

**THE FORMATIVE YEARS OF RELATIVITY
THE HISTORY AND MEANING OF EINSTEIN'S
PRINCETON LECTURES**

Hanoch Gutfreund y Jürgen Renn
Princeton University Press, 2017

***The meaning of relativity*
de Einstein, en contexto**

*Un repaso histórico al desarrollo
y la recepción temprana de la teoría
de la relatividad general*

El 6 de noviembre de 1919 tuvo lugar en el edificio Burlington House de Londres, muy cerca de Piccadilly Circus, una reunión conjunta de la Real Sociedad y la Real Sociedad Astronómica. Una numerosa audiencia se reunió bajo la presidencia de J. J. Thomson, *master* del Trinity College de Cambridge desde marzo de 1918, que hacía pocos meses había dejado la dirección del Laboratorio Cavendish. La reunión se había convocado para comunicar los resultados de las observaciones realizadas por una expedición científica británica organizada bajo la dirección de Arthur Eddington, catedrático de astronomía en la Universidad de Cambridge, y Frank Dyson, el Astrónomo Real, a la isla Príncipe, en África, y a Sobral, en el norte de Brasil. Su fin principal era utilizar el eclipse de Sol del 29 de mayo para comprobar si se verificaba una de las consecuencias de la teoría de la relatividad general que Albert Einstein había completado en noviembre de 1915: que los rayos de luz se curvaban en presencia de un campo gravitacional. Se anunció entonces que la predicción de la teoría einsteiniana se verificaba. El día siguiente, *The Times* anunciaba:

*REVOLUCIÓN EN CIENCIA
Nueva teoría del universo
Ideas newtonianas desbancadas*

Comenzaba así la imparable ascensión de Einstein a la fama mundial. Y, con la fama, invitaciones de prácticamente todas partes del mundo. Una de esas invitaciones le llegó en octubre de 1920 a través de Luther P. Eisenhart, catedrático de la Universidad de Princeton y especialista en geometría diferencial, la rama de las matemáticas en la que se basaba la teoría de la relatividad general. Einstein respondió que podría ir a Princeton en septiembre de 1921, pero, siguiendo el consejo

de su amigo Paul Ehrenfest, el sucesor de Hendrik A. Lorentz en Leiden, pidió como honorarios la astronómica cifra de 15.000 dólares. La universidad le contestó que no podía cumplir con su exigencia y ahí acabo todo.

Muy diferente fue la reacción de Einstein cuando el 16 de febrero de 1921, Chaim Weizmann, presidente de la Organización Mundial Sionista, notable químico de la Universidad de Manchester y futuro primer presidente del Estado de Israel (fue elegido el 16 de febrero de 1949), pidió a Kurt Blumenfeld, un destacado sionista, que invitase en su nombre a Einstein a acompañarle en una visita a Estados Unidos para recaudar fondos destinados a la creación de una Universidad Hebrea en Jerusalén, cuya primera piedra había sido depositada el 24 de julio de 1918. Cuatro días después, Blumenfeld telegrafió a Weizmann: «Einstein preparado para unirse a usted hacia América, sigue carta».

En la biografía que escribió de Einstein, la primera realmente importante (la primera edición se publicó en Zúrich en 1952: *Albert Einstein und die Schweiz*), el escritor suizo Carl Seelig describió aquel viaje en los siguientes términos: «Einstein salió de Róterdam el 23 de marzo de 1921. En el muelle de Nueva York le tributaron un recibimiento digno de una primera actriz y lo pasaron en coche de lujo para mostrarlo a la población. El Ayuntamiento le preparó un recibimiento solemne en el Teatro Metropolitano de la Ópera y quiso nombrarlo hijo predilecto de la ciudad. En la sesión decisiva, en la que había que recabar el acuerdo, un concejal afirmó que nunca había oído el nombre de Einstein y que, por lo tanto, no podía aprobar la propuesta. El recorrido triunfal de Einstein continuó sin disminuir de entusiasmo en Washington, donde lo recibió el presidente Warren Harding,

