

Homo imperfectus

José Antonio **González Oreja**

Un vehículo todoterreno se desplaza por las extensas planicies del Parque Nacional del Serengueti, en el norte de Tanzania, mientras graba una escena de caza. A plena luz del día, el potente *zoom* de la moderna videocámara capta a un guepardo que persigue a toda velocidad a una joven gacela de Thomson. La voz en *off* del narrador del documental nos recuerda que el guepardo es el animal terrestre más rápido conocido, pues se han documentado velocidades máximas de unos 115 kilómetros/hora, y refuerza en nosotros la idea de que está perfectamente adaptado a las condiciones de vida en el ecosistema de la sabana de África. La voz en *off* afirma, también, que todo en la anatomía del depredador está perfectamente diseñado para este momento, pues se alcanzan los límites biomecánicos de tolerancia del sistema musculoesquelético del guepardo. Son ejemplo de ello la extensión y flexión extrema de su columna vertebral, así como el fantástico despliegue de sus extremidades durante las fases en suspensión del movimiento, que le permiten prolongar la longitud de la zancada y acelerar de forma casi explosiva para lograr tales velocidades (Kardong, 2009).

Sin embargo, la gacela, todavía inexperta en la realidad de las relaciones ecológicas entre depredadores y presas, se hace grácilmente a un lado en la última milésima de segundo y el cuerpo del guepardo, que no puede evitar las consecuencias de las leyes de la física sobre los seres vivos, rueda atropelladamente por el suelo

cuarteado, reseco y polvoriento de la sabana. Al parecer, la perfección en el diseño del guepardo no ha sido suficiente como para garantizar su éxito en este lance de caza: la joven gacela vivirá, por lo menos, para ver una puesta de sol más sobre el ardiente horizonte del Serengeti.

UNA NATURALEZA IMPERFECTA

Aunque la escena anterior es fruto de mi imaginación, incluida la voz en *off* y su explicación sobre la supuesta perfección de la adaptación del guepardo a su modo de vida como un superdepredador de la sabana, lo cierto es que narraciones así abundan. No tenemos más que disfrutar de canales de televisión como Animal Planet, Discovery Channel o National Geographic, o las más modernas plataformas como Amazon o Netflix, para confirmar lo que digo. La idea de que los seres vivos están perfectamente adaptados a su medio ambiente nos resulta fascinante y, muy probablemente, los creadores de contenidos sobre la naturaleza lo saben y lo explotan de forma consciente.

Sin embargo, como nos aclara cualquier buen libro de texto sobre evolución (por ejemplo, Emlen y Zimmer, 2020), los seres vivos *no* están perfectamente adaptados; ni necesitan estarlo. Después de todo, ¿qué implicaría que un ser vivo se comportase como si fuera una máquina perfectamente adaptada a su medio ambiente? Si no existiesen limitaciones a lo que puede lograr la evolución por selección natural, los seres vivos perfectamente adaptados podrían reproducirse a una tasa infinita, serían totalmente inmunes a los ataques de los depredadores y los parásitos, no tendrían problemas para sobrevivir por siempre y mostrar una longevidad eterna, etcétera (Maynard Smith, 1978). Está claro que no existen tales seres vivos. Afirmar alegremente, como hacen muchos documentales de la naturaleza, que los seres vivos están perfectamente adaptados a su medio ambiente, es utilizar un lenguaje vacío de contenido. Por razones como esta, y medio en broma, medio en serio, invito

siempre a mis estudiantes de evolución a que eliminen la palabra “perfección” de su vocabulario.

IMPORTANCIA EVOLUTIVA DE LA IMPERFECCIÓN

En el siglo XIX, la aparente perfección de los diseños de los seres vivos había sido utilizada por la teología natural para inferir la existencia de un creador divino, omnipotente y generalmente benevolente (Ayala, 2007). No mucho después, Charles Darwin –sin negar la excelencia del diseño– propuso por primera vez una explicación muy diferente: la selección natural. En esencia, la selección natural permite entender la adaptación de los seres vivos a las condiciones ambientales locales; *i.e.*, aquí y ahora. Pero, en contra de lo que todavía parece ser una creencia generalizada, no propone ningún principio perfeccionador.

