

Capítulo 1

Genes 2.0

Cómo funcionan realmente los genes

En contra de lo que se nos ha enseñado, los genes no determinan por sí solos nuestros rasgos físicos y de la personalidad. En lugar de ello, interactúan con el entorno en un proceso dinámico y permanente que modela y pule de forma continua al individuo.

El sol empieza a alzarse sobre la vieja ciudad junto al río y desde las ventanas de la quinta planta del Hospital Universitario una recién nacida grita para anunciar su llegada al mundo. Los nuevos padres, ya agotados por la falta de descanso, la aprietan entre sus brazos y se limitan a observarla, en parte incapaces de creer que esto les esté ocurriendo de verdad, en parte sobrecogidos ante lo que tienen por delante. ¿Qué cara tendrá cuando crezca? ¿Cómo será? ¿Cuáles serán sus fortalezas y cuáles sus debilidades? ¿Cambiará el mundo o simplemente se las apañará? ¿Correrá con rapidez, formulará una nueva idea, cautivará a sus amigos, cantará para millones? ¿Tendrá talento para algo?

Solo los años lo dirán. Entre tanto, sus progenitores no necesitan en realidad conocer cuál será el resultado final: apenas quieren saber qué diferencia pueden aportar. ¿En qué medida la personalidad y habilidades de su hija recién nacida están ya predeterminadas? ¿Qué porción queda aún disponible? ¿Qué ingredientes pueden añadir y qué tácticas deben evitar?

La confusa mezcla de esperanza, expectativas y responsabilidades ha empezado...

TONY SOPRANO: Y pensar que soy el causante de ello.

DRA. MELFI: ¿Cómo que usted es el causante?

TONY SOPRANO: Está en su sangre. Esta maldita existencia miserable. Mis malditos genes, pútridos, asquerosos, han infectado el alma de mi niño. Ese ha sido mi regalo para mi hijo.

Los genes pueden ser un asunto aterrador si no se los entiende. En *The Bell Curve*, el libro que en 1994 se convirtió en un superventas, el psicólogo Richard Herrnstein y el politólogo Charles Murray advertían de que estábamos viviendo en un mundo cada vez más estratificado en el que una «élite cognitiva» (aquellos con los mejores genes) se encontraba más y más aislada de otros con material genético o cognitivo peor; «segregación genética» lo llamaron. Su mensaje no se prestaba a confusiones:

La ironía es que en la medida en que Estados Unidos iguala las circunstancias [ambientales] de la vida de las personas, las diferencias de inteligencia restantes son cada vez más producto de las diferencias genéticas... En resumen, el éxito y el fracaso en la economía estadounidense, y todo lo que ello conlleva, son de forma creciente consecuencia de los genes que los individuos heredan.

Una conclusión descarnada y aterradora y, por suerte, bastante errada. Los autores básicamente habían malinterpretado una gran cantidad de estudios y estaban convencidos de que aproximadamente el 60 por ciento de la inteligencia de cada individuo proviene de forma directa de sus genes. Pero los genes no funcionan así. «No hay factores genéticos que puedan estudiarse con independencia del entorno», explica Michael Meaney de la Universidad de McGill, uno de los mayores expertos mundiales en genes y desarrollo. «Y no existen factores ambientales que funcionen independientemente del genoma. [Un rasgo] emerge solo de la interacción entre el gen y el entorno.»

Aunque Herrnstein y Murray suscribían una agenda ideológica particular, su análisis parece también haberse visto las-

trado por un error común acerca del funcionamiento de los genes. Todos hemos aprendido que heredamos ciertas características complejas —como la inteligencia— directamente del ADN de nuestros progenitores, del mismo modo en que heredamos ciertos rasgos más simples como el color de los ojos. Y los medios de comunicación están continuamente reforzando esta creencia. Para muestra, un botón. He aquí cómo el diario *USA Today* explicó hace poco la herencia:

Piense en su composición genética como la mano de cartas que recibió en el momento de su concepción. Con cada nueva concepción en la familia, el mazo vuelve a barajarse y se reparte una nueva mano. Eso explica en parte por qué el pequeño Bobby duerme toda la noche como un bebé, siempre se porta bien y parece encantado con las matemáticas, mientras que su hermano Billy tiene cólicos, nunca presta atención y es el jefe de la pandilla desde la guardería.

