamos a conocer y valorar su impacto fisiológico y sus posibles usos farmacológicos. Pero siempre es mejor beneficiarnos de la amplia gama de estos compuestos que existen en una dieta sana y del efecto que sin duda tienen al encontrarse combinados en forma natural, que consumir compuestos purificados o productos concentrados, pues no sólo no existen sustancias milagrosas, sino que nos exponemos al eterno problema del riesgo que causa el consumo en exceso de prácticamente cualquier cosa. Por fortuna, cada vez hay más grupos que investigan, por un lado, la importancia de las interacciones entre los componentes activos de los alimentos en su efecto preventivo o terapéutico, y por otro, el impacto que tiene la nutrición en la expresión y regulación de nuestros genes (nutrigenómica). Así que cuidado con los excesos en el consumo de antioxidantes. Es mejor comer frutas y verduras que, de tanto antioxidante, acabar *reducidos*. 🐼

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

El autor agradece a la doctora Susana Castro y a la doctora Yanet Hernández la lectura y comentarios al manuscrito.

Agustín López Munguía es investigador del Instituto de Biotecnología de la UNAM, frecuente colaborador, y consejero editorial, de *¿Cómo ves?*

