



Foto: Omar Chávez.

# La gran paradoja del cáncer en el reino animal

Jesús Omar Chávez Sánchez y Ana Paula Bravo Olmedo

**Resumen:** La relación que existe entre el tamaño y longevidad de un organismo respecto a la probabilidad de desarrollar algún tipo de cáncer ha sido un tema de interés desde que se encontró que animales gigantes y longevos, como un elefante africano o una ballena azul, no desarrollaban cáncer en la proporción esperada. ¿Qué mecanismos anticáncer fueron el arma con que, en apariencia, la evolución pudo ganarle a esa enfermedad en ciertas especies de animales? En este artículo brindamos elementos que permiten comprender mejor este desconcertante fenómeno.

**Palabras clave:** tamaño, inmunología, neoplasias, evolución.

## Maayat'aan (maya): U noj jela'anil ba'ax k'a'abet u yúuchul yo'olal u k'oja'anil cáncer ich ba'alche'ob

**Kóom ts'íibil meyaj:** Le ba'ax yaan u yil ich u nojochil u wíinkil yéetel u yúuchbenil ba'alche' wáaj u ba'alil ja' bey xan u ts'áaik ti' u k'oja'anil cáncere' jump'éeel ba'al jach taak u k'ajóolta'al líik'ul ka ila'ab le jach nukuch ba'alche'ob yéetel le úuchbeno'obo', je'elbix u elefante africail bey xan masam wáaj ballena azul, ma'atan u k'oja'antalo'ob yéetel cáncer je'ex ku tuukulta'alo'. Máakalmáak ba'alo'ob ti'al u tokikuba'ob ti' le cáncer áanto'obo', leti' wáaj u bin u ma'alobtal u wíinkil ba'alche' wáaj evolución ichil wajayp'éeel ch'i'ibalil ba'alche'ob wal máan táanil ti' le k'oja'anila'. Te' meyajja' kek ts'áaik ojéelbil ba'alo'ob ti'al k utsil na'atik le ja'ak'a'an óol ba'al ku yúuuchula'.

**Áantaj t'aano'ob:** u nojochil, inmunología, neoplasias, evolución.

## Bats'i k'op (tsotsil): Mu na'bil k'u yu'un mu staik xchamelal kanser ti chonbolometike

**Ya'yejal vun ta cha'oxbel k'op:** Ti k'u x-elan jmoj yelanil ta smuk'ul xchi'uk ta smolibel jun chonbolom xchi'uk ti jech mu'yuk mu tabil ta ilel ta staik k'usiuk jchopukal xchamelal kanser, ja' jun a'yej tsots sk'oplal xich' ojtikinel k'alal lajyich' tael ta ilel muk'tikil chonbolometik xchi'uk ti toj ven molibenik xae, jechik k'ucha'al tsemen ta africa xchi'uk jkot muk'tachoy bayena azul sbie, yu'un mu'yuk bu ta xvok' kanser ta sbek'talik ti va'ay x-elan smuk'tikil chonbolometike. ¿k'usitik ja' ta svok'es ta sbek'talik ti jech lajstsal jun jmilvanej chamel ta sbek'talik ti cha'oxchop chonbolometike? Ti li' vune ja' ta xalbe ya'yejal k'u xi jech ta xk'otan ta pasel ta stojolik ti chonbolometike.

**Cha'oxbel k'opetik tunesanbil:** Smuk'ulil, mu stael chamel, jk'ol o xch'iel bek'talil.

El vínculo entre el cáncer y los animales ha trascendido la ciencia, la etimología e incluso las estrellas. En la cultura occidental, la palabra puede remitirnos a la imagen de un cangrejo, y es probable que algunas personas que lean este artículo pertenezcan al signo zodiacal Cáncer, representado por dicho crustáceo.

Más allá de las referencias anecdóticas, la alusión al término nos conmueve por ligarse a una enfermedad contra la que día a día perdemos batallas, y lo cierto es que la humanidad se enfrenta a ella desde tiempos inmemoriales; incluso se han descubierto rastros de tumores cancerígenos en antiguas momias egipcias.

Aunque normalmente lo abordamos como un tema dolorosamente humano, es una realidad para el reino animal; no obstante, la fauna de gran tamaño parece más propensa a eludir la afección, lo que podría brindar, al menos, una pequeña ventana de esperanza.

### Errores microscópicos, consecuencias colosales

Lo que comúnmente conocemos como cáncer es en realidad un conjunto diverso de condiciones que pueden dañar a casi cualquier tipo de tejido corporal humano. Se caracteriza por la formación de células anormales (neoplasia) que crecen sin control en cualquier parte del cuerpo. La mala noticia es que son anomalías de origen genético, un resultado de mutaciones en los genes de nuestro ADN con la capacidad de modificar el comportamiento celular.