Esta misma idea la recogió Stephen Jay Gould ya en sus primeros ensayos. De forma magistral, Gould (1977, 1980, 1983) mostró que la evolución por selección natural no conduce a la perfección, y explicó por qué que no deberíamos buscar evidencias de que la evolución es un hecho en la supuesta perfección de las adaptaciones. En efecto, la perfección podría ser la consecuencia tanto de un creador divino como de un proceso “ciego” (*sensu* Dawkins, 1986) de selección natural. Además, la perfección no necesita tener historia: cuando la historia perfecciona, borra sus huellas. Se podría afirmar que la confianza de Darwin (y de Gould) en la selección natural no descansaba en los “órganos de extrema perfección y complejidad”, sino en las rarezas e imperfecciones que existen en tales diseños, y que revelan una historia, muchas veces curiosa, compleja y caprichosa. En resumen: la teoría de la evolución por selección natural encuentra en la imperfección el apoyo que no puede encontrar en la perfección.

Es lo que el propio Gould (1980) denominó “el principio del panda”, haciendo referencia a su ejemplo favorito: el del falso pulgar del oso panda gigante. Los pandas gigantes son descendientes herbívoros de ancestros carnívoros; la evolución de esta dieta, que actualmente se basa en los

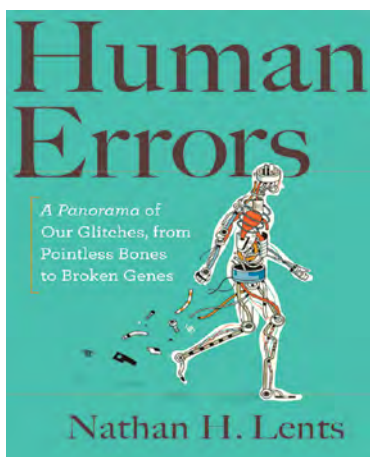


Figura 1. Portada. Lents NH (2018). *Human Errors. A Panorama of Our Glitches, from Pointless Bones to Broken Genes*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.

bambúes, implicó cambios notables en los modos de vida de la especie, incluida su anatomía. En la actualidad, los osos panda presentan un rasgo anatómico en las muñecas de sus extremidades anteriores que parece ser un dedo adicional (i.e., un sexto dedo, o falso pulgar), pero que en realidad es un hueso sesamoideo¹ que ha sido modificado a lo largo de la evolución, lo que produce una estructura subóptima pero aun así funcional. De este modo, aunque es un “dedo” claramente imperfecto (de hecho, no es un verdadero dedo), el pulgar del panda le permite agarrar y manipular los tallos de bambú con notable destreza. Así pues, siguiendo a Gould (1983), podemos desvelar la historia del pasado, que incluye la evidencia del origen, gracias a las imperfecciones de los seres vivos, que son la marca de la evolución.

HOMO IMPERFECTUS

Nos guste o no, nuestra especie es igualmente imperfecta. En *Human errors* (Figura 1), un libro fácil de leer y escrito con sentido del humor,² Nathan Lents (2018) nos muestra un amplio panorama de nuestros muchos defectos, que nos alejan definitivamente de la condición perfecta que muchos de nosotros querríamos tener.

