

LAS TEORIAS DE LA RELATIVIDAD DE ALBERTO EINSTEIN Y SUS IMPLICACIONES FILOSOFICAS (1)

Claudio Gutiérrez

El Dr. Albert Einstein será sin duda recordado en la historia por haber ideado la fórmula que permitió la desintegración del átomo y la explosión de la bomba atómica. Pero me atrevo a pronosticar que conforme pase el tiempo será aún más recordado por una integración y por una explosión tal vez más importantes: la desintegración de los conceptos tradicionales de espacio y tiempo y la explosión de nuestro concepto de universo. Así, para los que nos hemos formado todavía en las categorías físicas tradicionales, el mundo del Doctor Einstein se nos ofrece como fundamentalmente extraño, como se aparecería el mundo de Copérnico a los contemporáneos de Kepler y Galileo; pero a las generaciones venideras de viajeros interplanetarios y de trabajadores cibernéticos les parecerá tan familiar y natural como el mundo de Copérnico se presentaba dos siglos más tarde a los discípulos de Newton.

La ciencia busca siempre la uniformidad; no pretende maravillarnos sino todo lo contrario, explicar los fenómenos y hacerlos lucir perfectamente normales. Pero en su empuje hacia el logro de grandes uniformidades, provisionalmente produce perplejidades al romper moldes de percepción y razonamiento atrincherados ferozmente en el sentido común. Por ejemplo, Galileo después de muchos experimentos y reflexiones concibió la genial idea de que el movimiento uniforme y rectilíneo era tan natural como el reposo y no necesitaba de ninguna fuerza para mantenerse como tal —necesitaba en cambio de una fuerza contraria para desaparecer o modificarse en algún sentido. Este es el famoso principio de la inercia. Chocaba contra el sentido común, pero prometía que, una vez aceptado, el movimiento de la luna alrededor de la tierra pudiera considerarse tan natural como el rodar de una bola de vidrio sobre una mesa. En su empresa de unificación de fenómenos, Galileo lo-

gró demostrar y hacer perfectamente natural que todo experimento de mecánica da los mismos resultados en un laboratorio situado en tierra firme o en uno situado en un barco que marche en línea recta y con velocidad uniforme. Este es su famoso principio de relatividad que dice que las leyes de la mecánica son iguales en todos los marcos inerciales, es decir en cuartos que estén en reposo o que se desplacen en línea recta con velocidad constante. Ese principio le permitió algo más: deducir una fórmula, llamada transformación de Galileo, que permite al experimentador de tierra firme y del barco en movimiento controlar recíprocamente los resultados de sus experimentos. Esa fórmula puede concretarse en el célebre teorema de las velocidades: imaginemos el laboratorio de tierra firme situado en el muelle y el barco-laboratorio desplazándose a lo largo del muelle. El observador en el muelle puede deducir cuál será la velocidad en relación al otro observador de una bola que rueda por la cubierta del barco, midiendo su velocidad con respecto al muelle y sumando (o restando) la velocidad del barco. Con esto se logra un gran paso: independizar las observaciones de su marco de referencia, con tal de que éste sea un marco inercial y que los fenómenos observados sean de naturaleza mecánica, como rodar de bolas, oscilar de péndulos, etc . . .

La gente se fue acostumbrando al mundo de Galileo y Copérnico, con el sol inmóvil y una tierra que se mueve por propio impulso, sin necesidad de ángeles que la empujen, pero mantenida en su órbita por una misteriosa influencia del sol. La gente llegó a encontrar el nuevo concepto de universo (con fuerzas de gravedad, movimientos de rotación y traslación, principio de inercia) tan confortable como en otro tiempo lo fuera el universo de Aristóteles, Santo Tomás y Dante, con el infierno en el centro de una tierra inmóvil y esferas concéntricas celestes girando alrededor en distintos niveles de dignidad impulsadas por correspondientes coros angélicos de rango cada vez más elevado, desde

(1) 14 de marzo 1979. *Radio Universidad de Costa Rica*.

ángeles rasos, que empujaban la esfera de la luna, hasta los encumbrados serafines y querubines que empujaban las estrellas fijas y un ente muy abstracto llamado "primer motor".