Los genes dictan, los genes mandan, los genes determinan. Durante más de un siglo, esta ha sido la explicación comúnmente aceptada de cómo nos convertimos en lo que somos. En sus famosos experimentos con guisantes de las décadas de 1850 y 1860, Gregor Mendel demostró que rasgos básicos como la forma de las semillas y el color de las flores pasaban con fidelidad de una generación a la siguiente a través de «factores hereditarios» dominantes y recesivos (Mendel escribía antes de que fuera introducido el concepto «gen»). Después de ocho años y veintiocho mil plantas, Mendel había demostrado la existencia de los genes y parecía haber demostrado que los genes determinan por sí solos la esencia de lo que somos. Tal fue la interpretación inequívoca de los genetistas de comienzos del siglo xx.

Esa noción sigue vigente para muchos. «Los genes preparan el terreno», afirma *USA Today*. El entorno tiene un impacto en todos los aspectos de nuestras vidas, no cabe duda, pero primero están los genes; son ellos los que establecen los límites específicos, máximos y mínimos, de las habilidades potenciales de cada individuo. *¿De dónde sacó tu hermano esa sorprendente voz para el canto? ¿Cómo llegaste a ser tan alta? ¿Por qué no puedo bailar? ¿Por qué es tan rápida con los números?*

«Está en los genes», decimos.

Y eso era también lo que los autores de *The Bell Curve* pensaban. Ninguno de ellos advirtió que a lo largo de las últimas dos décadas las ideas de Mendel han sido objeto de una actualización completa, al punto de que un importante grupo de científicos sostiene que es necesario hacer borrón y cuenta nueva, y definir una forma completamente nueva de entender los genes.

Esta nueva vanguardia está formada por un conjunto de genetistas, neurocientíficos, psicólogos cognitivos y otros especialistas, algunos de los cuales se autodenominan teóricos de los sistemas de desarrollo. Yo los llamo *interaccionistas* debido a que hacen hincapié en la interacción dinámica entre los genes y el ambiente. No todas las ideas de los interaccionistas han sido aceptadas plenamente aún, y ellos mismos reconocen con franqueza su actual esfuerzo por articular todas las implicaciones de sus hallazgos. Pero parece muy claro ya que esas implicaciones tienen un enorme alcance y suponen un cambio de paradigma.

Para entender el interaccionismo, primero debemos olvidar todo lo que creíamos saber acerca de la herencia. «La concepción popular del gen como un agente causal simple no es válida», declaran las genetistas Eva Jablonka y Marion Lamb. «Los genes no pueden ser considerados como unidades autónomas, como segmentos específicos de ADN que siempre producen el mismo efecto. El que un segmento concreto de ADN produzca o no algo, qué produce, dónde y cuándo lo produce puede depender tanto de otras secuencias de ADN como del ambiente.»

Aunque Mendel no pudo detectarlo con sus híbridos de guisante perfectamente calibrados, los genes no son como los actores robot que dicen siempre las mismas líneas exactamente de la misma manera. Resulta que los genes interactúan con su entorno y pueden decir cosas diferentes según con quien estén hablando.

Esto destruye por completo la inveterada metáfora de los genes como elementos provistos de elaboradas instrucciones predefinidas para el color de los ojos, el tamaño de los pulgares, la agilidad matemática, la sensibilidad musical, etc. Ahora podemos contar con una metáfora más apropiada. En lugar de



ser elementos terminados, los genes (los veintidós mil existentes en el genoma humano)* son más parecidos a interruptores y botones de volumen. Imagine una consola de control enorme en el interior de cada célula de su cuerpo.

Otro gen o cualquier mínimo estímulo procedente del entorno puede encender o apagar, o subir o bajar, muchos de esos botones e interruptores. Y este encendido y apagado se produce constantemente. Empieza desde el momento en que somos concebidos y no se detiene hasta que lanzamos nuestro último aliento. En lugar de darnos instrucciones inmodificables sobre cómo ha de expresarse un rasgo, este proceso de interacción entre los genes y el entorno crea un recorrido de desarrollo único para cada individuo concreto.

* Los cálculos sobre el número real de genes varían.