y en Princeton, donde dio sus cuatro primeras conferencias. El rector de la universidad lo ensalzó diciendo que era “un nuevo Colón de la ciencia, que navega solitario por el mar del pensamiento”. También visitó Boston y Chicago. A últimos de mayo emprendió el viaje de regreso a Inglaterra, donde fue huésped del ministro de la Guerra y Gran Canciller, Lord Haldane, quien lo llevó como conferenciante al King's College y lo presentó al arzobispo de Canterbury, a G. B. Shaw, a Lloyd George y a otras interesantes personalidades. Einstein depositó una corona de flores en la tumba de Newton, en la abadía de Westminster».

En Princeton, Einstein pronunció, durante la primera semana de mayo, no cuatro conferencias, como decía Seelig, sino cinco. Las dos primeras («Generalidades sobre la teoría de la relatividad») destinadas a un público general y las tres siguientes («Fundamentos de la teoría especial de la relatividad», «Fundamentos de la teoría general de la relatividad» y «El problema cosmológico») a especialistas. Su presencia en Princeton atrajo una audiencia muy numerosa que pronto desfalleció ante la complejidad de sus explicaciones: más de 400 personas asistieron a la primera conferencia, pero el segundo día el auditorio «estaba medio lleno» y para el tercero bastó una pequeña aula.

Mientras estuvo en Princeton, Einstein llegó a un acuerdo con la Princeton University Press para publicar un libro con el texto de sus conferencias, según el cual el físico recibiría unos derechos de autor del 15 por ciento del precio de venta. No obstante, Einstein tardó en cumplir su compromiso, ocupado como estaba con muchos otros menesteres consecuencia de su fama. Fue a finales de 1921 cuando envió a Oswald Veblen, catedrático de matemáticas de la Universidad de Princeton, el texto, en alemán, que preparó y que básicamente se correspondía con las tres conferencias más especializadas. El propio Einstein pidió que la traducción al inglés la hiciera Edwin P. Adams, catedrático de física también en Princeton, que había realizado la traducción simultánea del alemán al inglés de las conferencias de Einstein.

El libro lo publicó por primera vez en su original alemán, en 1922, la editorial Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges., con el título *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie gehalten im Mai 1921 an der Universität Princeton* (una segunda edición apareció el año

siguiente). En 1917, Einstein ya había elegido esta misma editorial para publicar un libro de carácter popular para divulgar las dos teorías de la relatividad, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, que tuvo mucho éxito: la primera edición constó de 2000 ejemplares; la segunda (también de 1917), de 1500; la tercera (1918), de 3000, y la cuarta (1919), de otros 3000. A partir de entonces, es decir, una vez anunciados los resultados de la expedición británica que confirmó la predicción de la teoría de la relatividad general sobre la curvatura de los rayos de luz, las ediciones y ventas se dispararon: en 1922 ya se habían realizado trece reimpresiones, con un total de 65.000 ejemplares. No es sorprendente, por tanto, que se tradujera con rapidez a otros idiomas. La primera traducción, al inglés, apareció en Inglaterra (Methuen, Londres) en 1920. El año siguiente se publicaba en Estados Unidos (Holt, Nueva York) y también lo hacían las traducciones al francés, italiano, ruso y castellano: *Teoría de la relatividad especial y general* (Peláez, Toledo), traducida por el matemático Fernando Lorente de No, discípulo del matemático riojano Julio Rey Pastor. En 1922 aparecía una traducción al húngaro, en 1923 al yiddish y en 1928 al hebreo.

El libro basado en las conferencias de Princeton era más exigente desde el punto de vista de su contenido. En inglés se publicó primero en Inglaterra, a cargo de la editorial Methuen, con el título *The meaning of relativity*, también en 1922, mientras que la edición de Princeton University Press llegó en 1923, aunque existe cierta confusión sobre la fecha. En la bibliografía de las publicaciones de Einstein incluida en una referencia tan destacada como la obra dirigida por Paul A. Schilpp, *Albert Einstein: Philosopherscientist* (Open Court, La Salle, 1949), se la data, erróneamente, en 1921. Incluso en la primera edición coexiste la fecha 1923 en la página del título con 1922 en el interior como año de publicación.