Sin embargo, el nuevo universo tenía defectos para la visión analítica de un científico de genio. El teorema de velocidades de Galileo vale para bolas y trenes, pero no para el recorrido de rayos de luz. Por otra parte, el principio de relatividad de Galileo uniforma todos los marcos inerciales, pero deja por fuera los marcos acelerados, como el ámbito de un carrusel en movimiento o el de un vehículo en frenada (sea éste un ascensor o un jet acercándose a un aeropuerto). Con respecto a lo primero se descubrió que un rayo de luz que atraviesa la atmósfera de la tierra viaja a la misma velocidad cualquiera que sea su dirección y sentido con respecto al movimiento de la misma tierra (no se le suma ni se le resta la velocidad de la tierra). Para resolver esta gran perplejidad, Einstein propuso su primer gran teoría, a saber, la estrafalaria posibilidad de que el espacio y el tiempo no son dimensiones constantes sino que se afectan por el movimiento; a saber: el tiempo se dilata, dura más, en un cuerpo que se mueve uniformemente con respecto al marco del observador. Y el espacio se contrae en la dirección del movimiento. Esta loca idea resuelve el problema y de paso logra integrar en una sola gran ciencia a la mecánica y al electromagnetismo. Y en realidad de loca no tiene nada, es perfectamente racional y congruente, aunque desde luego peca contra el sentido común de los hombres del siglo XX, fundamentalmente newtoniano, al igual que la idea de Galileo de que el movimiento era tan natural como el reposo chocaba con el sentido común de los hombres del siglo XVI, fundamentalmente aristotélico.

Para mostrar con claridad en qué consiste lo estrafalarío de la idea y al mismo tiempo la congruencia lógica de ésta permítaseme esta historia. Supongamos que la velocidad de la luz, constante universal, no fuera 300000 kms/segundo sino la mucho más modesta de 90 kms/hora. Un observador que viera pasar los carros desde una acera vería a los automóviles achatarse en el sentido del movimiento, y a un chofer gordo conocido lo admiraría en su esfuerzo por adelgazar por haber logrado una reducción tan considerable de grueso. Los relojes dentro de los carros los vería caminar más despacio. Así, si ese observador fuera él mismo gordo y con temor a envejecer, sentiría una doble motivación para montarse él también en un carro, y como su amigo adelgazar y envejecer más despacio; pero . . . lamentablemente, al transitar montado en un automóvil, vería adelgazar a los transeú-

tes, no a sí mismo, y reducir la marcha al reloj de la iglesia, no a su propio reloj. El efecto es perfectamente reversible, confirmándose aquello de que el fruto del huerto ajeno es siempre más apetitoso.

El otro defecto del concepto newtoniano del universo consiste en que recurre a efectos misteriosos, llamados "acción a distancia", como en el caso de la ley de gravedad: el sol, por ejemplo, parece dictar desde su puesto cómo debe ser el curso de la tierra o como deben ser las mareas, y es obedecido de manera instantánea como si su acción fuera directa y por contacto, digamos como la de una bola de billar que choca con otra y le comunica su movimiento. Einstein descubrió que ese defecto es idéntico con el que señalamos hace un rato, a saber, que las leyes de la física son iguales en todos los marcos inerciales, pero son distintas en los marcos acelerados; por ejemplo, en el ámbito de un carrusel en movimiento una bola lanzada en línea recta se desvía hacia afuera como atraída por una extraña fuerza que llamamos centrífuga. Para un observador exterior la bola siguió un curso normal, en línea recta, de conformidad con el principio de inercia. ¿No podríamos considerar que la fuerza de gravedad fuera también una fuerza sólo aparente, y que la tierra en su órbita no obedeciera los mandatos del sol sino una ley de inercia de más cuidadosa formulación que la contenida en las leyes del movimiento de Newton? La respuesta a esta pregunta la encontramos en la teoría generalizada de la relatividad, y es un sí rotundo.

La genialidad de Einstein estuvo en comprender que la gravedad y la aceleración no son sino el mismo fenómeno, y no dos, como suponía la física de Newton. De esta identificación se siguen dos consecuencias muy buenas: se hacen innecesarias las misteriosas fuerzas de gravedad y su extraña "acción a distancia"; y se puede formular el principio de relatividad con absoluta generalidad, de esta manera: "Las leyes de la naturaleza (tanto las de la mecánica como las del electromagnetismo) son iguales en todos los marcos de referencia (tanto en los inerciales como en los acelerados)". Comparamos este principio, que es el de la teoría generalizada de la relatividad, con el de la teoría restringida: para estas leyes de la naturaleza son iguales solamente en los marcos inerciales. Recordemos, además que para la teoría de relatividad de Galileo las leyes de la mecánica son iguales en todos los marcos inerciales, pero no así las del electromagnetismo.