Para abreviar, los nuevos interaccionistas llaman «G×E» a este proceso, fundamental para la comprensión actual de toda la genética. Reconocer la interacción G×E significa que ahora entendemos que los genes tienen una influencia poderosa en la formación de todos los rasgos, desde el color de los ojos hasta la inteligencia, pero que rara vez determinan de forma precisa cómo serán esos rasgos. Desde el momento de la concepción, los genes responden de forma constante a una amplia gama de estímulos internos y externos (nutrientes, hormonas, información sensorial, actividad física e intelectual y otros genes) e interactúan con ellos para producir una máquina humana única, a medida de las circunstancias únicas de cada persona. Los genes importan y las diferencias genéticas tendrán como resultado diferencias de rasgos, pero en última instancia cada uno de nosotros es un sistema dinámico, una criatura en desarrollo.

Este nuevo modelo dinámico G×E (genes multiplicados por entorno) es muy diferente del antiguo modelo estático de G+E (genes más entorno). De acuerdo con el antiguo paradigma, lo primero eran los genes, que eran los encargados de preparar el terreno o de darnos a cada uno nuestra primera mano de cartas, y solo después podíamos añadir las influencias ambientales.

El nuevo modelo empieza con la interacción. No hay cicimientos genéticos establecidos antes de que el entorno entre en acción; en lugar de ello, los genes se expresan en estricto acuerdo con su entorno. Todo lo que somos, desde el primer momento de la concepción, es el resultado de este proceso. No *heredamos* rasgos directamente de nuestros genes. Por el contrario, *desarrollamos* rasgos a través del proceso dinámico que es la interacción entre los genes y el entorno. En el concepto G×E, las diferencias genéticas siguen teniendo una importancia enorme. Pero, por sí solas, no determinan quiénes somos.

De hecho, ni siquiera heredamos nuestros ojos azules o marrones de los genes de nuestros progenitores. No de forma directa.

Debido a nuestro completo adoctrinamiento en la genética mendeliana, esto puede sonar disparatado en un primer momento. Pero la realidad ha resultado ser bastante más com-

pleja, incluso en el caso de los guisantes. Muchos científicos han entendido esta verdad mucho más compleja durante años, pero han tenido dificultades para explicarla a la sociedad en general. De hecho, resulta bastante más difícil de explicar que el simple determinismo genético.

* * *

Para entender los genes de forma más completa, necesitamos primero volver a dar un paso atrás y explicar qué es lo que realmente hacen:

Los genes dirigen la producción de las proteínas.

Cada una de nuestras células contiene una doble cadena de ADN completa, que a su vez contiene miles de genes individuales. Cada gen pone en marcha el proceso de ensamblar los aminoácidos para formar las proteínas. Las proteínas son macromoléculas especializadas que contribuyen a crear las células, transportar elementos vitales y poner en marcha las reacciones químicas necesarias. Hay muchos tipos diferentes de proteínas y son ellas las que nos proporcionan los elementos fundamentales de todo en nuestros cuerpos, desde la fibra muscular hasta el colágeno de los globos oculares, pasando por la hemoglobina. Somos, todos y cada uno, la suma de nuestras proteínas.

Los genes contienen las instrucciones para la producción de esas proteínas y dirigen el proceso de su elaboración (diagrama A).

Pero... los genes *no* son los únicos que influyen en el proceso de producción de las proteínas. Resulta que las mismas instrucciones genéticas están influenciadas por otros factores. Los genes están activándose y desactivándose de forma constante en respuesta a los estímulos ambientales, la nutrición, las hormonas, los impulsos nerviosos y otros genes (diagrama B).

Esto explica cómo es que cada célula de nuestro cerebro, nuestro pelo o nuestro corazón contiene *todo* nuestro ADN y, no obstante, realiza una función muy especializada. Asimismo explica cómo una diversidad genética mínima puede tener implicaciones amplísimas: los seres humanos somos distintos los unos de los otros no solo debido a nuestras relativamente esca-

