

# El ADN de tu cena: ¿qué secretos ocultan los aditivos alimentarios?

## *The DNA of your dinner: what secrets do food additives hide?*

Mariana Herrera-Rodríguez, Carmen Ximena Martínez-Escutia,  
Estefany I. Medina Reyes y Yolanda I. Chirino

### Resumen

Los aditivos alimentarios se encuentran en la mayoría de los alimentos procesados que consumimos diariamente, y se usan para mejorar el aspecto o conservar los productos. Algunos aditivos pueden contener nanopartículas compuestas de metales u óxidos metálicos, como el oro, plata y el dióxido de titanio. En los últimos años, se ha cuestionado su uso porque el tamaño pequeño de las nanopartículas les permite entrar a la sangre, ser distribuidas a los diversos tejidos e introducirse en células, pudiendo provocar daño al ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que se conoce como *genotoxicidad*. El ADN nos hace quienes somos, y es importante estudiar cualquier factor que puedan alterarlo, pues ello podría afectar nuestra salud, e influir en el desarrollo de enfermedades como el cáncer. Hasta el momento, existe poca evidencia de los efectos genotóxicos que pueden tener los aditivos con nanopartículas; sin embargo, en este escrito te hablamos un poco de lo que ha descubierto la comunidad científica y hacemos énfasis en qué falta todavía por investigar.

**Palabras clave:** aditivos alimentarios, nanopartícula, xenobióticos, ácido desoxirribonucleico (ADN).

### CÓMO CITAR ESTA COLABORACIÓN

Herrera-Rodríguez, Mariana, Martínez-Escutia, Carmen Ximena, Medina Reyes, Estefany I., y Chirino, Yolanda I. (2024, julio-agosto). El ADN de tu cena: ¿qué secretos ocultan los aditivos alimentarios? *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 25(4). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.4.3>

### Abstract

We can find food additives in most of the processed foods we consume daily; their objective is to improve the appearance or preserve products. Some additives may contain nanoparticles composed of metals or metal oxides, such as gold, silver, and titanium dioxide. In recent years, their use has been called into question because the small size of nanoparticles allows them to enter the blood, be distributed to various tissues and enter cells, potentially causing damage to deoxyribonucleic acid (DNA), which is known as *genotoxicity*. DNA makes us who we are, and it is important to study any factors that can alter it, as this could affect our health and influence the development of diseases such as cancer. To date, there is little evidence of the genotoxic effects that nanoparticle additives may have; however, in this text we tell you a little about what the scientific community has discovered and we emphasize what still needs to be investigated.

**Keywords:** food additives, nanoparticle, xenobiotics, Deoxyribonucleic Acid (DNA).

**Mariana Herrera Rodríguez**

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*

Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala con mención honorífica. Actualmente es estudiante del posgrado de Ciencias Biomédicas de la UNAM. Desde inicios de su carrera le ha interesado investigar los efectos tóxicos que tienen los contaminantes atmosféricos en la salud humana, tales como el material particulado, los nanomateriales y los micro y nanoplásticos, por lo que sus estudios se han enfocado en estos temas. Además, busca formarse como investigadora, y está interesada en realizar difusión de la ciencia.

 [mhr270405@gmail.com](mailto:mhr270405@gmail.com)

 [0009-0007-4561-7177](https://orcid.org/0009-0007-4561-7177)

**Carmen Ximena Martínez Escutia**

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM*

Desde su ingreso en 2018 a la Licenciatura en Biología en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala hasta su graduación en marzo del presente año, esta joven bióloga ha demostrado un gran interés en la investigación y el estudio, en diversas áreas. Su interés se ha centrado en la toxicología de los aditivos alimentarios, siendo su proyecto de titulación la cuantificación de la acumulación de titanio en diferentes órganos tras el consumo del aditivo dióxido de titanio (E171) por vía oral, lo que la llevó a cuestionar los posibles efectos adversos en la salud derivados del consumo de otros aditivos alimentarios. Como parte de su trabajo de titulación, y resultado de su interés en la toxicología, decidió participar también en la difusión de este tema.

