

evolución, desde los genes hasta los organismos, y de ahí hasta el lenguaje y los comportamientos sociales complejos. La cooperación es el arquitecto jefe de la evolución.

Mi trabajo también ha mostrado que la cooperación siempre sube y baja. El grado de cooperación entre los individuos se incrementa y disminuye, lo mismo que el gran corazón de la naturaleza. Por este motivo, aunque seamos cooperadores extraordinarios, la sociedad humana se ha visto, y siempre se verá, rasgada por el conflicto. La cooperación humana global ahora se tambalea, está a punto de traspasar un límite. La riqueza y la industria, siempre crecientes, de los habitantes de la Tierra —lo que constituye en sí mismo un triunfo de la cooperación— están acabando con la capacidad del planeta de sustentarnos a todos. La presión que se ejerce sobre cada uno de nosotros para competir por los recursos menguantes del planeta es cada vez mayor.

El origen de muchos problemas de hoy puede encontrarse en una profunda tensión entre lo que es bueno y deseable para la sociedad y lo que es bueno y deseable para el individuo. Este conflicto se puede detectar en problemas globales como el cambio climático, la polución, la escasez de recursos, la pobreza, el hambre y la superpoblación. Las cuestiones más importantes —salvar el planeta y maximizar el período de vida colectivo de la especie *Homo sapiens*— no pueden resolverse solamente con tecnología. Requieren de nuevas formas para que trabajemos en armonía. Si tenemos que seguir prosperando, solo nos queda una opción. Ha llegado el momento de gestionar el planeta como un todo. Si tenemos que ganar la lucha por la existencia, si queremos evitar un derrumbamiento precipitado, no tenemos más remedio que controlar esta extraordinaria fuerza creativa. Tenemos que pulir y ampliar nuestra capacidad de cooperar. Tenemos que familiarizarnos con la ciencia de la cooperación. Ahora, más que nunca, el mundo necesita supercooperadores.

0

El dilema del prisionero

«Creo que la realidad matemática reside fuera de nosotros, que tenemos la función de descubrirla u observarla, y que los teoremas que establecemos, y que describimos con grandilocuencia como “creaciones” propias, de hecho no son más que las notas de nuestras observaciones.»

GODFREY H. HARDY,
Apología de un matemático

Al principio no entendía qué utilidad podían tener las matemáticas. Durante las clases en el instituto jugaba con los números. Lo pasaba bien resolviendo los problemas. Las clases de aritmética eran divertidas. En conjunto, las matemáticas me resultaban francamente interesantes. Pero no me quedaba nada claro para qué podían servir. Quizá solo se tratara de un ejercicio mental diseñado —como el latín— con la sola intención de hacer algo más dura la vida de los niños.

En la universidad cambié de opinión. Tuve una epifanía, un escalofrío revelador cuando me di cuenta de que, definidos con precisión, los términos, las ecuaciones y los símbolos de las matemáticas son fundamentales. Acabé por entender que las matemáticas son la clave para formular las leyes que gobiernan el cosmos, desde los más enormes filamentos, vacíos y estructuras que se extienden por los cielos hasta el comportamiento peculiar

de las más mínimas y ubicuas partículas de materia. Y lo más importante: mediante esa clave podía expresar algo profundo sobre la vida cotidiana.

Las matemáticas se caracterizan por el orden y la consistencia interna, así como por números, formas y relaciones abstractas. Por mucho que podamos pensar que estos conceptos residen solamente en la mente humana, algunos son tan reales y absolutos que para nosotros significan exactamente lo mismo que representarían para un alienígena inteligente provisto de tentáculos que flotara en un gélido exoplaneta del otro extremo del universo. De hecho, no quisiera afirmar simplemente que las ideas de las matemáticas son objetivas y concretas. El mismo cosmos es matemático: todo, cualquier cosa que ocurra en él, es la consecuencia de la lógica universal que actúa según reglas universales.

Más allá de las dimensiones del espacio y del tiempo, las matemáticas habitan un reino inmaterial, un reino eterno, inmutable y siempre verdadero. El imperio de las matemáticas se extiende mucho más allá de lo que podamos ver a nuestro alrededor, de lo que seamos capaces de percibir y de lo que podamos imaginar. Ahí fuera existe un universo de posibilidades invisible, perfecto y trascendental. Incluso tras la degradación cósmica, la destrucción y la ruina, los habitantes de otros universos seguirán ahí para contemplar la belleza ilimitada de las matemáticas, auténtica sintaxis de la naturaleza. La verdad realmente está ahí fuera y puede expresarse en este extraordinario lenguaje.