Diagrama A

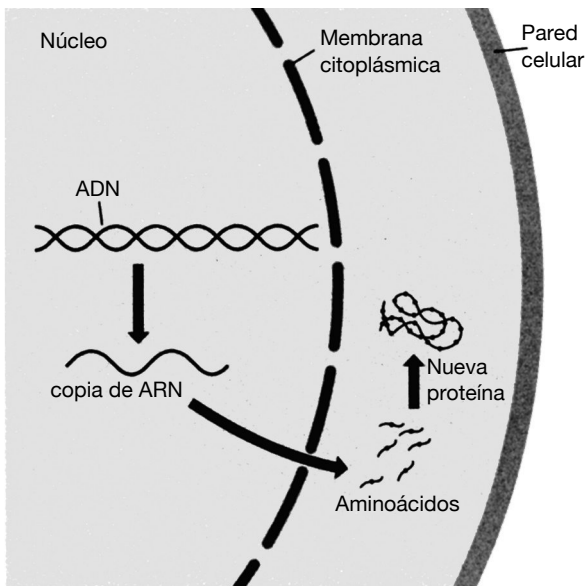
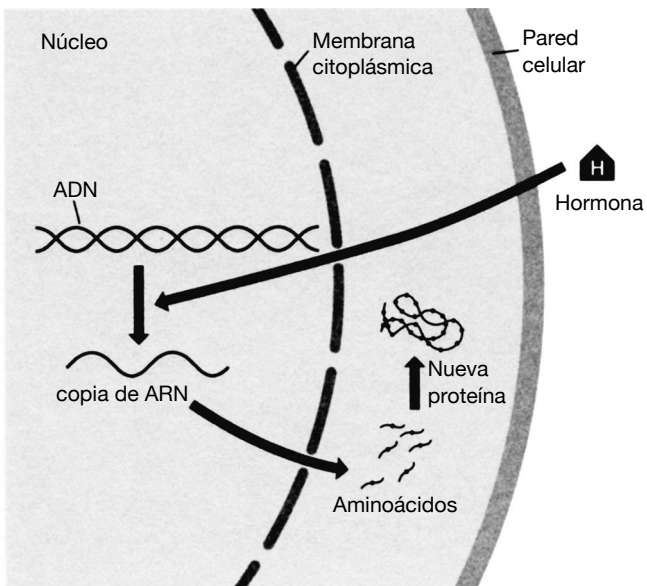


Diagrama B



sas diferencias genéticas, sino también porque cada momento de nuestras vidas influye de forma activa en la expresión de nuestros genes.

Patrick Bateson, biólogo de la Universidad de Cambridge, propone que imaginemos la interacción G×E como un concurso de preparación de pasteles. Un centenar de cocineros puede empezar con casi los mismos ingredientes y, no obstante, producir pasteles muy distintos entre sí. Aunque la existencia de ligeras diferencias entre los ingredientes iniciales garantiza que habrá diferencias entre los pasteles finales, no determina cuáles serán esas diferencias. Las diferencias entre los productos definitivos surgen del proceso. «El desarrollo es química», dice Bateson, «y el producto final no puede simplemente reducirse a sus ingredientes».

De forma similar, la mera presencia de cierto gen no se traduce de forma automática en la producción de un tipo o cantidad específica de proteínas. Para poder empezar a producir proteínas cada gen tiene antes que ser activado (encenderse o «expresarse»).

Además, los genetistas han descubierto recientemente que algunos genes (todavía no sabemos cuántos) son versátiles. En algunos casos, exactamente el mismo gen puede producir proteínas diferentes dependiendo de cómo y cuándo se active.

Todo esto significa que, por sí solos, la mayoría de los genes no pueden dar lugar directamente a la aparición de rasgos específicos. Los genes participan de manera activa en el proceso de desarrollo y están diseñados para ser flexibles. Cualquiera que pretenda describirlos como manuales de instrucciones pasivos en realidad está minimizando la belleza y poder del diseño genético.

Y entonces, ¿por qué tengo los ojos marrones como mi madre y el pelo rojo como mi padre?

En términos prácticos, existen muchos rasgos físicos elementales como el color de los ojos, el pelo y la piel en los que el proceso es casi mendeliano: ciertos genes producen resultados predecibles la mayor parte de las veces. Pero las apariencias pueden ser engañosas; un simple resultado cuasi mendeliano no implica que no haya existido interacción entre los

genes y el entorno. «Incluso en el caso del color de los ojos», dice Patrick Bateson, «la idea de que el gen relevante es *la* [única] causa es equivocada, pues [no tiene en cuenta] todos los demás componentes genéticos y ambientales». De hecho, Victor McKusick, el genetista del Hospital Johns Hopkins al que por lo general se considera el padre de la genética clínica, nos recuerda que en ciertos casos «dos progenitores de ojos azules pueden tener hijos con los ojos marrones». Los genes recesivos no pueden explicar un suceso semejante; la interacción entre los genes y el entorno sí.

Cuando se trata de rasgos más complejos como la coordinación motora, la personalidad y la inteligencia verbal, la interacción entre los genes y el entorno inevitablemente aleja el proceso todavía más de las sencillas pautas de la genética mendeliana.