 [ximesc1406@gmail.com](mailto:ximesc1406@gmail.com)

 [0009-0006-7357-9481](https://orcid.org/0009-0006-7357-9481)

**Estefany Ingrid Medina Reyes**

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM*

Ingrid Medina Reyes es bióloga de formación y doctora en Ciencias egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, desde el año 2019. Posteriormente, realizó una estancia posdoctoral nacional en la Facultad de Química, y una segunda estancia internacional en el Instituto Karolinska en Estocolmo, Suecia. Con 32 años de edad, Ingrid ha publicado 23 artículos científicos en revistas internacionales, 2 capítulos de libro, y ha presentado sus trabajos en 5 congresos internacionales y 4 coloquios nacionales. Con 12 años de experiencia, Ingrid Medina se ha enfocado en el estudio de los efectos adversos de diferentes nanopartículas, contaminantes y aditivos alimentarios. También, ha evaluado el efecto de las dietas occidentalizadas, las cuales se caracterizan por un alto contenido de grasas, azúcares y baja cantidad de fibra. En sus estudios, ha observado que el E171, que es un colorante blanco que se usa como aditivo alimentario, exacerba la esteatosis hepática.

Actualmente, Ingrid Medina es académica en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y su compromiso está en realizar investigación, la formación de alumnos y la difusión de la ciencia.

 [medinaingrid0@gmail.com](mailto:medinaingrid0@gmail.com); [ingrid.medina@comunidad.unam.mx](mailto:ingrid.medina@comunidad.unam.mx)

 [0000-0002-6658-2870](https://orcid.org/0000-0002-6658-2870)

**Yolanda Irasema Chirino López**

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM*

Estudió la licenciatura de Química Bióloga Farmacéutica en la Facultad de Química de la UNAM. Posteriormente, obtuvo el grado de maestría en 2005 y en 2008 el grado de Doctora en Ciencias en el Posgrado de Ciencias Bioquímicas de la UNAM. Desde 2010 es académica de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala en donde fundó el laboratorio de Carcinogénesis y Toxicología en la Unidad de Investigación en Biomedicina. Al frente de este laboratorio, ha graduado 15 estudiantes de nivel licenciatura, 3 de nivel maestría y 6 de nivel doctorado. También, ha publicado 103 artículos sobre mecanismos de toxicidad y carcinogénesis de agentes contaminantes del aire de la Ciudad de México y de nanomateriales manufacturados para diversos usos, entre ellos, algunos aditivos alimenticios y nanomateriales usados en la industria.

Recibió la Beca para las Mujeres de la Ciencia otorgada por L'oréal- UNESCO-Academia Mexicana de Ciencias en 2009; fue seleccionada por la Academia Mexicana de Ciencias y la Fundación Lindau para asistir a la Sexagésima Primera Reunión con Premios Nobel en el área de Fisiología y Medicina llevada en Lindau, Alemania en 2011; el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2018 en el área de Docencia en Ciencias Naturales (Otorgado por la UNAM en 2018), y el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2018 en la Modalidad de Ciencia en el área de Ciencias de la Salud otorgado por el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (Estado de México).

Actualmente, es Profesora Titular C de tiempo completo definitivo en FES Iztacala, es parte del Sistema Nacional de Investigadores en el nivel 3 y desde abril de 2022 es Coordinadora del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la UNAM.

 [irasmachirino@gmail.com](mailto:irasmachirino@gmail.com); [chirino@unam.mx](mailto:chirino@unam.mx)

 ORCID: [0000-0001-6627-332](https://orcid.org/0000-0001-6627-332)

## ¿Conoces qué contienen los productos que comes?

**P**ara ser honestos, ¿tú consumirías un refresco que dice que es de naranja y no tiene el color característico de esta fruta? Bueno, sólo para mejorar la apariencia de los productos es que surgen los aditivos alimentarios. Así, muchos alimentos contienen aditivos, con la función de dar color o brillo, o mejorar el aspecto, sabor, aroma o textura. Además, favorecen su procesamiento y comercio al extender su vida útil, ya que incluso pueden proteger las propiedades originales de los alimentos y prevenir el crecimiento de microorganismos, como las bacterias y hongos (Monteiro et al., 2019).