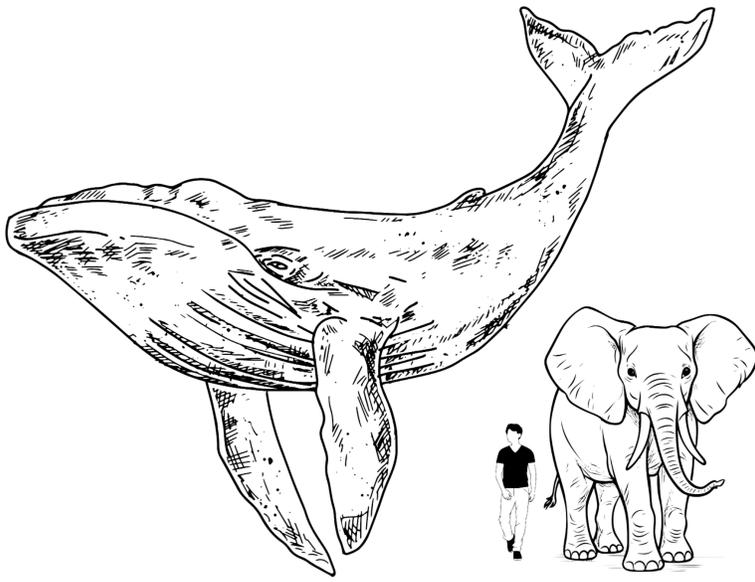
Según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, en 2020 se registraron casi 10 millones de muertes a nivel



Ejemplar de cangrejo rojo de roca (*Grapsus grapsus*) observado en La Paz, Baja California Sur. La palabra cáncer proviene del griego *karkinos*, que significa cangrejo. Foto: Omar Chávez.

mundial relacionadas con este grupo de enfermedades. Existe cura para varios tipos del padecimiento, pero la posibilidad de eliminarlo dependerá en gran medida del tejido en el que la neoplasia se haya desarrollado, si ha ocurrido o no metástasis y su grado de avance. No existe una cura universal debido a su complejidad, y en especial porque todos los tipos de cáncer son distintos según el tejido afectado y los genes que en primer lugar mutaron. Por eso ha sido tan desafiante hallar la solución definitiva.

Para entender mejor la relación del cáncer con las células, comencemos por recordar que estas son pequeños bloques con los que todos los seres vivos estamos hechos. Los organismos multicelulares, como lo somos los animales, estamos conformados por millones de ellas y todas trabajan en conjunto para mantenernos con vida. Para que una célula se vuelva canceroso-



Ejemplos de macrofauna terrestre y marina: elefante africano y ballena jorobada. Imagen representativa, no a escala. Imagen de uso libre generada con Canva: <https://www.canva.com/>

sa deben ocurrir mutaciones en dos tipos de genes que alberga nuestro genoma: en los genes de supresión de tumores y en los genes que controlan la división celular.

Cuando una célula se divide, genera una nueva copia idéntica de su genoma (ADN), pero si ocurre un error durante la división (mutación del ADN), el error se hereda a las nuevas células que se originen. Los genes de supresión de tumores y los que controlan la división celular tienen la función de detener el crecimiento de la célula una vez que haya terminado de segmentarse, y de eliminarla en caso de que no se detuviese. Si la mutación se produjo en estos genes específicos, entonces tendremos una célula que no parará de dividirse y crecerá incontrolablemente.

Conforme avanzamos en edad, nuestras células siguen fraccionándose para reemplazar tejidos viejos, y cada que lo hacen es más probable que se cometan y acumulen los errores que potencialmente convierten en cancerosa a una célula. En los humanos se llevan a cabo alrededor de unos 10 mil billones de divisiones celulares a lo largo de toda la vida, esas son 10 mil billones de veces que el cuerpo hará una nueva copia de ADN y cada una es una oportunidad para que se cometan y acumulen fallas. Las posibilidades aumentan cuanto más viva una persona.

Además, mientras mayor sea el número de células que conforman un organismo, es decir, mientras más grande sea su cuerpo, mayor será la cantidad de células que se estarán dividiendo a lo largo de su vida. Esto aumenta la probabilidad de que ocurran errores al dividirse. Por ejemplo, se ha estimado que por cada 10 centímetros de altura de más que pueda tener una persona suman 10% de probabilidad de desarrollar algún tipo de cáncer. Siguiendo esta lógica, se esperaría que los animales más grandes y longevos desarrollen un mayor número

de estas enfermedades a lo largo de su vida. La conclusión obvia sería que los animales gigantes de nuestra era, como los elefantes, ballenas o rinocerontes, estarían gravemente afectados por todo tipo de cáncer, pero sorprendentemente no es así. A este fenómeno se le conoce como paradoja de Peto.

### La paradoja de Peto

A mediados de 1970, el epidemiólogo Richard Peto de la Universidad de Oxford, en Reino Unido, observó que no hay una relación lineal entre el tamaño de los organismos y la probabilidad de desarrollar cáncer. Comenzó observándolo en ratones, organismos que tienen las mismas probabilidades que los humanos de desarrollar esa afección a pesar de ser mucho más pequeños. Esto no pasa con los enormes animales del mundo actual.