Algunos son incluso más radicales. Contemplan las matemáticas que describen nuestro cosmos como una manifestación del pensamiento de un creador. Albert Einstein afirmó una vez: «Creo en el dios de Spinoza, que se revela en la ordenada armonía del mundo.» Para el filósofo del siglo XVII que tanto había impresionado a Einstein, Dios y la naturaleza eran como uno (*deus sive natura*) y la práctica matemática equivalía a la búsqueda de lo divino. Siempre que pienso en esta conexión, recuerdo los últimos y emocionantes versos del *Fausto* de Goethe:

*Todo lo transitorio
es solamente un símbolo;
lo inalcanzable aquí
se encuentra realizado;
lo Eterno-Femenino
nos atrae adelante.*

Mi gran revelación en la universidad consistía en que en alguna parte de este océano infinito e inimaginable de verdad había una matemática corpórea, un chapoteo de matemáticas que podían sentirse, olerse y tocarse. Son las matemáticas de lo tangible, desde las ecuaciones que rigen las bonitas pautas de los rojos pétalos de una rosa hasta las leyes que gobiernan los amplios movimientos de Marte, Venus y demás planetas de los cielos. Y de entre todas las interesantes ideas que proponen, descubrí que las matemáticas pueden apresar la quintaesencia de la vida cotidiana, la sempiterna tensión que existe entre conflicto y cooperación.

Esta tensión es palpable. Se adueña de las emociones de los participantes en una subasta por internet, donde los compradores tienen la tentación de no pagar por los productos y los vendedores la de no enviarlos. La tensión aflora cuando se sopesa cómo contribuir al bien público: si pagando los impuestos y tasas, si recogiendo todo después de pasar el día en la playa o si clasificando la basura cotidiana que pueda reciclarse. Uno también puede sentir esta presión entre lo personal y lo público en los sistemas de transporte, en donde se confía en que una cantidad de gente suficiente pague su billete para asegurar que puedan ponerse en circulación los suficientes autobuses, trenes y tranvías.

Esta tensión entre lo egoísta y lo desinteresado puede reflejarse en el dilema del prisionero. Aunque no se trate más que de una sencilla idea matemática, se convierte en una trampa encantada que durante décadas ha atrapado a algunas de las mentes más brillantes. Yo mismo me encapriché tanto jugando a este extraordinario juego matemático que cambié de rumbo en la universidad y, de golpe, cambié también el rumbo de mi vida.

Mi trabajo con el dilema se convirtió en una reflexión crítica

acerca de por qué nuestra comprensión tradicional de la evolución es incompleta. Revelaba que, además de las fuerzas fundamentales de la mutación y de la selección, necesitábamos una tercera fuerza evolutiva, la de la cooperación. Me proporcionaba una manera de afinar mi comprensión de los mecanismos que hacen que uno se salga del camino para ayudar a otro. El dilema ha jugado un papel clave en la consolidación de los fundamentos para una comprensión del futuro de la cooperación humana.

PRISIONERO DEL DILEMA

En mis tiempos de escolar quería ser médico. Luego leí *The Eighth Day of Creation: Makers of the Revolution in Biology* [El octavo día de la creación: creadores de la revolución en biología], un libro publicado en 1979 y escrito por Horace Judson, periodista de la revista *Time*. Esta hermosa crónica del nacimiento de la biología molecular puso fin a mis ambiciones médicas. Me obligué a estudiar la base química de la vida, las moléculas que forman nuestras células, que les dan fuerza, que las organizan y que las dirigen. Iba a cursar bioquímica en la Universidad de Viena. No todo el mundo estaba entusiasmado con mi decisión. A mis padres les preocupaba que me apartara de la carrera de medicina, una vía segura para convertirse en un respetado puntal de la sociedad. Resultaba que su único hijo iba a especializarse en un tema que, por lo que sabían, tenía que ver sobre todo con la levadura, un elemento básico en la fermentación del vino y de la cerveza.

En octubre de 1983 fui a mi primera clase y me encontré con «chicas», muchas más de las que nunca antes había visto y todas en un mismo lugar. Gracias a un curso de farmacología en el que dominaba el elemento femenino, las chicas constituían casi dos tercios de las seiscientas personas que se agolpaban a mi alrede-

dor en el aula. Me había formado en una escuela solamente para chicos, por lo que me pareció encontrarme en el paraíso. Entre el puñado de estudiantes de química se encontraba Ursula, que al igual que yo luchaba por no perder comba en la introducción intensiva a las matemáticas de aquella universidad. Seis años más tarde nos casábamos. Sigo pensando que tal vez me eligiera por mi habilidad a la hora de resolver problemas matemáticos.

A medida que me implicaba en la Universidad de Viena, el énfasis de mis estudios fue cambiando gradualmente. En primero adoraba la física, y luego, en segundo, la química física. En tercero tuve la gran suerte de recibir clases de química teórica por parte del formidable Peter Schuster, quien había ayudado a crear la escuela vienesa de biología matemática y que posteriormente se convertiría en el presidente de la ilustre Academia de Ciencias de Austria y pronunciaría una conferencia ante el papa Benedicto XVI sobre la ciencia de la evolución. Enseguida supe que quería trabajar con Peter. En el cuarto año empecé a estudiar con él para la tesis de licenciatura. De carácter exuberante, sabía absolutamente de todo y sus intereses desbordaban los propiamente científicos. En cierta ocasión en que fuimos juntos a practicar un poco de alpinismo, me dijo: «Lo que llaman mal tiempo no existe: consiste, sencillamente, en no ir bien equipado.»