La mayoría hemos comido papas fritas o un pan dulce para acompañar el café, e incluso algunos usan sustitutos de crema o leche para darle un toque cremoso; y en los días de calor, no hay persona a la que no se le antoje una bebida fría para soportar la creciente temperatura. Aunque la mayoría de nosotros sabemos que estos productos contienen aditivos alimentarios, los consumimos sin darle mucha importancia a los ingredientes y a los sellos de advertencia que vienen en los productos, como las bebidas comerciales que encontramos en las tiendas (ver figura 1).

En las etiquetas de los productos procesados es usual encontrar diferentes recuadros que nos muestran el porcentaje de azúcares, grasas y sales, y todos los ingredientes con nombres complicados (como el ácido cítrico, aspartame, dióxido de titanio, rojo 40, amarillo 5, caramelo clase IV, etcétera), y que resulta difícil saber para qué sirven. Cuántos no hemos pensado: “si están ahí, es porque me lo puedo comer”. Bueno, este pensamiento debe ser más cauteloso, pues no se han descubierto todos los efectos que estos aditivos pueden tener. Y aunque las autoridades se lo toman con mucha seriedad, ha sucedido que cuando algunos de los aditivos alimentarios fueron aprobados para el consumo aún no se conocían sus posibles efectos adversos en nuestra salud.

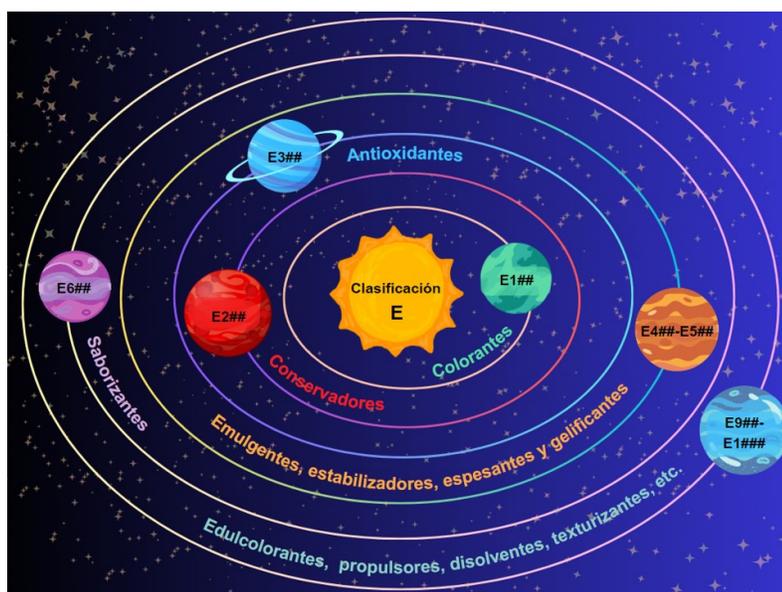
A pesar de lo anterior, los sellos de advertencia son útiles para percibir el riesgo que hay al consumir los productos procesados. Desde 2021, el gobierno de nuestro país estableció en la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 las especificaciones generales del etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Sin embargo, estas advertencias aún no incluyen la declaración de aditivos alimentarios.



**Figura 1.** Ejemplo de los ingredientes y sellos de advertencia en una bebida comercial. Todo lo que está en letras negritas son aditivos alimentarios. Crédito: elaboración propia.

## Pero... ¿Qué clase de aditivos están en la comida?

Tal vez conozcas los saborizantes y conservadores, sin embargo, existen muchos otros aditivos. Como son tantos, la Unión Europea creó un sistema de numeración para identificarlos (FAO y OMS, 2023), que ha sido muy utilizado por todo el mundo. Así, al darles un nombre más corto, es más fácil distinguir los aditivos alimentarios en vez de usar el nombre específico, que suele ser largo y de naturaleza química compleja. Este sistema se llama *Clasificación E*, en donde la E es por Europa. Para identificar al aditivo, después de la letra E aparecen unos números que nos indican a qué categoría pertenece y si tiene una sustancia química en concreto (ver figura 2).