Pero con esta identidad reconocida entre la gravitación y la inercia suceden también algunas cosas que molestan al sentido común formado en las doctrinas de Newton y Galileo. Por ejemplo,

una de las consecuencias de este principio es que el espacio es esférico, o curvo y cerrado. Un navío que partiera en una cierta dirección y no alterara su curso algún día podríamos divisarlo acercándose a nosotros exactamente en dirección opuesta. La perplejidad que ésto nos produciría, si pudiéramos estar vivos los millones de años más tarde necesarios para ver el final del viaje, sería semejante a la perplejidad del creyente de la teoría de la tierra plana cuando Magallanes completó el primer viaje alrededor del mundo.

Para ilustrar este asunto y ayudar a entender la racionalidad de la desaparición de las fuerzas de gravedad mediante el expediente de aceptar la curvatura del espacio permítaseme contar otra fantástica historia. Supongamos que en su tiempo los mayas de Centroamérica fueran navegantes y tuvieran mapas de navegación del mar Caribe y el Atlántico norte. Supongamos esos mapas parecidos a los actuales en el hecho de que, al proyectar la curvatura de la tierra en un plano, las distancias en el Caribe fueran realistas, pero el tamaño de Groenlandia exagerado, al tener que "estirar" esa parte del mapa para hacerla calzar en un plano. Los mayas podrían pensar, al aventurarse en las aguas del Atlántico Norte, que una extraña fuerza magnética los hacía recorrer mayores distancias con la misma cantidad de viento en un tiempo igual, desde luego en relación con lo que aparecería en su mapa. Podrían entonces concebir la teoría de que en Groenlandia exista un demonio cuya intención fuera atraerlos hacia el frío del Polo Norte para destruirlos. Ese demonio sería aliado de los vikingos de Groenlandia, también navegantes, los cuales tendrían a su vez un mapa plano, pero por supuesto con su centro en el norte y no en el Ecuador. El mapa de los vikingos tendría estirada la parte del Caribe, y a los navegantes que usaran ese mapa les parecería que un dios maya los atraería con una fuerza magnética, hacia su destrucción por el calor en las tórridas costas de Centroamérica. Si ahora imaginamos la intervención de un tercero, digamos un mago europeo creyente en la esfericidad de la tierra, podríamos pensar en la feliz disolución de los dos demonios por la adopción por parte de mayas y vikingos de un mapa común con curvatura correcta. La necesidad de postular la existencia de demonios, o fuerzas con acción a distancia, sería un índice de la inadecuación de los mapas usados, es decir, de la geometría imperante.

De una manera parecida, la intervención de Einstein, ese gran mago del Siglo XX, con la introducción de la curvatura del espacio, mejor aún, del espacio-tiempo, ha logrado exorcisar por el poder

de su prodigiosa inteligencia las fuerzas gravitatorias que poblaban nuestro universo.

Hasta aquí la explicación sucinta de las teorías de la relatividad de Einstein. Lo que sigue serán unas reflexiones sobre las principales implicaciones de estas teorías en el pensamiento filosófico y el humanismo, es decir en la idea que el hombre contemporáneo tiene de sí mismo.

Antes de Einstein, sólo pensadores muy atrevidos afirmaron convicciones relativistas sobre la verdad en general. Cuando uno de ellos decía que toda verdad es relativa a la persona que le concibe, era fácilmente acusado de subjetivismo, es decir, de pretender amoldar la realidad caprichosamente a sus deseos. Pero he aquí, después de Einstein, que en la más objetiva de las ciencias, la física, queda establecido que nada puede afirmarse que no esté esencialmente condicionado por la perspectiva del observador.

De ahora en adelante, la verdad objetiva, en la física y en otros campos, tendrá que entenderse relativísticamente.