¿Qué pasa con las mutaciones genéticas específicas que de forma predecible inducen la aparición de trastornos hereditarios como la enfermedad de Huntington?

Las enfermedades causadas por genes concretos sí existen, y constituyen aproximadamente el 5 por ciento del total de enfermedades que afectan a la población de los países desarrollados. Pero es importante que esos trastornos no nos lleven a hacernos una idea equivocada acerca del funcionamiento de los genes saludables. «Un cable desconectado puede hacer que un coche no funcione», explica Patrick Bateson. «Pero eso no significa que el cable, por sí solo, sea el responsable del movimiento del coche.» De forma similar, el que un defecto genético cause una serie de problemas no significa que la versión normal del gen en cuestión sea el único elemento responsable del funcionamiento normal.

Ayudar a la sociedad a entender la interacción entre los genes y el entorno es una tarea particularmente difícil debido a su enorme complejidad. Nunca tendrá el mismo aire de sencillez que tenía nuestra vieja (y equivocada) comprensión de los genes. Así las cosas, es una suerte que los interaccionistas cuenten con Patrick Bateson en sus filas. Ex secretario de la rama biológica de la Royal Society de Londres y uno de los principales divulgadores mundiales en temas de herencia, Bateson también transmite un poderoso mensaje simbólico con

su apellido. Fue William Bateson, el famoso primo de su abuelo, quien hace un siglo acuñó la palabra «genética» y contribuyó a popularizar el concepto original —más simple que el actual— de los genes como paquetes de información autónomos capaces de inducir la aparición de rasgos de forma directa. Ahora, la tercera generación Bateson está ayudando de forma significativa a actualizar la comprensión que la sociedad tiene de los genes y de su funcionamiento.

«Los genes almacenan información que codifica las secuencias de aminoácidos que constituyen las proteínas», explica Bateson. «Eso es todo. No codifican partes del sistema nervioso y sin duda no codifican pautas de comportamiento específicas.»

Su argumento es que los genes están alejados varios pasos del proceso de formación de rasgos. Si alguien es asesinado con un revólver Smith & Wesson, nadie acusará de su muerte al operario del alto horno en que el mineral de hierro se transformó en arrabio (material que posteriormente se transformaría en acero y que más tarde se vertería en distintos moldes para crear las partes con las que luego se ensamblaría el revólver Smith & Wesson usado en el crimen). De forma similar, ningún gen tiene la autoría explícita de una buena o mala visión, unas piernas largas o cortas, o una personalidad afable o complicada, aunque, por supuesto, los genes desempeñan un papel crucial a lo largo de todo el proceso. La información que transmiten es traducida por otros elementos de la célula y está influida por una amplia variedad de señales procedentes del exterior de la célula. Se forman entonces ciertos tipos de proteínas, que se convertirán en otras células y tejidos, y que —en última instancia— nos harán ser lo que somos. La distancia de pasos entre el gen y el rasgo dependerá de la complejidad del rasgo. Cuanto más complejo sea el rasgo, más alejada estará su formación directa de cualquier gen concreto. Este proceso continúa a lo largo de toda nuestra vida.

La estatura puede ayudarnos a comprender estupendamente la dinámica gen-entorno. La mayoría de las personas piensa que la altura está más o menos directamente determinada por la genética. La realidad es muchísimo más interesante.

Uno de los primeros y más sorprendentes indicios de la nueva forma de entender el desarrollo como un proceso dinámico se conoció en 1957 cuando William Walter Greulich, investigador de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford, midió la estatura de los niños japoneses criados en California y la comparó con la estatura de los niños japoneses criados en Japón durante el mismo período de tiempo. Los niños criados en California, que tenían acceso a una nutrición y atención médica significativamente mejores, crecieron para ser de media casi trece centímetros más altos que los niños criados en Japón. El mismo acervo genético en un entorno diferente producía estaturas radicalmente distintas. Greulich no se dio cuenta de esto en su momento, pero su hallazgo constituye una ilustración perfecta de cómo funcionan en verdad los genes: no dando lugar de manera directa a la aparición de ninguna forma o figura determinadas, sino interactuando de manera enérgica con el mundo exterior para producir un resultado único, improvisado.

