

ACERCA DEL ESPACIO ESFERICO

por M. A. RAUL VALLEJOS

La teoría de la relatividad trajo como consecuencia numerosas especulaciones acerca de la estructura del espacio cósmico, y de esta suerte, prestigiosos investigadores se han consagrado a examinar el problema de la infinitud o finitud del prenombrado espacio físico.

Es estimable la cantidad de profesores que se han dedicado a estudiar la naturaleza del espacio, en relación a los problemas que provocan la presencia de las masas y de los mismos efectos de la gravitación. En concreto, diremos que el problema de la finitud del espacio aceptada por el doctor Alberto Einstein es la base, la cual ha servido para numerosos estudios de los que se han preocupado por conocer y precisar la validez objetiva que encierran los principios relativistas, que tanta resonancia provocan en el presente siglo.

Este problema es de fundamental importancia, si se tiene presente que se diferencia de los resultados principales de la física clásica, y al mismo tiempo, implica una renovación de lo aceptado como verdadero por el pensamiento físico de las etapas anteriores. En este sentido, la obra realizada por el profesor A. Einstein es de significativa trascendencia, pues ha transformado apreciablemente el contenido de las ciencias físicas, astronómicas y geométricas. De esta manera, las especulaciones acerca de la estructura que presenta el espacio einsteniano es de vital importancia para conocer las proyecciones de la conocida teoría de la relatividad, que es el fruto de un positivo pensamiento físico, consagrado a renovar los viejos fundamentos de las ciencias naturales. Esa labor de crítica y de revisión de los antiguos principios, coloca en un plano muy elevado al distinguido profesor de la Universidad de Princeton.

Cabe agregar que, gran cantidad de físicos, geómetras y matemáticos, se han dedicado a analizar las condiciones del espacio

físico dentro del campo de la moderna teoría, y con ello, hay que afirmar también que se han interesado por el tiempo cósmico, debido a la innegable afinidad en que se encuentran, a la luz del novísimo ideario científico, estas dos dimensiones del universo material, y que desde hace ya varios años se consideran ligadas en una unidad inseparable.

Una corriente apreciable en favor de la finitud se revela a través de las especulaciones einstenianas, y de esta suerte se considera que el espacio es finito, pero al mismo tiempo acepta la noción de su ilimitación. Es decir, que admitiendo la finitud del mismo, existe y se reconoce toda clase de movimientos para las masas y los cuerpos que se encuentran en lo que llamamos el universo extenso.

A este respecto, es preciso consignar lo que manifiesta el investigador Hans Reichenbach, ex-profesor de la Universidad de Berlín y actualmente en la de California. Después de señalar las dimensiones de carácter aproximativo con las que podemos estimar a las masas distribuídas en el universo, dice lo siguiente: “Pero este universo tan enorme, por “grande que sea, no se considera en los cálculos de Einstein como infinitamente grande. Por el contrario, el universo es un espacio cerrado, lo que se suele llamar un espacio esférico. Esto no quiere decir que posea una superficie limitante como una esfera ordinaria, sino que el espacio de tres dimensiones posee propiedades análogas a las que posee la superficie esférica de dos dimensiones. Es difícil comprender esto, pues no debemos pensar en límite alguno; en el espacio estelar podríamos marchar cada vez más lejos, sin encontrar jamás una pared, es decir, una región de la cual no pudiésemos pasar. La finitud debemos considerarla de otro modo; si nos moviésemos siempre hacia adelante, siguiendo, por tanto, una línea recta, acabaríamos por retornar por el otro lado a nuestro punto de partida” (1).

Como se advierte, la teoría de la relatividad ha favorecido al sostenimiento de una idea del espacio cósmico del tipo esférico, cuyas consecuencias han interesado e interesan a los más variados sectores del pensamiento científico. A este respecto, declara el profesor H. Reichenbach que para lograr interpretarlo —interpretación, que, por otra parte, se presenta hartamente llena de difi-

(1) Hans Reichenbach: *Atomo y cosmos. Concepción física actual del universo*. Traducción del alemán por J. Cabrera. Edición de la *Revista de Occidente*. Colección *Nuevos hechos, nuevas ideas*. Volumen XXXVI. Madrid, 1931.

cultades— considera que la precitada concepción posee las condiciones de un espacio de una superficie esférica de dos dimensiones. Aunque se llame comúnmente cerrado, o se lo entienda como tal, no encontramos en su estructura límite alguno que obstaculice cualquier proceso mecánico.

La interpretación de un espacio denominado esférico presenta sus dificultades, pues allí se enfrentan los conceptos de finitud e ilimitación, que han puesto en primer plano las consideraciones de la relatividad. A este respecto, hay que considerar que, aunque un movimiento se desarrolle en semejante espacio, con el agregado de que lo hiciera en el sentido de una línea recta, como bien lo asevera H. Reichenbach, con el tiempo volveríamos al mismo punto de partida.

Nos enfrentamos ya con las características propias que ofrece al razonamiento físico, el espacio curvo, que ha servido para mayores análisis de la estructura del espacio exterior. Esto se ha prestado a numerosas interpretaciones, ya que entenderlo exige una adecuación mental apropiada a las nuevas nociones que ofrecen las ciencias exactas y que contribuyen a modificar ampliamente las viejas concepciones del universo, sostenidas por el imperio de la física clásica.