Veán ustedes: la teoría restringida de la relatividad afirma que, según un criterio universal y supremo, la velocidad constante de la luz en todas direcciones, cada observador tiene derecho a decir que él no se mueve, que él es el centro inmóvil del universo. Como por ejemplo, un habitante de un carro estacionado al borde de una autopista podría convergerse que su carro no se mueve puesto que los autos que le pasan en ambos sentidos llevan la misma velocidad, digamos 90 kms por hora. (Si su carro se estuviera moviendo, vería pasar los carros que vienen contra él mucho más veloces que los que le rebasan). Igualmente, entonces, con la luz si sus rayos corren igual en todas direcciones será que yo que los veo pasar todos a la misma velocidad no me muevo, todo lo demás se mueve alrededor mío. La objetividad no se afecta, porque lo mismo puede afirmar, desde su punto de vista, todo otro observador, y nuestras descripciones son transformables la una en las otras por medio de una reglamatemática. Por supuesto que la escandalosa afirmación de que todo el mundo tiene derecho a considerarse el centro del universo tiene una versión más ilustrada, y es esta: no tiene sentido preguntarse por un centro del universo; cualquier punto puede actuar como tal, para una descripción particular de un conjunto infinito de descripciones equivalentes.

La extensión de este principio a los temas humanísticos es inmediata. Toda persona tiene derecho a considerarse el centro del Universo, es más, no puede evitarlo; esta percepción básica condiciona todos los aspectos de la manera en que cada

uno percibe la existencia. Ahora bien, todos los seres personales, no solo uno en particular, se encuentran en esa privilegiada situación; y cada perspectiva es accesible a las otras solamente a través de una transformación lógica que la ponga en el lenguaje de esa misma perspectiva. Esto mismo que quiso decir Leibriz, ese gran precursor de Einstein, cuando dijo ya en el siglo XVII que cada ser individual o *mónada*, reproduce al universo entero desde un punto de vista.

Es importante notar que una *mónada* no es un átomo. Para la concepción del mundo de Newton, que podemos llamar concepción mecanicista, el universo es un gran receptáculo inmóvil, en el que pululan átomos en movimiento, es decir, partículas que entre sí guardan relaciones externas, como el choque o la extraña "acción a distancia".

Pero los seres del mundo de Einstein, cuya concepción puede calificarse de estructuralista, no tienen entre sí relaciones externas, sino internas: seres sin ventanas —como las *mónadas* de Leibreiz— cada uno abarca el universo entero, interpenetrando a todos los otros seres, y siendo interpretado dinámicamente por ellos; son lo que conocemos hoy como "campos", campos electromagnéticos, campos gravitatorios, y —¿por qué no?— campos psicológicos o personales, en el caso del individuo humano; campos culturales o sociológicos, en el caso de las colectividades humanas. Cada persona o cada cultura, como los campos de la física, es un todo orgánico que representa ella sola, al universo entero, y es capaz de formularlo dinámicamente desde un marco de referencia. El universo ya no es receptáculo inmóvil sino estructura orgánica de campos de fuerza que se interpenetran recíprocamente.

Con esto queda introducido ese concepto tan propio del pensamiento del Einstein el concepto de campo. Es ese concepto el que permite eliminar las fuerzas de gravedad y la acción a distancia. El sol no es una partícula situada en un punto del universo y que actúa "a distancia" sobre los planetas. Es más bien un ser desparramado por todo el universo, con un punto de máxima concentración que identificamos con el astro de ese nombre. Ese ser desparramado es un campo, un campo gravitatorio que interpenetra a otros campos y que con su presencia "arruga" al espacio y al tiempo y determina así la forma en que transcurren los planetas.

El campo es la proyección indefinida en todas direcciones de la existencia material de los cuerpos, cada uno de los cuales llena todo el universo. ¡Extraordinaria implicación de esta teoría es la

omnipresencia de todos seres y su infinita capacidad de ser afectados por todos los otros seres!

En un mundo de campos, no hay movimientos producidos por extrañas fuerzas de gravedad, por demonios o seres mitológicos: todos los movimientos son inerciales, producto de la estructura del espacio.

No sólo en la física, también en la sociología o en la psicología: todo comportamiento, aún el que no parezca a primera vista una línea recta, es siempre el más económico de esfuerzo, dada la configuración de condiciones que le rodean. La tarea del investigador social no es postular causas mitológicas, como el ego o el libre albedrío o el proletariado, para explicar fenómenos individuales o colectivos; sino más bien indagar por la configuración que constituye en un momento dado la estructura de la persona o de la sociedad. Para cambiar un comportamiento, el educador, el político o el terapeuta tendrá que hacer variar esa estructura, y el cambio de la conducta se seguirá entonces naturalmente, según las líneas inerciales de un nuevo espacio.