Es esta obra sobre la que pivota el libro de Hanoeh Gutfreund y Jürgen Renn, de cuyas 415 páginas 200 están ocupadas por la reproducción de *The meaning of relativity* más los dos apéndices que Einstein añadió posteriormente, el primero a la segunda edición (1945) y el segundo a la tercera (1950), este revisado posteriormente tanto en la cuarta edición (1953) como en la quinta (1956). Asimismo, se reproducen (ocupan 20 páginas) las dos primeras conferencias que pronunció en Princeton, el

SI TE INTERESA ESTE TEMA...

Descubre *Einstein: La relatividad general y la reinención de la realidad*, un número monográfico de *Investigación y Ciencia* sobre la historia y el impacto de una de las creaciones intelectuales más profundas y originales del siglo xx.

www.investigacionyciencia.es/revistas/470



9 y el 10 de mayo. Mientras que para *The meaning of relativity* Einstein reelaboró las tres conferencias de Princeton, en este caso lo que se reproduce es el texto que tomó un estenógrafo. Este ya se incluyó en el volumen 7 de los *Collected papers of Albert Einstein* (Princeton University Press, 2002), pero en él aparecían muchos espacios en blanco que en esta ocasión se han rellenado siguiendo el criterio de Gutfreund y Renn.

Si solo fuera por esto, por la reproducción de los textos de Einstein, el libro ahora publicado tendría un valor limitado, ya que *The meaning of relativity* es una obra de la que no es difícil disponer, y el contenido de las dos conferencias no es demasiado interesante. Pero *The formative years of relativity* es mucho más. En cierto sentido, *The meaning of relativity* es una excusa para que Gutfreund y Renn, el primero director del Archivo Einstein, ubicado en la Universidad Hebrea de Jerusalén, de la que también es catedrático emérito de física teórica, y el segundo director del Instituto Max Planck de Historia de la Ciencia de Berlín y seguramente el mejor conocedor de la historia de la física relativista, repasen y resuman el desarrollo e implicaciones de la teoría de la relatividad general a partir de que Einstein encontrase su formulación definitiva en 1915.

Así, y después de dos capítulos obligados por el tema central del libro, «El primer viaje de Einstein a América» y «Estructura y contenido de *The meaning of relativity*», en los diferentes capítulos previos a la reproducción de la obra y las dos conferencias de Princeton se analizan las siguientes cuestiones: «Física y geometría», «Los principios de la relatividad general», «Las primeras soluciones y el reto de su interpretación», «Einstein y los astrónomos», «La génesis de la cosmología relativista», «La controversia de las ondas gravitacionales», «Debates filosóficos sobre la relatividad general», «La búsqueda de una teoría del campo unificado», «Primeras monografías sobre

la relatividad» y «Más allá de los años formativos». El resultado es un magnífico resumen y actualización de lo que un no demasiado numeroso conjunto de historiadores de la física y la matemática ha producido sobre el desarrollo de la teoría general de la relatividad entre los años 1915 y 1922.

En este sentido, pocas cosas aparecen en este libro que no se puedan encontrar en trabajos publicados anteriormente, pero estos tienen el inconveniente de haber aparecido en publicaciones muy diversas, no siempre fáciles de conseguir, de manera que *The formative years of relativity* sirve para remediar en parte tal situación. Por supuesto, y como en cualquier obra, no está todo lo que fue. Es inevitable que así sea. Una de esas carencias se halla, por ejemplo, en el capítulo «Debates filosóficos sobre la relatividad general», en el que únicamente se abordan los debates que tuvieron lugar (y no todos; básicamente los relacionados con Moritz Schlick y Hans Reichenbach) en el mundo de habla alemana, dejando por consiguiente al margen el muy rico escenario filosófico británico.