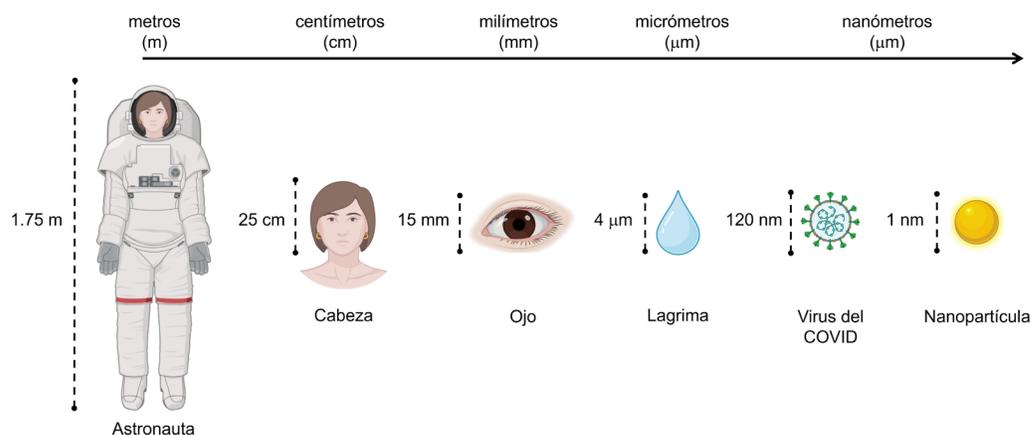
**Figura 2.** La galaxia de los aditivos alimentarios alrededor de la clasificación E. Cada planeta representa la función de los aditivos alimentarios representada por cada número dentro de los planetas. Crédito: elaboración propia.

Algunos de estos aditivos contienen nanopartículas, y no son considerados como nanomateriales de calidad alimentaria. Pero detengámonos un momento, tal vez estos términos te resulten nuevos y diferentes, y te surjan preguntas como: ¿qué es una nanopartícula?, ¿qué es un nanomaterial? Bueno, aquí te lo explicamos...

Una nanopartícula es una partícula extremadamente pequeña de entre 1 y 100 nanómetros (nm, millonésima parte de un metro) (Figura 3), invisible para el ojo humano, por lo que se requiere un microscopio con lentes especializados (como el microscopio electrónico de barrido) para poder observarla.

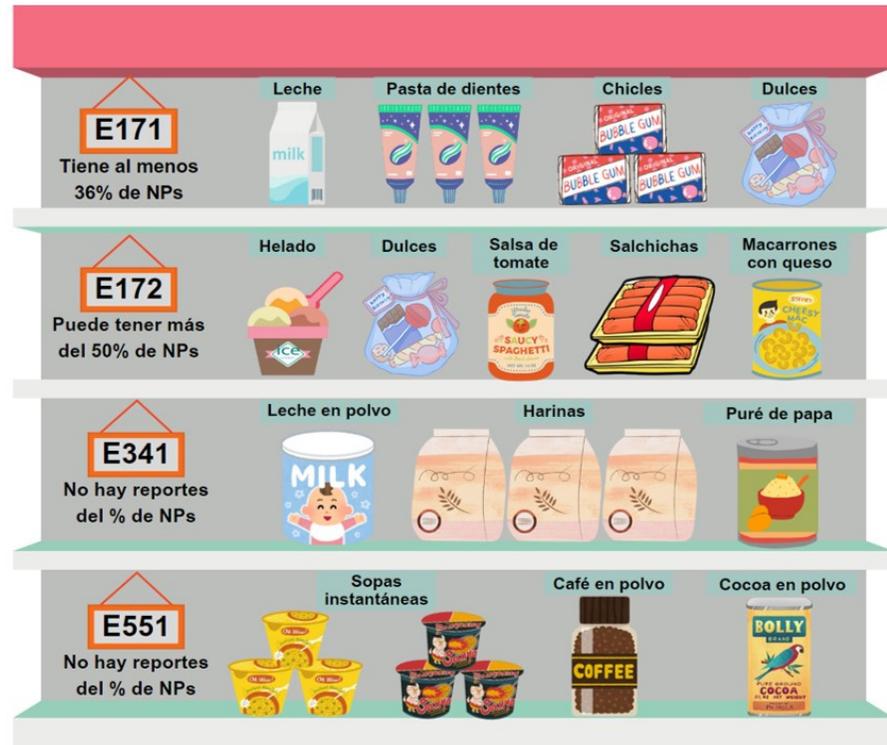
Un *nanomaterial* está compuesto de 50% o más de estas nanopartículas, con lo cual presenta características novedosas. Así, para poder considerar que un aditivo alimentario está en la categoría de nanomaterial de calidad alimentaria, debe contener al menos un 50% de nanopartículas con un tamaño entre 1 nm y 100 nm (Comisión Europea, 2022).