Resulta que una amplia variedad de factores ambientales influyen en la expresión genética de la estatura: el sarampión o un único episodio de diarrea, por ejemplo, o deficiencias en cualquiera de una docena de nutrientes. En las culturas occidentales del siglo XXI, solemos dar por sentado que existe una tendencia evolutiva natural que hace que la talla aumente con cada generación, pero lo cierto es que la estatura humana ha fluctuado de forma espectacular a lo largo de los tiempos como respuesta específica tanto a cambios en la dieta y el clima como a las enfermedades. Y lo que es más sorprendente todavía: los expertos en el estudio de la estatura han concluido que desde un punto de vista biológico muy pocos grupos étnicos están de verdad destinados a ser más altos o más bajos que otros grupos. Aunque esta regla tiene algunas excepciones, «por lo general», resume Burkhard Bilger en *The New Yorker*, «cualquier población podría ser tan alta como cualquier otra ... Los mexicanos deberían ser altos y esbeltos. No obstante, su desarrollo se ve mermado con tanta frecuencia por las enfermedades y una dieta pobre que damos por sentado que son bajos de nacimiento».

Bajos de nacimiento. Una inteligencia innata. Nació para crear música, para jugar al baloncesto... Se trata de una suposición ten-

tadora, que todos hemos hecho alguna vez. Pero cuando echamos un vistazo por detrás del telón genético, con mucha frecuencia resulta no ser válida.

Otro ejemplo asombroso de la interacción dinámica entre los genes y el entorno llegó, por casualidad, apenas un año después del estudio de Greulich sobre la talla de los japoneses. En el invierno de 1958, Rod Cooper y John Zubek, dos jóvenes psicólogos de la Universidad de Manitoba, concibieron lo que según pensaron sería un clásico experimento sobre la inteligencia de las ratas basado en la oposición entre naturaleza y crianza, o entre rasgos innatos y rasgos adquiridos. Empezaron con ratas recién nacidas pertenecientes a dos cepas genéticas diferentes: ratas «listas», descendientes de ratas que a lo largo de muchas generaciones habían tenido buenos resultados de forma sistemática en pruebas con laberintos, y ratas «tontas», que habían tenido malos resultados de forma sistemática en esos mismos laberintos, en los que cometían como media un 40 por ciento más de errores.

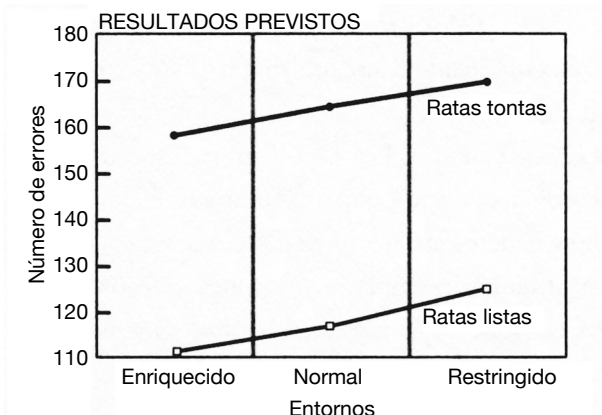
A continuación, los investigadores criaron a cada una de estas dos cepas de ratas en tres condiciones de vida muy diferentes:

Entorno enriquecido: con paredes pintadas con dibujos brillantes y coloridos, y muchos juguetes o elementos de estimulación: rampas, espejos, columpios, toboganes, campanas, etc.

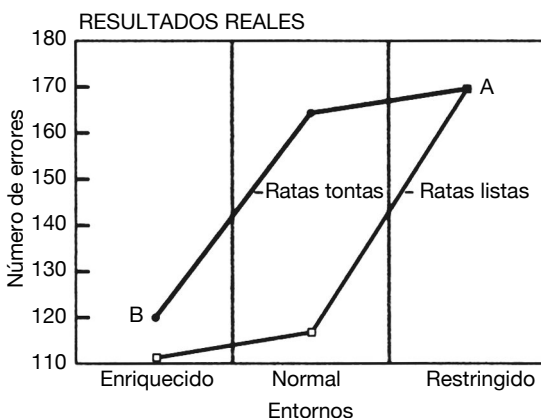
Entorno normal: con paredes normales y corrientes y una cantidad moderada de juguetes de estimulación y ejercicio.

Entorno restringido: básicamente pocilgas para ratas con nada más que una caja para la comida y un cazo para el agua; sin juguetes ni ninguna otra cosa que pudiera estimular sus cuerpos o sus mentes.