Particularmente relevante para una obra como esta es el capítulo «La búsqueda de una teoría del campo unificado», ya que el segundo apéndice («Generalizaciones de la teoría de gravitación») que Einstein añadió a *The meaning of relativity* trata precisamente de este tema (el apéndice I está dedicado a la cosmología), que como es bien sabido le ocupó una buena parte de las últimas décadas de su vida, empeñado como estaba en encontrar una teoría que uniese en un mismo marco (del mismo estilo que el de la relatividad general, esto es, geométrico) gravitación y electromagnetismo, empresa en la que no tuvo éxito [véase «Sobre la teoría generalizada de la gravitación», por Albert Einstein; *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*, noviembre de 2015].

The meaning of relativity fue traducido pronto a otros idiomas. Las primeras traducciones, basadas en la edición ale-

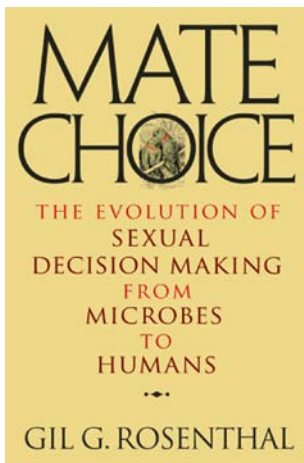
mana, fueron la polaca y la rusa, publicadas en 1923, a la que siguió en 1924 la francesa, traducida por Maurice Solovine, amigo de Einstein de los tiempos de Berna. También se vertió al castellano, aunque bastante más tarde, en 1948: *El significado de la relatividad* (Espasa-Calpe, Madrid). La traducción corrió a cargo del químico argentino, con intereses en historia de la ciencia, Carlos Evaristo Prelat (1910-1980). Apareció en una colección dirigida por Julio Rey Pastor, quien desde 1921 ocupaba una cátedra en la Universidad de Buenos Aires, aunque mantenía la que ya tenía en la Universidad Central de Madrid, con la que cumplía durante las vacaciones escolares argentinas. El que Prelat fuese el traductor de *The meaning of relativity* hay que entenderlo en este contexto.

Einstein intentó que la versión española se realizase enseguida, como había sucedido con *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*. En el volumen 13 de los *Collected papers of Albert Einstein* (Princeton University Press, 2012) se señala que el 20 de noviembre de 1922 Einstein escribió a Vieweg, la editorial que había publicado *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie*, reclamando los royalties de la edición española de *Teoría de la relatividad especial y general* y solicitando que se enviase a los editores españoles un ejemplar de la última edición corregida. Asimismo, pedía que se mandasen ejemplares de *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie* a la Sociedad Matemática Española en Madrid. Que no se tradujese entonces el libro probablemente se debió a que su lectura era más difícil,

con lo que los posibles lectores serían mucho menos numerosos que los de *Teoría de la relatividad especial y general*. No olvidemos, asimismo, que prácticamente no había científicos —físicos o matemáticos— en España que se ocupasen, divulgación aparte, de las teorías relativistas de Einstein, salvo en algunas, muy escasas ocasiones.

Diré para terminar que tanto *Teoría de la relatividad especial y general* como *El significado de la relatividad* han sido objeto de numerosas ediciones, un detalle que proporciona un valor añadido a este magnífico *The formative years of relativity* de Gutfreund y Renn.

—José Manuel Sánchez Ron
Real Academia Española
Universidad Autónoma de Madrid



MATE CHOICE
THE EVOLUTION OF SEXUAL DECISION MAKING
FROM MICROBES TO HUMANS

Gil G. Rosenthal
Princeton University Press, 2017

Mecanismos de selección sexual

La riqueza en la toma de decisiones que rodean la elección de pareja en el mundo animal

Si en extremos retóricos, la decisión de aparearse, en la teoría de la evolución, puede elevarse al rango de motor de la eficacia biológica del individuo. Empleando una metáfora clásica, concluye Gil Rosenthal en un exhaustivo *Mate choice* que las regularidades descubiertas en la elección de pareja reflejan la preferencia y exuberancia dionisiacas refrendadas por los intereses apolíneos en la fecundación y la supervivencia. Todo organismo que provenga de una interacción sexual es lo que es por la decisión tomada por sus progenitores. Desde los primeros momentos de la adquisición evolutiva de la reproducción sexual, cuando las parejas de organismos comenzaron a transmitir sus genes a la progenie, la elección del socio complementario desempeñó un papel determinante en la constitución, la morfología y la

conducta. Y arrancó una suerte de evolución de uno y otro sexo; en parte, la dinámica de esa coevolución tendría que implicar mecanismos electivos.