Un año más tarde me sentí realmente inmerso en las matemáticas, con ocasión de una salida a los Alpes con Peter. Era en marzo de 1988, durante mis primeros días como estudiante de doctorado, y celebrábamos una reunión. Me acompañaba una cosecha fresca de talentos, entre ellos Walter Fontana, quien hoy es un prominente biólogo en la Harvard Medical School. Nuestro grupo se alojaba en un primitivo refugio de madera de las montañas austriacas con el fin de disfrutar de aire puro, de trabajo y de juego a raudales. Esquiábamos, asistíamos a conferencias, bebíamos cerveza y vino y contemplábamos los misterios de la vida. Lo mejor de todo era cuando hablábamos de nuevos problemas y de teoría, ya fuera en la calidez del pequeño refugio o en el exterior, en el gélido aire de los Alpes. En aquellas alturas las ideas surgían a presión, y la respiración se condensaba en vapor. No recuerdo si eran sueños matemáticos o

solamente nubes de aire caliente. Pero la experiencia fue de lo más estimulante.

La mezcla de estudiantes entusiastas se enriquecía con un profesorado impresionante. Entre ellos estaba Karl Sigmund, un matemático de la Universidad de Viena. Con el pelo revuelto, el mostacho y las gafas, Karl parecía distante e inabordable. Pero era la mar de simpático, y parecía más un estudiante que un profesor. Karl ofrecía todas sus lecciones de memoria con un ritmo hipnótico, casi mágico. El último día de este sesudo encuentro en los Alpes dio una charla sobre un problema fascinante del que acababa de tener noticia por un artículo aparecido en la prensa.

El artículo describía el trabajo en un campo conocido como «teoría de juegos». A pesar de algunos destellos más madrugadores, la mayoría de los historiadores atribuyen el desarrollo principal y la popularización de este campo al gran matemático John von Neumann, húngaro de nacimiento, que publicó su primer trabajo sobre el tema en 1928. Von Neumann persistió en el desarrollo de sus ideas y en su aplicación a la economía con la ayuda de Oskar Morgenstern, un economista austriaco que había huido de la persecución nazi para trabajar en Estados Unidos. Von Neumann usaría sus métodos para modelar la interacción de la guerra fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética. También otros aprovecharon esta aproximación, y de manera notable lo hizo la corporación RAND, para la que Neumann había trabajado como consultor. La RAND Corporation [Corporación de Investigación y Desarrollo], el *think tank* o grupo de expertos original, se había constituido como Project RAND en diciembre de 1945 gracias a la Fuerza Aérea del Ejército de Estados Unidos y a los contratistas de defensa: querían pensar en lo impensable.

En su charla, Karl describió el último trabajo realizado sobre el dilema del prisionero, un juego intrigante diseñado por primera vez en 1950 por Merrill Flood y Melvin Dresher, que trabajaban en la RAND de Santa Mónica, en California. Karl estaba entusiasmado con el tema del dilema porque, tal y como sus inventores habían comprobado, es un poderoso boceto matemático de una lucha que es central en la vida: la que se da entre

el conflicto y la cooperación, entre el bien individual y el bien colectivo.

El dilema se llama así porque, en su forma clásica, considera el siguiente escenario. Imagínese que usted y su cómplice son hechos prisioneros, capturados por la policía y acusados de un delito grave. El fiscal les interroga separadamente y propone a cada uno un acuerdo. Dicha oferta constituye el corazón del dilema y se concreta de la siguiente manera: si uno de ustedes, el desertor, incriminara al otro, mientras que el compañero permanece callado, entonces el desertor sería acusado de un delito menos grave y su sentencia se acortaría hasta un año por haber proporcionado suficiente información para encarcelar al compañero. Entretanto, al compañero silencioso se le acusaría de un delito más grave y se le condenaría a una pena de cuatro años.

Si los dos permanecen en silencio, y por tanto cooperan mutuamente, no habrá pruebas evidentes para condenar a ninguno de los dos del delito más grave, con lo que a ambos les caería una condena de dos años por un delito menos grave. Si, en cambio, ambos desertaran y se incriminaran mutuamente, se les juzgaría por el crimen más grave pero se les condenaría a penas reducidas de tres años por estar cuando menos dispuestos a proporcionar información.

Las variantes del dilema según las circunstancias, los castigos y las tentaciones, los detalles del encierro, etcétera, son infinitas. Sea cual sea la formulación, la idea central es muy simple y puede representarse en una tabla de opciones, denominada «matriz de pagos». En ella pueden visualizarse los cuatro posibles resultados del juego, escritos como dos entradas en cada una de las dos líneas de la matriz. Aquí pueden concretarse también las tensiones básicas de la vida diaria.

Empecemos pues con la línea superior de la matriz de pagos. Ustedes dos cooperan (lo que implica una sentencia de dos años para cada uno, que indicaré como -2 para subrayar los años de vida normal que ustedes pierden). Usted coopera y su compañero deserta (-4 años para usted, -1 año para él). En la segunda línea viene otra de las variables posibles: usted deserta y su compañero coopera (-1 para usted, -4 para él). Los dos desertan (-3 años

para cada uno). Desde un punto de vista meramente egoísta, el mejor resultado para usted es el tercero, luego el primero, después el cuarto y finalmente el segundo. Para su cómplice la mejor opción es la segunda, seguida por la primera, la cuarta y la tercera.