**Figura 3.** Comparación de tamaños: una nanopartícula es más pequeña de lo que creemos. Para que logres percibir el tamaño de una nanopartícula, en esta imagen te ponemos el ejemplo de la astronauta mexicana Carmen Félix, que mide aproximadamente 1.75 m de altura. De esta manera, su cabeza probablemente mide 25 cm (como en la mayoría de las personas adultas); su ojo puede medir unos 15 mm, y el tamaño mínimo de una de sus lágrimas es de 4 micras. Y ¿recuerdas al virus del covid? Se ha descubierto que su tamaño es de 120 nm, y una nanopartícula es incluso más pequeña que este virus. Crédito: elaboración propia.



## Pero, entonces, ¿hay nanopartículas dentro de los alimentos?

En la industria alimentaria, las nanopartículas son usadas principalmente en saborizantes, conservadores, nutrientes y *nutracéuticos* (productos que contribuyen a mejorar la salud, como las vitaminas, minerales y probióticos), e incluso se usan para modificar el aspecto físico o la viscosidad de los alimentos y envases (McClements y Xiao, 2017). Algunos de los aditivos que cuentan con una fracción de nanopartículas (casi el 50%), y que son muy usados en la industria alimentaria, son el dióxido de titanio (E171), óxidos e hidróxidos de hierro (E172), plata (E174), oro (E175), fosfatos de calcio (E341) y dióxido de silicio (E551) (ver figura 4).



**Figura 4.** Anaquel con productos comerciales que tienen aditivos alimentarios con nanopartículas (NPs). Crédito: elaboración propia.

Estos aditivos con nanopartículas tienen un efecto benéfico para los alimentos procesados por las cualidades que les confieren. Sin embargo, en los últimos años se ha despertado la curiosidad de saber si el consumirlos puede ocasionar efectos adversos en la salud, ya que se ha observado que algunos aditivos no se pueden metabolizar, lo que lleva a la acumulación de estos en nuestro cuerpo.

## ¿Qué pasa cuando consumimos alimentos con nanopartículas?

Los alimentos procesados, después de comerlos, llegan al estómago en donde se degradan para ser utilizados como energía y nutrientes. Sin embargo, después de digerir la comida, cuando se trata de alimentos que contienen aditivos con nanopartículas, éstos siguen su recorrido (ver figura 5). De esta manera, las nanopartículas quedan libres en su forma más simple, y pueden entrar a las células de nuestros tejidos, llegar al torrente sanguíneo y hasta acumularse en cualquier órgano.

¿Cómo sucede esto? Todo depende de las propiedades fisicoquímicas de las nanopartículas. Usualmente, al pasar por la sangre, las nanopartículas se unen a proteínas, lípidos y azúcares que están en nuestros vasos sanguíneos. La capacidad que tienen para entrar a las células de órganos como el intestino, hígado o riñones, depende de qué tanto se unan a estos componentes, en un proceso conocido como *endocitosis*.