Anna Dart evidenció en una publicación de 2022 que los casos de cáncer registrados en los animales de más tamaño no correspondían a los esperados. Es decir, que un organismo más grande se compone de un mayor número de células, lo que a su vez aumenta proporcionalmente las divisiones, y cada una de ellas es una posibilidad de que la célula se equivoque y, por tanto, se desarrolle algún tipo de cáncer. También la longevidad permite que las células realicen divisiones durante más tiempo y que se acumulen mutaciones en los genes. Sin embargo, parecía ser que los grandes animales habían desarrollado la forma de superar el cáncer a pesar de sus aparentes desventajas.

Para el caso de la majestuosa ballena azul, el animal más colosal sobre la Tierra y cuyo peso equivale a 1,700-2,500 humanos de peso promedio, se estima que su cuerpo se podría llegar a componer de cientos de billones o unos pocos cuatrillones de células. Aunque no hay un número exacto, la magnitud de esta cifra es impresionante. Es desconcertante reconocer el hecho de que no presenten tantas neoplasias como se supondría. Sin duda la naturaleza es muy sabia.

¿Cómo es que la evolución pudo vencer al cáncer, mientras que los científicos médicos siguen luchando en nombre de la humanidad para salvar a nuestros seres queridos que lo desarrollan? Se ha encontrado que millones de años de evolución han otorgado a estos enormes animales las herramientas necesarias para resolver el problema, pero también la naturaleza misma de las neoplasias podría jugar un rol en esto.

### Defensa contra la enfermedad

Por un lado, a la par que los animales se iban haciendo más grandes mediante la selección natural (el mecanismo que elige a los individuos más aptos para sobrevivir), tuvieron que haber surgido estrategias para evitar que sucumbieran a al-





Ejemplar de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) observado en La Paz, Baja California Sur. Un individuo adulto puede medir de 15 a 19 metros con un peso aproximado de 40 toneladas, y vivir hasta más de 50 años. Foto: Omar Chávez.

gún tipo de cáncer. Por ejemplo, Ewen Callaway, en un trabajo publicado en 2015, afirma que los elefantes africanos cuentan con 20 copias de un gen denominado p53 en su genoma, mientras que los humanos tienen una sola copia. El gen p53 es clave en los mecanismos de lucha contra las neoplasias; su función radica en detener el ciclo de división celular para reparar el daño al ADN, y lo hace evitando mutaciones negativas, induciendo la eliminación de las células potencialmente peligrosas y promoviendo la reparación del ADN.

Otra posible manera en que los animales grandes resisten al cáncer podría ser su gran tamaño. Se ha especulado que quizás las neoplasias no logran crecer lo suficiente como para afectarlos significativamente por el fenómeno conocido como hipertumores. Dado que las células cancerosas crecen sin control y requieren grandes cantidades de energía y recursos (nutrientes que roban del torrente sanguíneo), cuando la neoplasia alcanza un tamaño determinado comienza una competencia por los recursos por parte de las células cancerosas adyacentes, lo que hace que se eliminen entre ellas. De esta manera las neoplasias se destruyen entre sí antes de suponer una amenaza para el animal.

¿Por qué nos interesaría resolver esta paradoja de una vez por todas? Porque estudiar los mecanismos de prevención y supresión del cáncer en los animales de gran tamaño podría ayudar

a la inmunología comparada a encontrar nuevos caminos para tratar los distintos tipos de cáncer en humanos. La inmunología comparada es la disciplina que estudia la evolución de los sistemas de defensa contra enfermedades, y analiza las semejanzas y diferencias entre distintas especies.

Es recurrente observar que la naturaleza ya ha conseguido resolver muchos de los problemas a los que se enfrenta la humanidad, a través de mecanismos y herramientas biológicas diseñadas por la evolución, así que vale la pena tratar de comprenderlas y analizarlas buscando aplicarlas en la medicina moderna. Quizás si algún día logramos vencer completamente estas enfermedades, agradeceremos a nuestros amigos perdidos por darnos el ejemplo.

### Bibliografía

- Callaway, E. (2015). How elephants avoid cancer. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2015.18534>
- Dart, A. (2022). Peto's paradox put to the test. *Nature Reviews Cancer*, 22(3), 129-129. <https://doi.org/10.1038/s41568-022-00447-4>
- Vincze, O., Colchero, F., Lemaître, J.-F., et al. (2022). Cancer risk across mammals. *Nature*, 601(7892), 263-267. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04224-5>

Jesús Omar Chávez Sánchez es estudiante de la Maestría en Ciencias en el Instituto de Ecología (Xalapa, Veracruz, México) | [jesus.chavez@posgrado.ecologia.edu.mx](mailto:jesus.chavez@posgrado.ecologia.edu.mx) | <https://orcid.org/0009-0005-4338-3704>

Ana Paula Bravo Olmedo es encargada de divulgación de la ciencia en la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado en la Universidad de Guanajuato (Guanajuato, Guanajuato, México) | [ap.bravoolmedo@ugto.mx](mailto:ap.bravoolmedo@ugto.mx) | <https://orcid.org/0009-0001-5572-6429>