Matriz de pagos			
		oponente	
		coopera	deserta
jugador	coopera	-2, -2	-4, -1
	deserta	-1, -4	-3, -3

¿Qué debería hacer usted, que se tiene por un individuo racional egoísta que persigue el número uno? Su razonamiento debería ser semejante a este: su compañero o desertará o cooperará. Si deserta, usted también debería hacerlo, para evitar merecer el peor resultado posible. Si coopera, entonces usted debería desertar, puesto que así obtendrá usted la mejor sentencia posible, el resultado preferido. De manera que, haga lo que haga la otra persona, lo mejor para usted es desertar.

Desertar constituye lo que se llama una estrategia dominante en un juego con esta matriz de pagos. De este modo, según los teóricos siempre es la mejor estrategia que puede adoptarse, independientemente de la estrategia adoptada por el otro jugador. Y esta es la razón: si los dos cooperan, el castigo para ambos es de dos años de prisión, mientras que el castigo es de solamente un año si usted deserta. Si la otra persona deserta y usted mantiene la

boca cerrada, usted pasará cuatro años en la cárcel, que solamente serán tres si ambos desertan. De manera que no importa lo que la otra persona haga: lo mejor para usted es desertar.

Pero esta cadena de razonamientos tiene un problema. Su aliado no es un memo: también medita sobre el dilema y llega exactamente a la misma conclusión que usted. Como consecuencia, ambos desertan. Eso implica pasar tres años en la cárcel. El dilema está en que si ambos siguen la estrategia dominante mejor y más racional, ¡el resultado que obtienen es peor al que obtendrían de haber permanecido callados! Ambos acaban con el tercer mejor resultado, cuando si ambos se hubieran inclinado por cooperar, el resultado final sería el segundo mejor.

Este es, en pocas palabras, el dilema del prisionero. Con solo haber confiado uno en el otro, por el simple hecho de cooperar, el resultado sería mejor que el obtenido tras una actuación egoísta de ambos. Con ayuda del dilema ahora podemos apreciar claramente lo que implica cooperar: uno paga individualmente un coste para que otro reciba un beneficio. En este caso, si ambos cooperan, renuncian al resultado mejor —una sentencia de un año— y ambos obtienen la segunda mejor. De cualquier modo es un resultado mejor que el que cualquiera de los dos puede obtener si ambos desertan.

Para establecer el dilema es importante organizar correctamente en la matriz el tamaño relativo de cada uno de los pagos para la cooperación o para la deserción. El dilema queda definido por el rango exacto de los valores de pago, en donde R es la recompensa por la cooperación mutua, I es el pago del ingenuo que coopera cuando su compañero jugador deserta, T es la tentación de incumplir cuando su compañero jugador coopera, y P es la pena si ambos jugadores desertan. Vamos a explicarlo con más detalle. Cuando ambos jugadores cooperan, el pago (R) es mayor que la pena (P) si ambos desertan. Pero cuando uno coopera y el otro deserta, la persona a quien le tienta incumplir obtiene el pago más alto (T), mientras que el desventurado cooperador acaba con el más bajo de todos, el pago del ingenuo (I). Por encima de todo podemos crear el dilema si T es mayor que R que a su vez es mayor que P que es mayor que I. Podemos

ordenar los pagos en el juego básico de modos diferentes, pero siempre acabaremos con dilemas cooperativos. Pero de todos ellos, el dilema del prisionero es con mucho el más difícil de resolver. Puede pensarse en él como el dilema definitivo de la cooperación.

En la vida cotidiana todos nos enfrentamos al dilema de una manera u otra. ¿Tengo que ayudar a un competidor en la oficina y ofrecerme, por ejemplo, a hacerle el trabajo durante las vacaciones, cuando resulta que dicha persona aspira al mismo cargo que yo? Cuando dos firmas rivales establecen precios, ¿ambas tienen que ir a sacar el máximo provecho, colisionando de algún modo, o una de ellas debería intentar vender más barato que su competidora? Las carreras armamentísticas entre las grandes potencias, naciones rivales o incluso especies diferentes ofrecen otros ejemplos palpables del dilema. A los países rivales les conviene cooperar para evitar una carrera armamentística. En cambio, la estrategia dominante en cada nación es armarse hasta los dientes. Y así sucesivamente.

ENCARCELAMIENTO

En mi primer encuentro con el dilema del prisionero en aquel refugio de los Alpes me quedé atónito. De hecho, en ese momento Karl vino a convertirse en mi prisionero. No disponía de ningún medio de transporte, de manera que me ofrecí a llevarle de vuelta a Viena. Hablamos del dilema cuando volvíamos al día siguiente en el mismo Volkswagen que mi padre sigue usando para desplazarse por Austria. Incluso después de dejar a Karl, seguí dándole vueltas en la cabeza. Poco después, preparaba con él mi doctorado en el Instituto Matemático de Viena. Entre los alumnos que habían estudiado allí figuraban el gran físico Ludwig Boltzmann, el lógico Kurt Gödel y el padre de la genética, Gregor Mendel.