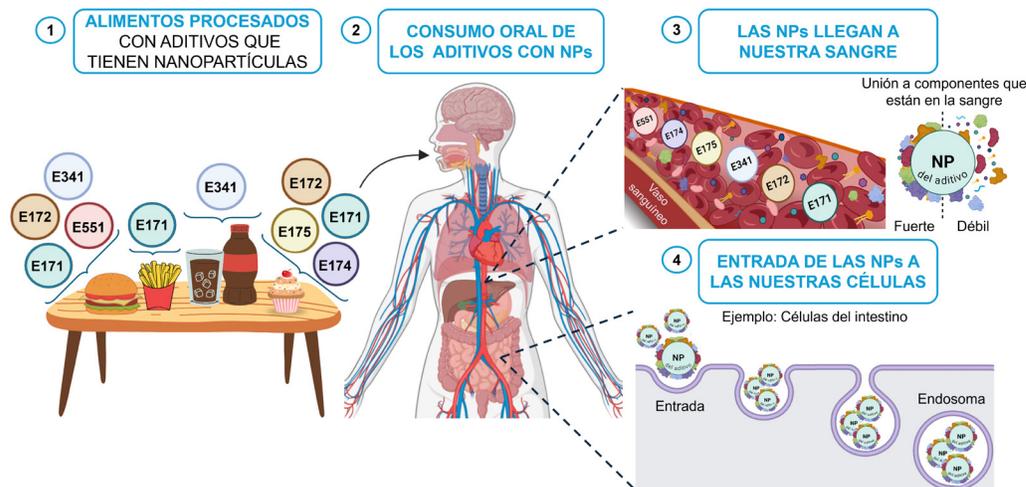
Pongamos un ejemplo: es como si necesitaras frotar tu cabello con un globo, para que éste se pegue a tu cabeza y te permitan entrar a una fiesta con temática de peinados locos. En este caso hipotético, las nanopartículas serían el globo, las proteínas, lípidos y azúcares, los cabellos, y la célula, la fiesta. Dependiendo de la energía que produzca el globo (nanopartículas) se puede o no unir al cabello (proteínas, lípidos y azúcares). Si hay poca energía, el globo quedaría separado de los cabellos y no se podría entrar a la fiesta. O sea, la nanopartícula quedaría sola y la célula no permitiría su entrada al no tener con que reconocerla.

Después de que las nanopartículas entran a las células, no se metabolizan, es decir, no se eliminan o procesan porque son metales y, por lo tanto, podrían acumularse. A partir de esto, surgió la preocupación sobre los efectos adversos que los aditivos con nanopartículas pueden provocar, pues se cree que incluso podrían generar *genotoxicidad*, es decir, daño al ácido desoxirribonucleico (ADN).

**Figura 5.** Recorrido de las nanopartículas (NPs) desde tu comida hasta tus células. **1)** En la comida procesada hay aditivos alimentarios con nanopartículas.

**2)** Una vez que los consumimos oralmente (es decir, con la boca), **3)** se digiere la comida y las nanopartículas pasan al torrente sanguíneo en donde pueden unirse a proteínas, lípidos y azúcares en los vasos sanguíneos. **4)** Después de ello, las nanopartículas entran (se internalizan) en las células de órganos tan importantes como el intestino, por un proceso llamado *endocitosis*.

Una vez internalizadas las nanopartículas, la “burbuja” (endosoma) que se forma alrededor de ellas, muchas veces se rompe y libera las nanopartículas dentro de las células sin haber sufrido modificaciones.



## ¿Por qué es tan importante que el ADN no se dañe?

El famoso ácido desoxirribonucleico (ADN), **descubierto en 1953 por Watson y Crick**, es el material genético que se encuentra en el núcleo de cada una de nuestras células y es lo que nos da identidad. El ADN está formado por una doble cadena que va en espiral (como un resorte) y que se une a través de las bases nitrogenadas (adenina, guanina, citocina y timina). Además, contiene la información de cada organismo (compactado en cromosomas), por lo que mantener su integridad es muy importante. Si el ADN se daña, algunas funciones de nuestro organismo dejarían de llevarse a cabo adecuadamente, con lo que aumentaría nuestra capacidad de desarrollar ciertas enfermedades como el cáncer.

El daño en el ADN ocurre frecuentemente y se le conoce como *genotoxicidad*. La genotoxicidad se da por diversos agentes, entre ellos, los externos, que pueden ser físicos, químicos o biológicos. Un ejemplo de agentes físicos son los conocidos rayos UV del sol. ¿Alguna vez has ido a la playa y quedado super quemado? Eso

pasa porque nuestras células están en constante exposición a los rayos UV, que pueden producir 100 mil lesiones en una sola célula, ¡en sólo una hora! (Zlatanova y Holde, 2023). Por eso tu piel queda muy quemada después de una exposición larga a altas concentraciones de rayos UV. Asimismo, existen agentes biológicos que afectan al ADN, como los virus, bacterias y parásitos. Y por supuesto, también están los agentes químicos, como los asbestos y las bebidas alcohólicas.