Charles Darwin, que presentó una descripción sumamente detallada y clara de la selección sexual en *The descent of man*, no reparó en la importancia de la preferencia de apareamiento en la selección sexual; ni siquiera identificó con nitidez la evolución de la elección de pareja entre los puntos nucleares de la teoría. De entonces acá, sin embargo, el desarrollo experimentado por esa área del conocimiento ha sido espectacular. A mediados del siglo xx, la teoría conocida como «síntesis moderna de la evolución» sostenía que la función exclusiva de la elección de pareja era la de constituir un freno contra el flujo de genes entre es-

pecies. Theodosius Dobzhansky, en 1970, siguiendo lo avanzado por Ronald Fisher en 1930, creía que la selección contra la hibridación constituía la fuerza primaria que operaba en las preferencias de las hembras. En cambio, Ernst Mayr proponía, también en 1970, que las barreras levantadas por la conducta al apareamiento habían evolucionado como consecuencia del aislamiento geográfico.

En 1983 se publicó el primer libro monográfico sobre la cuestión, *Mate choice*, escrito por Patrick Bateson, profesor de Cambridge. Se conocían entonces solo unos pocos modelos teóricos y una cifra insignificante de estudios empíricos en aves y mamíferos. En los últimos años, sin embargo, hemos asistido a una cascada de investigaciones y a la multiplicación consiguiente de resultados. Le siguió en 1994 una síntesis orientadora de Malte Andersson, *Sexual selection*.

El llamado modelo de Fisher, actualizado como modelo de Fisher-Lande-Kirkpatrick, implica un rasgo de preferencia en la hembra y un rasgo de ornato en el macho. Las hembras con preferencia por un ornato llamativo tendrán progenie con genes de ornato paterno y genes de preferencia por ornato llamativo de la madre. Se produce así una correlación entre ornato y preferencia. Entre los modelos avanzados sobresalen los que se atienen a los beneficios directos que reporta el acierto en la elección. Pero no existen modelos de aplicación universal. Hasta que se consigan, habrá que ahondar en el estudio de los costes de la elección, la evolución de las

correlaciones genéticas entre ornato del macho y preferencias de la hembra, la mutua elección de la pareja y la evolución de rasgos y preferencias múltiples sexualmente seleccionadas, entre otros.

La elección de pareja propicia la conversión de una excitación en una interacción sexual. Una investigación reciente identificaba un receptor hormonal que actúa como portero molecular en las decisiones relativas a la reproducción. Centrarse en los mecanismos de elección de pareja puede esclarecer enigmas evolutivos que desde hace tiempo rodean a la selección sexual y a la especiación. Mucho después de que se hubieran buscado respuestas evolutivas para explicar la constitución de estructuras complejas (como el ojo de los vertebrados), la cola del pavo real y otros ornatos que dejaban expuestos a los depredadores dejaron perplejo al mismo Darwin.

Durante más de un siglo, la sensibilidad y cierto androcentrismo privilegiaron el foco de atención en los adornos del macho, con escasa atención a lo que guiaba las decisiones de la hembra. La investigación reciente ha comenzado a revelar la complejidad de los mecanismos de elección de pareja sexual, obligando a reevaluar su historia y función evolutiva. En la mayoría de las especies, las hembras sincronizan el tiempo de reproducción para que coincida con el período de fertilidad. Se ha estudiado la regulación neuromolecular de la conducta de apareamiento de las hembras del cíclido *Astatotilapia burtoni*. La identificación de los factores que indican fertilidad al cerebro puede aportar acceso a los circuitos neurales que controlan conductas sexuales. Si una hembra queda suficientemente impresionada por un macho que la corteja, lo sigue a su territorio, donde la pareja nada en círculos cerrados: la hembra libera huevos y se los lleva a la boca. El macho fertiliza los huevos, succionando la región urogenital a medida que va liberando esperma. En los mamíferos, los receptores de prostaglandinas son decisivos para la preñez y podrían desempeñar una función semejante en la modulación de la elección de pareja a través de un aborto diferencial o una asignación de recursos.