Iba avanzando en mi trabajo y me encontraba a menudo con Karl en alguno de los cafés de la ciudad, vestigios de la gloria del pasado. En esos decorados tan inspiradores Gödel había anunciado su teorema de la incompletitud, Boltzmann había profundizado en la entropía y Wittgenstein había desafiado al Círculo de Viena, un grupo de intelectuales que se reunían para hablar de matemáticas y filosofía. Un día nos sentamos en el Café Central, un imponente edificio de techos abovedados y columnas de mármol en el que Trotski había planificado la Revolución rusa.

Mientras saboreábamos un café espeso y fuerte y hablábamos sobre cómo solucionar el dilema del prisionero, Karl y yo redescubrimos las sutilezas de un problema que había fascinado a mentes despiertas durante generaciones. Poco sospechábamos que en las décadas que seguirían íbamos a diseñar nuevas matemáticas para explorar el dilema. Crearíamos comunidades de agentes en un ordenador, estudiaríamos cómo evolucionaban y llevaríamos a cabo análisis para revelar los mecanismos capaces de resolver el dilema. Yo organizaría equipos en Oxford, Princeton y Harvard, y establecería colaboraciones con matemáticos, biólogos, químicos, médicos y economistas de todo el mundo para entender cómo funcionaban estos mecanismos y qué otras implicaciones más profundas suponían.

Algunos científicos consideran el dilema del prisionero como una metáfora singularmente reveladora del comportamiento biológico, de la evolución y de la vida. Otros, en cambio, piensan que es demasiado simple para tener en consideración todas las fuerzas sutiles en juego en las sociedades reales y en la biología. Estoy de acuerdo con los dos aspectos. El dilema no es por sí mismo una clave para entender la vida. Para que el dilema nos diga algo útil sobre el mundo biológico, necesitamos situarlo en el contexto de la evolución.

La evolución solo puede darse en poblaciones de individuos reproductivos. En dichas poblaciones, los errores en la reproducción llevan a la mutación. Los mutantes resultantes son capaces de reproducirse en diferentes grados, puesto que un mutante puede apañárselas mejor que otro en un medio determinado. Y la reproducción en diferentes grados lleva a la selección, puesto que

los individuos que se reproducen más rápidamente son los que resultan elegidos y prosperan. En este contexto podemos pensar en los pagos del dilema del prisionero según los términos de lo que los científicos evolucionistas llaman «idoneidad» (considerándola como la velocidad de reproducción). Ahora podemos expresar qué significa la cooperación en el dilema del prisionero cuando se sitúa en un contexto evolutivo: si yo le ayudo a usted, mi idoneidad disminuye e incremento la suya.

Aquí es donde la historia deviene fascinante. Ahora que hemos puesto el dilema en una forma evolutiva, descubrimos que existe un problema fundamental. La selección natural realmente se opone a la cooperación en un dilema del prisionero básico. En su corazón, esta selección mina nuestra capacidad de trabajar juntos. Y eso ¿por qué? Porque en lo que los matemáticos llaman una población bien mezclada, en la que, sean las que sean, dos individualidades se encuentran con idéntica frecuencia, los cooperadores siempre tienen una idoneidad inferior a la de los que desertan: siempre tienen menos posibilidades de sobrevivir. Cuando vayan muriendo, la selección natural incrementará lentamente el número de desertores, hasta que los cooperadores queden eliminados. Esto llama la atención, puesto que una población compuesta enteramente por cooperadores dispone de una idoneidad media mayor que una población constituida enteramente por desertores. La selección natural realmente destruye lo que podría ser mejor para toda la población. La selección natural perjudica el bien común.

Para favorecer la cooperación, la selección natural necesita de ayuda en la forma de mecanismos para la evolución de la cooperación. Sabemos que dichos mecanismos existen porque a nuestro alrededor encontramos evidencias de que vale la pena cooperar: desde las termitas que construyen sus montículos hasta el concierto de rock en un estadio o el hervidero de personas que entran y salen de una ciudad en un día laborable. En la realidad, la evolución ha utilizado diversos mecanismos para superar las limitaciones de la selección natural; mecanismos que durante milenios han conformado la evolución genética en las células, en los microbios o en los animales. La naturaleza sonríe en la cooperación.

Estos mecanismos de cooperación conforman también la evolución cultural, las pautas de cambio de comportamiento, cómo vestimos, qué decimos, el arte que producimos, etcétera. Este aspecto de la evolución es más familiar: aprendemos unos de otros y, en consecuencia, alteramos nuestra manera de actuar. También se manifiesta en escalas de tiempo mucho menores. Pensemos en una población de humanos a la que se incorporen diferentes estrategias para enfrentarse al mundo circundante, ya sea la religión, la construcción de barcos o la introducción de un clavo en una pieza de madera. El impacto de la cooperación en la cultura es enorme y, para mí, es la razón principal de que la vida resulte tan seductora y bonita.