Pese al duro trabajo de los investigadores, no se ha logrado concluir si los aditivos alimentarios que contienen nanopartículas causan genotoxicidad, como es el caso del dióxido de titanio (E171) (EFSA, 2021), los óxidos e hidróxidos de hierro (E172) (ANS Panel, 2015) y de la plata (E174) (ANS Panel, 2016). Sin embargo, tampoco se ha podido concluir que sean seguros... Y es que imagina lo complejo que es estudiar algo tan pequeño dentro de nuestro cuerpo como lo es el ADN.

## ¿Qué aditivos dañan al ADN?

Existe un gran problema al evaluar si un aditivo alimentario es genotóxico, ya que la mayoría de las investigaciones no establecen que “no es seguro consumir este aditivo”. De hecho, unos estudios pueden mostrar resultados donde no se observa ningún daño a nuestras células por algún aditivo, mientras que otros sí lo hacen. Es gracias a estos resultados inconclusos o contradictorios que resulta muy complicado decir si un aditivo es genotóxico, aparte que no todas las investigaciones se enfocan en estudiar este fenómeno de forma directa, sino que están centrados en el desarrollo de cáncer.

Por ejemplo, en la búsqueda de la posible genotoxicidad de aditivos, se han expuesto células del intestino a dióxido de titanio (E171) durante un período corto (1 día). En este experimento, la doble cadena del ADN no se separa, ni se oxidan sus bases nitrogenadas por el aumento de especies reactivas de oxígeno (ROS), que son dañinas para el ADN (Alba García-Rodríguez et al., 2018). A pesar de ello, en un modelo de ratones se ha encontrado que el consumo del E171 puede aumentar la posibilidad de generar tumores cancerosos en el intestino grueso (Urrutia-Ortega et al., 2016). Lo anterior, es una evidencia indirecta de la genotoxicidad del E171 y sus posibles consecuencias. No obstante, son necesarios más estudios para que la comunidad científica pueda concluir si sus nanopartículas tienen un efecto genotóxico.

Por otro lado, se ha demostrado el potencial efecto genotóxico de las nanopartículas de plata (que se encuentran en el E174) en la médula ósea de ratas (Patlolla et al., 2015). Además, en estudios con ratones se ha encontrado que las nanopartículas del E174 puede acumularse en tejidos como el intestino delgado, hígado, riñones y bazo (Narciso et al., 2020). Esto es relevante porque al haber una acumulación de nanopartículas, éstas pueden generar un efecto genotóxico en los tejidos, debido a que las células entran en estrés<sup>1</sup> al no reconocerlas estas partículas externas y fuera de lo habitual, con lo que aumentan las ROS, lo que con el tiempo puede provocar la ruptura del ADN.

<sup>1</sup>Una célula entra en estado de estrés, en respuesta a condiciones adversas o estímulos que comprometen su normal funcionamiento. Por ello, activan una serie de respuestas biológicas para intentar adaptarse y sobrevivir.

Además de los anteriores, otro de los aditivos del cual no existe mucha evidencia de su genotoxicidad es el dióxido de silicio (E551). Sin embargo, se ha demostrado que su consumo puede tener efectos genotóxicos en el bazo de ratas (Villani et al., 2022).

Esto es sólo por mencionar algunos estudios de los muchos que se han hecho con estos aditivos. Aunque hay muchos otros que no incluimos aquí, es necesario que te mencionemos que aún falta más por investigar acerca de estos aditivos alimentarios, para poder demostrar su seguridad o sus efectos tóxicos.