En la introducción, el autor se hace eco de la increíble belleza del cuerpo humano, así como de

la complejidad y grandeza de sus sistemas, órganos y tejidos, que resultan a todas luces maravillosas, casi milagrosas, y sobre las cuales podemos saber más consultando cualquiera de los miles de libros que encontraremos en la biblioteca de una buena facultad de medicina. El suyo no será un libro así, pues estará dedicado a mostrar nuestros muchos defectos, de cabo a rabo. Nuestros errores resultan tremendamente informativos y gracias a ellos podemos mirar a nuestro pasado y valorar el camino que hemos recorrido a lo largo de nuestra evolución. Cada célula, cada proteína, cada letra de nuestro DNA es el fruto de un largo proceso evolutivo que nos ha llevado a tener un cuerpo fantásticamente robusto, lleno de vigor, con capacidad de resistir los ataques de los elementos, y que ha resultado lo suficientemente exitoso como para llegar hasta el momento presente en el curso de la evolución. Un cuerpo, sin embargo, que no es perfecto.

Cualquier discusión sobre las limitaciones que la evolución impone en el cuerpo humano debe comenzar, dice el autor, por reconocer su belleza y capacidad. Pero, a partir de entonces, en seis capítulos, más un epílogo, hace un repaso por los múltiples errores que hacen de nosotros una especie imperfecta, plagada de disposiciones extrañas, diseños ineficientes y defectos manifiestos. Veamos tan solo tres de ellos.

1. *Estamos mal contruidos*. Mientras que la locomoción de otros primates utiliza sus cuatro extremidades, nosotros, los seres humanos, andamos (al menos, en nuestro estado adulto... y sobrio) sobre las extremidades posteriores: las piernas; es lo que se conoce con el nombre de bipedalidad (del latín *bipedalis*, de dos pies). A lo largo del tiempo, la evolución de la anatomía humana nos ha permitido mantener una postura bípeda, principalmente gracias a cambios en las piernas, la pelvis y la columna vertebral. Andamos y corremos razonablemente bien de este modo, erguidos. Tanto es así que, ingenuamente, podríamos esperar que la evolución hubiera perfeccionado la bipedalidad.



© Carlos Mario Delacruz. De la serie *El espejo onírico*.

No es así. El proceso de adaptación anatómica de los seres humanos a la postura erguida y la bipedalidad no ha terminado todavía. Los diversos fallos que Lents recoge en *Human errors* incluyen el pobre diseño del mesenterio, es decir, el tejido conjuntivo altamente vascularizado que une los órganos viscerales con las paredes abdominales. En contra de lo que podríamos esperar, nuestro mesenterio no está suspendido de la parte superior de la cavidad abdominal; en realidad, tal y como ocurre en los demás primates, nuestro mesenterio “pende” de la parte posterior de la misma. Esta disposición, que tiene pleno sentido en nuestros ancestros evolutivos (animales cuadrúpedos), puede acarrear lesiones en los seres humanos (bípedos) que llevan una vida sedentaria y permanecen sentados durante períodos de tiempo prolongados.

Los ejemplos de Lents incluyen, también, casos más graves, como el ligamento cruzado anterior (en adelante, LCA), que es el encargado de realizar la mayor parte del trabajo a la hora de permitir el movimiento de nuestras piernas en torno a las rodillas, y que tantas molestias acarrea a muchos deportistas que tienen que cambiar bruscamente de dirección o ejercer fuertes impulsos sobre sus rodillas.

Si no le exigimos demasiado al andar o correr en condiciones normales, el LCA hace bien su trabajo al mantener unidas la parte superior de la pierna con la parte inferior. Pero, cuando “forzamos la máquina” (*i.e.*, cuando corremos velozmente y paramos de modo brusco, o giramos violentamente a gran velocidad, como ocurre con muchos futbolistas o tenistas), entonces el LCA puede no ser lo suficientemente fuerte como para mantener los huesos de las piernas, y puede romperse (*i.e.*, desgarrarse) de forma parcial o total.

El LCA conecta los cóndilos del fémur con el área entre los cóndilos de la tibia, justo bajo la rótula, y resulta tan vulnerable precisamente como consecuencia de nuestra postura erguida sobre nuestras extremidades posteriores (las piernas). Aunque nuestros ancestros comenzaron a desplazarse en una postura erguida hace cerca de seis millones de años, resulta frustrante (pero no del todo sorprendente) que nuestra anatomía todavía no haya tenido tiempo suficiente como para completar esta adaptación.