LA BÚSQUEDA DE LA EVOLUCIÓN EN LA COOPERACIÓN

«Las matemáticas, adecuadamente consideradas, poseen no solamente la verdad, sino la belleza suprema: una belleza fría y austera, como la de una escultura, sin atractivo para parte alguna de nuestra naturaleza más débil, sin los bonitos ornamentos de la pintura y la música, pero aun así de una pureza sublime y capaz de una sublime perfección que solo está al alcance de la más grande de las artes.»

BERTRAND RUSSELL,
El estudio de matemáticas

Mi aproximación general a la revelación y la comprensión de los mecanismos de cooperación es fácil de entender, a pesar de que algunos de mis trabajos más concretos puedan parecer misteriosos. Me gusta tomar ideas informales, instintos, incluso impresiones de vida y convertirlos en una forma matemática. Las matemáticas me permiten cincelar intrincadas y complicadas cuestiones y —con

criterio y algo de suerte— revelar la grandeza y la simplicidad subyacentes. En el núcleo de un modelo matemático de éxito subyace una ley de la naturaleza, una expresión de la verdad que es capaz de generar asombro de modo parecido a como lo hacen las extraordinarias esculturas de Miguel Ángel, cuyo poder de fascinación proviene de la verdad que capturan por encima de la belleza física.

Según la leyenda, cuando se le preguntaba cómo había creado el *David*, su obra maestra, Miguel Ángel explicaba que simplemente había sacado del bloque de mármol todo lo que no era el *David*. Un matemático, cuando se enfrenta a la asombrosa complejidad de la naturaleza, también tiene que dejar a un lado ideas y observaciones enriquecedoras hasta que la auténtica esencia del problema se vuelve clara, junto con una idea matemática de incomparable belleza. Del mismo modo que Miguel Ángel quería que sus figuras se liberaran de la piedra que las aprisionaba, yo deseo modelos matemáticos que asuman una vida más allá de mis expectativas, y que funcionen en circunstancias diferentes a aquellas para las que fueron concebidos.

Miguel Ángel se inspiró en la forma humana, sobre todo en el desnudo masculino, y también en ideas como el neoplatonismo, una filosofía que contempla el cuerpo como un recipiente para un alma que desea volver a Dios. Durante esos siglos en los que la ciencia ha intentado encontrar sentido en la naturaleza, la inspiración para las representaciones matemáticas del mundo ha cambiado. Primero el centro de atención se ponía sobre todo en la comprensión del mundo físico. Pensemos en cómo sir Isaac Newton utilizaba las matemáticas para dar sentido al movimiento, desde el propio de los planetas alrededor del Sol hasta las trayectorias de las flechas en su camino hacia el blanco. Para sorpresa de muchos, Newton demostró que los cuerpos, tanto en la Tierra como en los majestuosos cielos, eran gobernados por una única e idéntica fuerza, la gravedad; incluso los planetas se ven atrapados en una órbita, y los objetos como las flechas y las manzanas caen al suelo.

Hoy en día los modelos de nuestro cosmos también se ven afectados por la biología y la sociedad. Entre los remolinos y las

ondas del gran río de las ideas —ha fluido de generación en generación para conformar la visión científica de estos aspectos de la vida en el mundo— están las poderosas corrientes generadas por Charles Darwin (1809-1882), que diseñó un modelo unificado sobre el origen de la vida, una idea revolucionaria que aún hoy genera ondas de choque.

Darwin trabajaba despacio y metódicamente, y utilizaba su indiscutible habilidad para dar sentido a los meticulosos estudios realizados durante décadas, para llegar a la conclusión de que todas las especies contemporáneas tenían un antepasado común. Demostró que el proceso de la selección natural era el mecanismo principal de cambio en los seres vivos. Dado que la reproducción no es una forma perfecta de réplica, existe la variación, y con ella la diversidad se convierte en el potencial para evolucionar. Pero del mismo modo, como ocurre en el juego del teléfono, si no se dispone de un modo de identificar los cambios significativos —una frase que tenga sentido—, el resultado es en el mejor de los casos engañoso y, en el peor, una cháchara caótica. Darwin apareció con la idea de que un rasgo persistiría a lo largo de muchas generaciones solamente si confería una ventaja evolutiva, una potente idea que es hoy un principio básico de la ciencia.

El mensaje de Darwin es simple y a la vez contribuye a generar una complejidad sin límites. En cada una de las criaturas se da cierta información que puede pasar de una generación a la siguiente. De un extremo a otro de una población se constata una variación de dicha información. Porque cuando los recursos son escasos y los individuos que nacen son más que los que pueden vivir o reproducirse, se desarrolla una lucha por permanecer vivo y, lo que es igual de importante, por encontrar pareja. En esa lucha por la supervivencia, los individuos que se distinguen por ciertos rasgos (tipos de información) fracasan y se ven suplantados por otros mejor dotados a su entorno. Esas diferencias heredadas gracias a la facultad de transmitir genes de generación en generación —la selección natural— implican que las formas ventajosas se convierten en más comunes a medida que las generaciones triunfan. Solamente cuenta una cosa: sobrevivir durante el tiempo necesario para reproducirse.