En términos muy genéricos, parecía bastante fácil predecir el resultado: cada cepa de rata sería un poco más lista cuando se la criara en el entorno enriquecido y un poco más tonta cuando se la criara en el entorno restringido. Los investigadores esperaban obtener un gráfico que fuera aproximadamente así:



Sin embargo, los resultados finales fueron así:



Los datos finales eran escandalosos. En condiciones normales, las ratas listas habían superado sistemáticamente a las ratas tontas en el laberinto. Pero en los dos entornos extremos, su rendimiento había sido prácticamente el mismo. Las ratas listas criadas en el entorno restringido habían cometido casi exactamente el mismo número de errores que las ratas tontas criadas en el entorno restringido (punto A del gráfico). En otras palabras, cuando se las criaba en un entorno empobrecido, todas las ratas parecían igual de tontas. Sus diferencias «genéticas» se esfumaban.

Lo mismo ocurrió con el entorno enriquecido. Aquí, las

ratas brillantes también cometían casi la misma cantidad de errores que las ratas tontas (punto B del gráfico, la diferencia fue considerada no significativa desde el punto de vista estadístico). Criadas en un entorno estimulante, todas las ratas parecían ser igual de inteligentes. De nuevo, sus diferencias «genéticas» se esfumaban.

En su momento, Cooper y Zubek no supieron cómo interpretar su hallazgo. Lo cierto era que esas diferencias «genéticas» originales en realidad nunca habían sido puramente genéticas. En lugar de ello, eran una función de la interacción G×E de cada cepa dentro de su entorno original. Ahora, al desarrollarse en entornos diferentes, cada cepa producía resultados muy distintos. Y en el caso tanto del entorno enriquecido como del entorno restringido, las diferentes cepas genéticas se revelaban muchísimo más parecidas de lo que se había supuesto previamente.

En las décadas siguientes, el estudio de Cooper y Zubek se convirtió en «un ejemplo clásico de la interacción entre los genes y el entorno», en opinión de Gerald McClearn, experto en genética del desarrollo de la Universidad Estatal de Pensilvania. Muchos otros científicos coinciden con él.

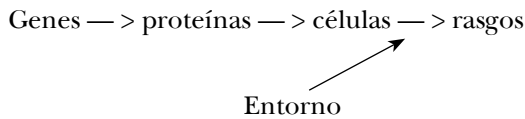
Durante ese mismo período, surgieron centenares de ejemplos que, de forma gradual, obligaron a una reconsideración general del mecanismo a través del cual funcionan los genes. Casi con incredulidad, los biólogos observaron que

- la temperatura alrededor de los huevos de las tortugas y los cocodrilos determina el sexo de las crías;
- los saltamontes jóvenes de piel amarilla se convierten permanentemente en saltamontes de piel negra para camuflarse si a cierta edad se los expone a un entorno ennegrecido (por ejemplo, pasto quemado);
- las langostas que viven en entornos superpoblados desarrollan una musculatura muchísimo mayor (adecuada para la migración) que las langostas que viven en condiciones de hacinamiento menor.

En estos y en muchos otros casos, el entorno A parecía producir un tipo de criatura mientras que el entorno B produ-

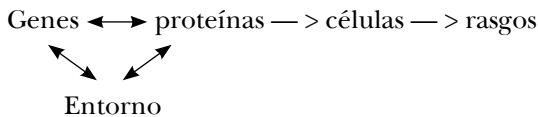
cía otra criatura diferente. Este nivel de modificación de rasgos resultaba sencillamente imposible de comprender desde la vieja idea de G+E según la cual los genes determinaban de forma directa los rasgos. Los nuevos hallazgos exigían una explicación completamente nueva de cómo funcionan los genes.

En 1972, el biólogo de la Universidad de Harvard Richard Lewontin ofreció una clarificación crucial que ayudó a sus colegas a entender la interacción G×E. El antiguo concepto, basado en la distinción entre naturaleza y cultura, proponía una secuencia aditiva de un solo sentido como la siguiente:



Los genes inducen la producción de proteínas que, a su vez, guían las funciones de las células que, a su vez, conforman los rasgos (con algún aporte del mundo exterior).

La nueva concepción G×E proponía un proceso mucho más dinámico, en el que cada elemento participante influye en todos los demás a todos los niveles:



Los genes, las proteínas y las señales del entorno (lo que incluye el comportamiento y las emociones humanas) interactúan de forma constante entre sí y este proceso de interacción influye en la producción de las proteínas que determinan las funciones de las células, las cuales conforman los rasgos.