2. *Una dieta imperfecta.* Más adelante, Lents analiza los fallos que encontramos en nuestra dieta y que (a diferencia de otras especies animales) nos hace depender de fuentes suplementarias de sales minerales, vitaminas y otros micronutrientes esenciales. Tanto es así que la nuestra tiene más necesidades alimenticias que la de la mayor parte de las especies que comparten el reino animal con nosotros. Nuestros cuerpos no pueden sintetizar muchos de los compuestos que otros animales sí, por lo que debemos incluirlos en la dieta.

La historia de cómo la evolución hizo que nuestros ancestros primates “se olvidasen” de producir vitamina C (*i.e.*, ácido ascórbico) resulta fascinante e ilustra una vez más nuestra naturaleza imperfecta. Aunque estamos equipados con todas las herramientas genéticas para sintetizar esta vitamina, uno de los genes necesarios (conocido como GULO) resulta en nosotros inservible, pues se ha convertido en un “fantasma evolutivo”, lo que en genética se conoce como un pseudogen.

Las mutaciones aleatorias en la secuencia de nucleótidos de este gen se fueron acumulando a lo largo del tiempo, e implicaron finalmente su pérdida de funcionalidad. Muy probablemente, estos fallos fueron tolerados por la evolución solo porque tuvieron lugar en un grupo animal que podía suplir la carencia de vitamina C gracias a una dieta rica en frutos en los que se encontraba en concentraciones elevadas.

No olvidemos que la vitamina C es necesaria, entre otras funciones, para la biosíntesis del colágeno, así como para el normal crecimiento del tejido óseo y la reparación de sus fracturas. Y no



© Carlos Mario Delacruz. De la serie *El espejo onírico*.

olvidemos, tampoco, que su ausencia, y la de los alimentos frescos en los que se encuentra, acarrea el desarrollo de enfermedades como el escorbuto, y que la falta de vitamina D conduce al desarrollo de raquitismo (una enfermedad exclusivamente humana), y que desarrollaremos muchas otras enfermedades si nuestra dieta no incluye las cantidades necesarias de ciertos metales (como el cobalto, el cobre, el cromo, el zinc o el molibdeno).

3. *El emperador de todos los males.* Son muchos los fallos que Lents analiza en *Human errors* y, aunque algunos de nosotros nunca vayamos a sufrir de alergias, o de ataques al corazón, y nunca vayamos a mostrar síntomas de enfermedades autoinmunes, hay una “bestia” que nos acecha a todos: el emperador de todos los males (Mukherjee, 2010): el cáncer. Pues, como señala Lents, si vivimos lo suficiente (*i.e.*, si no morimos antes),



© Carlos Mario Delacruz. De la serie *El espejo onírico*.

hay una probabilidad de prácticamente el 100 % de que tengamos cáncer.

El cáncer no es una enfermedad exclusiva de nuestra especie, pues (al menos en principio) todos los seres vivos multicelulares están expuestos al riesgo de sufrirlo. Así entonces, ¿por qué Lents incluye al cáncer en su libro sobre errores humanos? Sencillamente, porque el cáncer es, quizás, el mejor ejemplo de que la naturaleza es imperfecta, el resultado de un mal diseño; en este caso, la consecuencia inevitable del mal funcionamiento de los seres vivos multicelulares que se reproducen sexualmente. En la inmensa mayoría de los casos, el cáncer es un producto de nuestras células. Recordemos que, salvo excepciones, el cáncer se desarrolla cuando, como resultado de ciertas mutaciones, algunas células individuales no cumplen con sus propios “códigos de conducta” y comienzan a crecer, multiplicarse y proliferar fuera de control. Las células cancerosas muestran muchos

comportamientos “diabólicos”, casi superpoderosos (Gibbs, 2004).