## Conclusión

Aunque aún no se ha demostrado de forma concreta que los aditivos alimentarios con nanopartículas puedan dañar al ADN, sí se han demostrado otros efectos adversos, como la generación de ROS, acumulación en los tejidos y el incremento de tumores en ratones. Esto debe mantenernos alerta, ya que estos aditivos se utilizan en muchos productos, y tenemos que ser conscientes de que aún faltan estudios por llevar a cabo. Aunque la genotoxicidad aún se está evaluando, hay que contemplar que no estamos expuestos a un solo agente químico, o a un único aditivo alimentario, sino a muchos agentes que podrían tener algún efecto en conjunto y hacer que estemos más propensos a desarrollar alguna enfermedad, como el cáncer.

## Agradecimientos

El artículo de difusión fue realizado como parte de nuestras actividades académicas, y con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN209522) de la Dirección General de Personal Académico (DGAPA-UNAM).

## Referencias

- ❖ Alba García-Rodríguez, L. V., Marcos, R., y Hernández, A. (2018). Titanium dioxide nanoparticles translocate through differentiated Caco-2 cell monolayers, without disrupting the barrier functionality or inducing genotoxic damage. *Journal of applied toxicology*, 38(9), 1195–1205. <https://doi.org/10.1002/jat.3630>
- ❖ ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food). (2015). Scientific Opinion on the re-evaluation of iron oxides and hydroxides (E 172) as food additives. *EFSA Journal*, 13(12), 4317-57. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4317>
- ❖ ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food). (2016). Scientific opinion on the re-evaluation of silver (E 174) as food additive. *EFSA Journal*, 14(1), 4364-64. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4364>
- ❖ Comisión Europea. (2022). *Recomendación de la comisión de 10 de junio de 2022 relativa a la definición de nanomaterial (Texto pertinente a efectos del EEE) (2022/C 229/01)*. <https://tinyurl.com/2327c9dp>

- ❖ McClements, D. y Xiao, H. (2017). Is nano safe in foods? Establishing the factors impacting the gastrointestinal fate and toxicity of organic and inorganic food-grade nanoparticles. *NPJ science of food*, 1(6). <https://doi.org/10.1038/s41538-017-0005-1>
- ❖ Monteiro, A., Cannon, G., Levy, R. B., Lawrence, M., Costa Louzada, L., y Pereira-Machado, P. (2019). *Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system*. FAO. <https://tinyurl.com/stytp4k2>
- ❖ Narciso, L., Coppola L., Lori, G., Andreoli, C., Zjino, A., Bocca, B., Petrucci, F., Di Virgilio, A., Martinelli, A., Tinari, A., Maranghi, F., y Tassinari, R. (2020). Genotoxicity, biodistribution and toxic effects of silver nanoparticles after *in vivo* acute oral administration. *NanoImpact*, 18, 100221. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2020.100221>
- ❖ Patlolla, A. K., Hackett, D., y Tchounwou, P. B. (2015). Genotoxicity study of silver nanoparticles in bone marrow cells of Sprague-Dawley rats. *Food and chemical toxicology*, 85, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.05.005>
- ❖ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Norma general para los aditivos alimentarios*. Codex STAN 192-1995. <https://tinyurl.com/362w9d6b>
- ❖ Urrutia-Ortega, I. M., Garduño-Balderas, L. G., Delgado-Buenrostro, N. L., Freyre-Fonseca, V., Flores-Flores, J. O., González-Robles, A., Pedraza-Chaverri, J., Hernández-Pando, R., Rodríguez-Sosa, M., León-Cabrera, S., Terrazas, L. I., van Loveren, H., y Chirino, Y. I. (2016). Food-grade titanium dioxide exposure exacerbates tumor formation in colitis associated cancer model. *Food and chemical toxicology*, 93, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.04.014>
- ❖ Zlatanova, J. y Holde, K. (2023). *Molecular Biology structure and dynamics of genomes and proteomes* (2.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.
- ❖ Villani, P., Eleuteri, P., Pacchierotti, F., Maranghi, F., Tassinari, R., Narciso, L., Tait, S., Lori, G., Andreoli, C., Huet, S., Jarry, G., Fessard, V., y Cordelli, E. (2022). Pyrogenic synthetic amorphous silica (NM-203): Genotoxicity in rats following sub-chronic oral exposure. *Mutation research. Genetic toxicology and environmental mutagenesis*, 876-877, 503458. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2022.503458>