Adviértase que en la segunda secuencia las flechas que indican la influencia van en ambas direcciones. «Los biólogos han terminado comprendiendo que si se modifican los genes o el entorno, el comportamiento resultante puede ser radicalmente diferente», explica el especialista en ecología evolutiva de la Universidad de la Ciudad de Nueva York Massimo Pigliucci.

«La cuestión, por tanto, no es repartir las causas entre naturaleza y cultura, sino [examinar] la forma en que los genes y los entornos interactúan de manera dialéctica para dar lugar a la morfología y el comportamiento de un organismo.»

Por tanto, la gran ironía de nuestros interminables esfuerzos para distinguir entre naturaleza y cultura, para diferenciar lo innato de lo adquirido, es que en lugar de ello lo que necesitamos hacer es exactamente lo opuesto: intentar entender de manera precisa cómo lo innato y lo adquirido *interactúan*. Lo que determina la función de cada célula (y las características del organismo) es precisamente qué genes se activan, cuándo, con qué frecuencia y en qué orden.

«En cada caso», explica Patrick Bateson, «el animal individual comienza su vida con la capacidad de desarrollarse en cierto número de formas claramente diferentes. Como una gramola, el individuo tiene el potencial de tocar cierto número de canciones de desarrollo diferentes. Pero durante el transcurso de su vida tocará solo una canción. La canción concreta de desarrollo que toque es seleccionada por [el entorno] en el que el individuo crece».

Por ende, desde el primer momento de la concepción nuestro temperamento, nuestra inteligencia y nuestro talento están sometidos al proceso de desarrollo. Por sí solos, los genes no nos hacen listos o tontos, caraduras o corteses, depresivos o alegres, no nos dan aptitudes para la música o nos privan de oído para ella, no determinan si seremos atléticos o torpes, si tendremos talento literario o seremos individuos poco curiosos. Esas características provienen de una interacción compleja dentro de un sistema dinámico. Todos los días, en todo sentido, estamos contribuyendo a determinar qué genes se activan. Nuestra vida interactúa con nuestros genes.

El modelo dinámico de G×E desempeña un papel clave en todo: nuestro estado de ánimo, nuestro carácter, nuestra salud, nuestro estilo de vida, nuestra vida social y laboral. Es la forma en que pensamos, lo que comemos, con quién nos casamos, cómo dormimos. La oposición entre lo innato y lo adquirido, o entre naturaleza y cultura, sonaba bien hace un siglo, pero hoy carece de sentido, pues no hay en realidad efectos separados. Los genes y el entorno son tan inseparables e inextricables

como las letras de una palabra o las partes de un coche. No podemos abrazar ni entender el nuevo mundo del talento y la inteligencia sin integrar primero esta idea en nuestro lenguaje y nuestro pensamiento.

Necesitamos reemplazar la oposición entre naturaleza y crianza por la idea de «desarrollo dinámico».

¿Cómo fue que Tiger Woods terminó teniendo el golpe más fiable y la salida más competitiva de la historia del golf? Desarrollo dinámico. ¿Cómo fue que Leonardo da Vinci consiguió convertirse en un artista, ingeniero, inventor, anatomista y botánico sin parangón? Desarrollo dinámico. ¿Cómo fue que Richard Feynman pasó de ser un chico con apenas un buen coeficiente intelectual a ser uno de los pensadores más importantes del siglo xx? Desarrollo dinámico.

El desarrollo dinámico es el nuevo paradigma para explicar el talento, el estilo de vida y el bienestar. Nos dice cómo los genes influyen en todo pero, al mismo tiempo, determinan en realidad muy poco. Nos obliga a repensarlo todo acerca de nosotros, de dónde venimos y adónde podemos llegar. Nos promete que aunque nunca tendremos un verdadero control sobre nuestras vidas, sí tenemos un poder enorme para incidir en ellas. El desarrollo dinámico explica por qué la biología humana es una gramola con muchas canciones potenciales: no una serie específica de instrucciones predeterminadas para cierto tipo específico de vida, sino una capacidad predeterminada para diversas vidas posibles. Nadie está condenado genéticamente a la mediocridad.

El desarrollo dinámico fue una de las grandes ideas del siglo xx, y sigue siéndolo. Una vez nuestros novísimos progenitores, que habíamos dejado en el Hospital Universitario, entiendan las implicaciones que tiene para su hija recién nacida, el desarrollo dinámico influirá en su forma de vivir, de criar e incluso de votar.