En efecto, pueden crecer en ausencia de señales que se lo indiquen, y pueden crecer también a pesar de la existencia de señales que se lo impidan. Pueden evadir mecanismos autodestructivos codificados en programas genéticos de “suicidio celular” (*i.e.*, apoptosis), y pueden, además, estimular el crecimiento de vasos sanguíneos que les aporten nutrientes y oxígeno suficientes como para proliferar. Algunas células cancerosas son potencialmente inmortales, y tienen la capacidad de invadir otros tejidos y dispersarse a otros órganos de un mismo cuerpo, interfiriendo así con los sistemas de soporte vital. Podemos entender el curso de esta enfermedad gracias a la teoría de la evolución por selección natural actuando a nivel celular.

Si una de estas células mutantes crece y se divide a una tasa siquiera ligeramente superior a la de las demás células no mutantes, entonces su descendencia (su linaje celular, canceroso) dominará numéricamente a las demás.

En resumen: el cáncer es el resultado de sucesivos episodios de mutación, competencia y selección natural de unos linajes celulares frente a otros. Frecuentemente, este crecimiento canceroso se dispersa e invade otros tejidos, hasta que el cuerpo como un todo pierde su homeostasis y finalmente muere.

Como dice Lents, la triste ironía es que, en cierto sentido, el cáncer es un efecto secundario inevitable de la maquinaria de la vida. Todo lo que la evolución ha sido capaz de producir, incluidas las maravillas del cuerpo humano, se debe en última instancia a la mutación. Los errores aleatorios que se introducen en el genoma de los seres vivos acarrearán variedad genética y pueden suponer innovaciones evolutivas. Así pues, desde un punto de vista evolutivo, las mutaciones son la fuente última de la diversidad genética, y esta es la materia prima sobre la que puede actuar la selección natural. Si no hubiera sido por las mutaciones aleatorias, sin la capacidad de cometer errores en los procesos de copia de la información genética, la

© Carlos Mario Delacruz. De la serie *El espejo onírico*.



vida sería hoy día tal y como fue miles de millones de años atrás. No existirían los velocísimos guepardos de la sabana del Serengeti, ni sus presas principales, las ágiles gacelas de Thomson, ni nosotros, los seres humanos... Pero, por otra parte, las mutaciones son, también, la causa del cáncer. El error está dentro del sistema, y es inevitable; en ese sentido, el cáncer es el error perfecto.

NOTAS

- ¹ Generalmente, los huesos sesamoideos son pequeños, redondeados y planos; se desarrollan en el interior de los tendones y están habitualmente sometidos a fuerzas de tensión y compresión.
- ² Por ejemplo, el texto se abre con lo que el autor presenta como un comentario de su madre tras enterarse de que él iba a escribir un libro sobre los fallos de nuestra especie: Now, there's a topic you know a lot about!

REFERENCIAS

- Ayala FJ (2007). Darwin's greatest discovery: Design without designer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (Suppl. 1): 8567-8573.
- Dawkins R (1986). *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design*. New York: Norton.
- Emlen DJ, Zimmer C (2020). *Evolution. Making Sense of Life*. Third Edition. New York: Macmillan.
- Gibbs WW (2004). Untangling the roots of cancer. *The Science of Staying Young. Scientific American*, Special Edition: 60-69.
- Gould SJ (1977). *Ever since Darwin. Reflexions in Natural History*. New York: Norton.
- Gould SJ (1980). *The Panda's Thumb. More Reflexions in Natural History*. New York: Norton.
- Gould SJ (1983). *Hen's Teeth and Horse's Toes: Further Reflections in Natural History*. New York: Norton.
- Kardong KV (2009). *Vertebrates. Comparative Anatomy, Function, Evolution*. Sixth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Maynard Smith J (1978). Optimization theory in evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9:31-56.
- Mukherjee S (2010). *The Emperor of all Maladies. A Biography of Cancer*. New York: Scribner.

José Antonio González Oreja
Facultad de Ciencias Biológicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México
jgonzorj@hotmail.com



© Carlos Mario Delacruz. De la serie *El espejo onírico*.