En muchas especies, los individuos responden a los cambios en los costes y beneficios de la elección de la pareja mediante el ajuste de su grado de elegibilidad, sus preferencias de socio, su estrategia de selección o muestreo, o una combinación de todo ello. Por botón de muestra, la hembra del cangrejo violinista

(*Uca annulipes*) es menos selectiva a medida que el tiempo va restringiendo sus posibilidades de reproducción exitosa; la hembra del pecílido *Xiphophorus helleri* cambia su preferencia por aleta caudal con espada larga a aleta caudal con espada corta de los machos bajo un elevado riesgo de depredación; la hembra del antílope americano (*Antilocapra americana*) abreva su tiempo de escarceo o muestreo moviéndose por distancias más cortas y visitando a menos machos cuando está en condiciones más degradadas.

Típicamente, la elección de la pareja se realiza entre específicos. Pero no siempre es el caso. Las mismas condiciones dinámicas que producen variabilidad en la elección de la pareja en el interior de la especie pueden también promover o inhibir un apareamiento entre especies distintas. El autor ha investigado de manera exhaustiva el comportamiento de *Xiphophorus*, un pez de fecundación interna que se extiende de México septentrional a Honduras. Muchas especies son simpátricas. Aunque es mínimo, si existe, el aislamiento postcigótico entre especies, tampoco suele darse en la naturaleza la hibridación. La preferencia por una pareja coespecífica constituye una barrera contra el flujo génico. Frente a la rareza de la hibridación observada en otras, el par de especies formado por *Xiphophorus birchmanni* y *Xiphophorus malinche* constituye una excepción. Estas especies suelen hibridar de inmediato en la cuenca del río Pánuco, con registros de introgresión a través de diversas zonas híbridas. Aunque las hembras de cada especie son morfológicamente semejantes, los machos difieren en caracteres sexualmente dimórficos; por ejemplo, la presencia (*Xiphophorus malinche*) o la ausencia (*Xiphophorus birchmanni*) de una larga espada en la aleta caudal. Los machos cortejan a las hembras nadando en paralelo con ellas mientras levantan su aleta dorsal. Cortejarán también a hembras de una y otra especie. *Xiphophorus birchmanni* muestra preferencia por su coespecífica, más que por *Xiphophorus malinche*.

En cualquier caso, la elección de pareja está sometida a múltiples fuerzas de selección, además de a la variabilidad en cuanto a beneficios obtenidos en la eficacia biológica; entre ellos, la selección contra el apareamiento entre heteroespecíficos, parientes consanguíneos y coespecíficos incompatibles.

—Luis Alonso

NOVEDADES



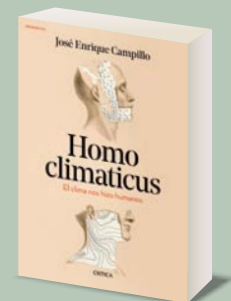
LA INVENCIÓN MATEMÁTICA CÓMO SE INVENTA: EL TRABAJO DEL INCONSCIENTE

Henri Poincaré
Edición de Francisco González
Fernández
KRK Ediciones, 2018
ISBN: 978-84-8367-603-5
111 págs. (9,95 €)



17 MUJERES PREMIOS NOBEL DE CIENCIA

Hélène Merle-Béral
Plataforma Editorial, 2018
ISBN: 9788417114695
312 págs. (20 €)



HOMO CLIMATICUS EL CLIMA NOS HIZO HUMANOS

José Enrique Campillo Álvarez
Crítica, 2018
ISBN: 978-84-17067-87-8
400 págs. (19,90 €)