La adecuación de la geometría hace desaparecer los demonios de nuestro mundo. Igualmente, la elección de buen lenguaje suprime entes innecesarios; le bastan, como a la buena geometría, los campos. La permanencia de los entes, sean estos fuerzas o ángeles, son un índice de la inmadurez de nuestra geometría o de nuestro lenguaje y de su falta de adecuación con la realidad. Podemos tolerarlos, como transición hacia mejores formas, o como recurso pedagógico, pero debemos entenderlos como ficciones que debemos llegar a superar.

En este sentido la sustitución de palabras "de ente" por palabras "de campo" en las ciencias humanas ha significado un notable progreso: la Gestalt o configuración en psicología, el status en sociología, la pauta cultural en antropología, son todas palabras de campo, o sea designaciones de un continuo existencial que abarca todo el respectivo universo. La introducción de cada una de ellas en la respectiva disciplina ha representado mayor simplicidad y fecundidad científicas.

Unas reflexiones finales sobre las implicaciones del pensamiento de Einstein en el problema de la comunicación entre los hombres:

Para una consideración superficial pareciera que la relatividad confirmara al hombre en un estado de radical soledad, encerrado como está en su perspectiva personal. La verdad, en cambio, es lo contrario: al quedar claro que no existe marco privilegiado sino que cada uno debe entender al mundo desde su propia perspectiva, la base para la

tolerancia y la interacción es excelente. El fanatismo queda destronado, pues nadie puede creer que su punto de vista es absoluto, y se carece de razón para imponerlo a otros. El haber descubierto que la diversidad de lenguaje entre los hombres es mucho mayor que lo que pensábamos anteriormente, que en verdad cada persona o cultura posee su lenguaje separado (lo que llamamos marco de referencia), hace posible enfrentar el problema de la comunicación con más probabilidades de éxito. La paz mundial, el tema más importante del siglo y que tanto preocupó a Einstein, no se resuelve apelando a la buena voluntad de los hombres, pues con perfecta buena fe los hombres pueden destruir a otros hombres si los consideran enemigos suyos o del género humano. El problema fundamental no es de buena voluntad sino de buen conocimiento. Pedagogos, moralistas y políticos deben centrar su esfuerzo en facilitar las transformaciones necesarias entre los distintos marcos de referencia para hacer compatibles las descripciones equivalentes y lograr que los hombres se entiendan unos a otros. El problema de la paz aparece, bajo esta luz como un problema lingüístico y su solución como una tarea en la que pueden colaborar crucialmente los hombres de letras: necesidad de una interpretación semántica de todas las religiones, filosofías, ideologías o concepciones culturales, para que aparezcan a los ojos de todos como versiones igualmente válidas de la realidad y patrimonio o riqueza común de todos los hombres.

Eso que parece una tarea tan difícil, la traducción universal de todas las perspectivas, a la luz de la teoría restringida de la relatividad, se torna

infinitamente más realizable si lo consideramos desde el enfoque de la teoría generalizada. En esta perspectiva, cada cultura o lenguaje se nos aparece no como un marco de referencia que hay que traducir sino como un campo de fuerza, o un campo de significaciones, que es susceptible de interpenetrar otros campos y de ser interpenetrados por ellos. El proceso puede verse entonces, más que como de traducción de marcos, como de integración de universos significativos. Dos mundos de significación diferentes, dos culturas o dos personas, se acercan y penetran el uno al otro. Sus geometrías (lenguajes) se ven afectadas profundamente por la presencia del otro, como la presencia del sol tuerce el espacio por el que transita la tierra. Ninguno de los dos puede seguir siendo el mismo que era antes del encuentro. Los seres humanos nos alteramos recíprocamente cuando logramos interpresencia. Nuestros pensamientos, sin llegar a ser idénticos, transcurrirán en adelante por cauces distintos, en un espacio nuevo que nuestras respectivas masas significatorias habrán contribuido a crear.

Así, nuestro mejor tributo al hombre que con su fórmula genial desató la era atómica es reconocer que en su extraordinario pensamiento están las semillas de un nuevo enfoque y un nuevo camino para solucionar el problema de la comunicación entre los hombres y la paz mundial.

No sé si Alberto Einstein, si pudiera oírlos, aprobaría todas estas reflexiones; pero sabiendo de su apasionada devoción por la causa de la paz mundial, estoy seguro que miraría con entusiasmo esta última conclusión.