La teoría de Darwin para explicar la diversa y siempre cambiante naturaleza de la vida se ha visto apoyada por un incesante aluvión de datos recogidos por los biólogos. Con el tiempo, la acción selectiva en un entorno concreto implica que puedan surgir importantes diferencias con el curso de la evolución. Al ir acumulándose las nuevas variaciones, un linaje puede hacerse hasta tal punto diferente que ya no pueda intercambiar genes con otros que en un momento anterior habían compartido un mismo parentesco. De esta manera nacen nuevas especies. Curiosamente, aunque ahora llamemos a este mecanismo «evolución», esta palabra no aparece en la obra *El origen de las especies*.

El propio Darwin estaba convencido de que el conflicto era el que dirigía la selección. Escribió sin tregua sobre la «lucha por la existencia» que se da a nuestro alrededor en la naturaleza. Este tema cobró vida propia, hasta tal punto que muchos otros lo adaptaron y adornaron a su manera. La naturaleza está «ensangrentada en dientes y garras», como afirmó Tennyson al evocar la muerte de un amigo. El término «supervivencia del más apto» lo acuñó en 1864 el filósofo Herbert Spencer, un defensor del libre mercado, lo que señalaba la introducción del pensamiento darwiniano también en la esfera política.

Después de todo, la selección natural implica competición, del todos contra todos y del que gana se lo lleva todo. Pero Darwin hablaba, claro está, de la especie que estaba mejor adaptada a un medio, y no necesariamente de la más fuerte. Aun así, un periódico sacó la conclusión de que la obra de Darwin demostraba que «la fuerza da la razón / por tanto Napoleón tiene razón / por tanto todos los fraudulentos comerciantes también la tienen». El pensamiento de Darwin se utilizaba cada vez más para justificar el racismo y el genocidio, para explicar por qué los colonizadores blancos triunfaban sobre razas nativas «inferiores», para alimentar a humanos «superiores», y cosas por el estilo. Estos abusos constituían, de una manera sesgada y deprimente, el testamento del poder de sus ideas.

Pero como ya he indicado, la competición no constituye ni mucho menos la totalidad de la historia. Nos ayudamos los unos a los otros. A veces incluso ayudamos a los extraños. Lo hacemos

a escala global con organizaciones como Oxfam, que ayuda a la gente de más de setenta países, y como la Fundación Bill y Melinda Gates, que fomenta el trabajo en más de un centenar de naciones. Lo hacemos de manera elaborada, con carísimos banquetes para recaudar fondos a los que asisten celebridades en escenarios distinguidos. También nos mostramos bondadosos con los animales. ¿Por qué? Puede parecer un cabo evolutivo suelto, pero de hecho es absolutamente central respecto a la historia de la vida.

Cuando el dilema del prisionero se adapta a una forma evolutiva nos muestra que la competición —y por tanto el conflicto— siempre están presentes, del mismo modo que el yin siempre viene acompañado del yang. Darwin y la mayoría de los que siguieron su colosal trayectoria hablaron de mutación y de selección. Pero nosotros necesitamos un tercer ingrediente, la cooperación, para crear entidades complejas, desde las células hasta las sociedades. He reunido numerosas pruebas para demostrar que la competición puede llevar en ocasiones a la cooperación. Si entendemos esto, podemos entender cómo las células y los organismos multicelulares como las personas evolucionaron, y por qué actúan de una manera tan complicada como lo hacen en las sociedades. La cooperación es el arquitecto de la complejidad viva.

Para darnos cuenta necesitamos primero colocar la misma evolución sobre cimientos más firmes. Conceptos como mutación, selección e idoneidad solo adquieren entidad cuando son engullidos por una forma matemática. Darwin no lo consiguió, y este era un defecto del que él mismo era muy consciente. En su autobiografía confesaba su propia falta de pericia a la hora de efectuar sumas: «He lamentado profundamente no haber proseguido lo bastante hasta por lo menos entender algunos de los grandes principios de las matemáticas, porque los hombres dotados de esa sabiduría parecen disponer de un sentido adicional.» Parecía ser consciente de que se requería más rigor para desarrollar las implicaciones de sus ideas radicales sobre la vida. Consideraba su mente como «una máquina para extraer leyes generales de una amplia colección de hechos». Pero incluso Darwin

ansiaba una aproximación más de «arriba abajo», con el fin de conjurar leyes más precisas para explicar una gran masa de datos. Necesitaba un modelo matemático.

La comprensión moderna del proceso de la herencia se llama hoy «mendeliana» en honor de Gregor Mendel, que decidió hacerse monje después de suspender sus exámenes de botánica en la Universidad de Viena. La clasificación del resultado de cruzar guisantes lisos con guisantes rugosos le sirvió para revelar que la herencia es «particular» más que «mezclada». Los descendientes heredan instrucciones individuales (genes) de sus padres, del mismo modo que los padres redondos y rugosos producen hijos o redondos o rugosos y no algo entre ambas cosas. Lo que a menudo se pasa por alto en su historia es que Mendel era un buen estudiante de matemáticas. El gran genetista y estadístico sir Ronald Fisher llegó a afirmar que era «un matemático con interés por la biología». Mendel descubrió estas reglas hereditarias porque estaba motivado por una hipótesis matemática clara, hasta el punto incluso de ignorar resultados ambiguos que no encajaban. Si Mendel hubiese llevado a cabo un análisis estadístico imparcial de sus resultados, quizá no habría tenido éxito.

G. H. Hardy, un matemático de Cambridge amante del críquet, encontró una sencilla ecuación que demuestra los efectos de los genes que se transmiten a través de las generaciones y plasmó su maestría en el tema en su siempre vigente libro *Apología de un matemático*. En un cambio infrecuente de los papeles habituales, la obra de este matemático puro fue generalizada por el doctor alemán Wilhelm Weinberg para mostrar la incidencia de los genes en una población. Robert May (ahora lord May de Oxford) afirmó en una ocasión que la ley de Hardy-Weinberg constituye el equivalente en biología a la primera ley de Newton. Gracias a Hardy y a Weinberg disponíamos de una ley matemática que se aplicaba a lo largo de un espectro de elementos vivientes.

El intento de modelar el modo en que trabajan los caracteres hereditarios en la naturaleza se extendió a investigaciones seminales llevadas a cabo en los años veinte y treinta del siglo XX por un señalado trío. Primero, sir Ronald Fisher, cuya extraordinaria capacidad de visualizar problemas provenía de que de niño

hubo que enseñarle matemáticas sin la ayuda de papel y lápiz debido a su escasa capacidad de visión. También, la imponente figura de J. B. S. Haldane, aristócrata y marxista que había trabajado en la redacción del *Daily Worker*. En el capítulo 5 volveremos a hablar de él. El último de este trío fue Sewall Wright, genetista americano a quien le gustaba mucho la filosofía, la relacionada con las matemáticas (y perdonen si repito el viejo chiste sobre la diferencia entre las dos: mientras que los matemáticos necesitan papel, lápiz y una papelería, los filósofos solamente necesitan papel y lápiz).

Entre los tres fijaron por primera vez los conceptos fundamentales de evolución, selección y mutación en una estructura matemática: mezclaron el énfasis de Darwin en los animales individuales que compiten para engendrar las siguientes generaciones, con los estudios de Mendel sobre cómo distintos rasgos genéticos pasan de padres a hijos, combinación que ahora suele conocerse como visión sintética de la evolución, síntesis moderna o neodarwiniana. Con muchos otros, también he ampliado la aplicación de estas ideas dirigiendo mi mirada al dilema del prisionero en poblaciones en evolución para sugerir los mecanismos básicos que explican cómo la cooperación puede prosperar en un mundo darwiniano de todos contra todos.

Durante años he explorado el dilema, utilizando modelos informáticos, matemáticas y experimentos para revelar hasta qué punto la cooperación puede evolucionar y cómo esto es algo implícito a la propia estructura del cosmos. En total, los mecanismos que llevan a la cooperación son cinco. Hablaré de cada uno de ellos en los próximos cinco capítulos, y luego, en el resto del libro, expondré de qué modo nos ofrecen nuevas visiones de un amplio abanico de temas, desde claras hazañas de la cooperación molecular hasta las muchas e intrincadas formas de cooperación humana.

Examinaré los procesos que posibilitaron la aparición de las primeras formas de vida y los extraordinarios logros cooperativos que condujeron hasta los organismos multicelulares, y explicaré por qué la cooperación celular puede torcerse y llevar al cáncer. Bosquejaré una nueva teoría para dar cuenta de la tremenda cantidad de cooperación que se observa en el avanzado

comportamiento social de los insectos. Me dedicaré luego al lenguaje y a cómo evolucionó para convertirse en el aglutinante que facilita en gran parte la cooperación humana; el juego de «bienes públicos», el mayor reto para la cooperación en el momento presente; el papel del castigo; y luego las redes, ya sean de amigos o de conocidos, y las extraordinarias capacidades de cooperación que provienen de su estudio. Los humanos son supercooperadores. Si podemos describir todos los mecanismos de cooperación de los que hablaré en las siguientes páginas es gracias, en gran parte, a nuestros sorprendentes poderes de lenguaje y de comunicación. Y también espero explicar cómo he llegado a la conclusión de que, a pesar de nuestra condición de cooperadores dominantes de la Tierra, los seres humanos no tenemos más alternativa que evolucionar más, con la ayuda del extraordinario grado de control que ahora ejercemos sobre el entorno moderno. Este paso siguiente en nuestra evolución es necesario porque nos enfrentamos a encrucijadas muy serias, muchas de las cuales se reducen a una cuestión fundamental de supervivencia. Somos ya tan poderosos que podemos autodestruirnos. Tenemos que explorar nuevos caminos para el poder creativo de la cooperación.

CINCO MANERAS DE RESOLVER EL DILEMA