Como bien lo ha hecho resaltar el profesor H. Reichenbach, en el espacio curvo o bien espacio esférico, no es posible aceptar límite alguno, analizando así los conceptos del doctor Alberto Einstein, acerca de las modalidades del espacio no euclídeo. Es decir, que el espacio esférico presta la misma libertad a la mentalidad humana para no pensar en límite alguno, con referencia a los desplazamientos y trayectorias de los cuerpos. En este aspecto, el espacio euclídeo y el esférico se equiparan al interpretárselos como contrarios a todo concepto de límite material, o a toda imposibilidad de ilimitación. Las innovaciones provocadas por la teoría de la relatividad se proyectan hacia otro plano cosmológico, y que es el que nos lleva a explicar la naturaleza de un espacio esférico frente a las grandes dimensiones de las masas estelares y a la velocidad de la luz.

Es decir, que la concepción que sostiene la presencia de una curvatura del espacio, o bien defiende la idea de un espacio esférico, se concentra en mayor medida en explicar su naturaleza frente a las inevitables exigencias lógicas del pensamiento matemático. El espacio mencionado no modifica la idea de ilimitación con la cual toda mente corriente o el sentido intuitivo del

hombre concibe el espacio exterior, el espacio en el cual se verifican las distintas velocidades de las nebulosas. Sólo determina su forma o manera de existir, de suerte que el espacio esférico puede establecer su misma estructura frente a las modalidades del mundo material y a sus procesos mecánicos y dinámicos.

Por otra parte, debemos consignar que el profesor Hans Reichenbach, en un libro muy reciente, ha ampliado los conceptos vertidos, que dejamos reproducidos en los párrafos anteriores. Expresa el mencionado docente, después de destacar las características del espacio y del tiempo relativista: "Lo que causa más perplejidad es que el espacio del universo debe ser considerado ahora como finito. Esto no significa que sólo las masas de las estrellas sean finitas: significa que el propio espacio es limitado. Podemos representarnos esto de la manera siguiente: si un rayo de luz es enviado en línea recta, vuelve después de cierto tiempo desde el lado contrario, en forma bastante semejante a un barco que se dirige derechamente al Oeste, pero que vuelve al punto de partida por el otro lado. No hay extensión ilimitada en este espacio: todas las líneas rectas llegan por fin a su punto de partida. Toda estrella puede ser potencialmente vista dos veces, por lo tanto: la una, desde el frente, y la otra, desde atrás, cuando la contemplamos en la dirección opuesta del universo. Por desgracia no puede darse por el momento prueba alguna de esta teoría de Einstein, porque el camino de un lado a otro del mundo es tan largo que la luz de las estrellas se debilita demasiado para ser observada. Pero, aun cuando pudiéramos ver la luz, no habría manera de reconocer la estrella en cuestión. En los innumerables millares de años requeridos por la luz para recorrer el mundo, la estrella habría errado muy lejos y ocuparía una posición totalmente distinta de su duplicado: en consecuencia no podríamos reconocer la identidad de ambas estrellas" (1).

El distinguido profesor de la Universidad de California vuelve a insistir consignando que no sólo las masas de las estrellas son finitas, sino que es preciso considerar como finito al espacio cósmico, con su inmenso conjunto de soles y estrellas.

(1) Hans Reichenbach: *De Copérnico a Einstein*. Traducción del inglés por León Miras. Editorial Poseidon. Colección Scientia. Buenos Aires, 1945. Ya este autor, en su obra intitulada *Atomo y cosmos*, citada, había soslayado la posibilidad de que sea dable observar dos lados opuestos a una misma estrella, debido a la luz que ella emite. Ahora bien, como la luz emplea tiempos diferentes para recorrer por dos caminos contrarios, la estructura del universo, y además, como las estrellas fijas también se trasladan por el espacio, resulta harto difícil demostrar que se trata de una misma estrella.

Ya de esta manera va ganando firmeza y terreno la concepción de un espacio cerrado, donde se albergan todas las masas existentes en el mundo material. Esto implica reconocer que el espacio y el tiempo infinitos de las pasadas especulaciones científicas han perdido su importancia frente a la idea de la finitud del espacio y del universo cósmico. Además, el profesor H. Reichenbach se refiere a que un rayo de luz, viajando en el sentido de una línea recta, en el curso del tiempo, vuelve por el lado contrario al que partiera. Por otra parte, también ha hecho resaltar las justificables dificultades con las cuales tropieza la astronomía para comprobar este hecho.

En el espacio esférico nos encontramos que las grandes masas y los cuerpos siguen, al final, una trayectoria curva en sus traslaciones por el espacio, por más que partan en el sentido de una línea recta. Además, después de que el rayo de luz ha recorrido todo el conjunto del universo, como lo destaca H. Reichenbach, no sería posible ya especificar la estrella, cuya luz viajara a través de los mundos siderales, ya que el mismo cuerpo celeste se habría trasladado hacia distinto lugar en el hiperespacio.

También destaca el mencionado profesor Reichenbach que el hecho de admitir la finitud del espacio, trae alguna perplejidad por las mismas consecuencias que nos conduce a aceptar el desarrollo de sus propiedades. Se señala así que el espacio cae bajo el predominio de la finitud, pero que todos los movimientos y traslaciones pueden verificarse en iguales condiciones que en el espacio presentado por la física clásica. La consideración más importante con la cual nos encontramos es la que, con el transcurso del tiempo, todo móvil después de transcurrido un período del mismo, se sitúa en el mismo punto del cual partiera, por más que su movimiento siga una trayectoria recta. Además, el tiempo empleado tampoco será infinito, sino que por el contrario será numerable. Por lo tanto, la finitud del espacio lleva implicada la del tiempo.

Todo esto nos ofrece una ligera visión de los progresos logrados por la incesante evolución del pensamiento relativista, y como la astronomía actual, encara los problemas que le son propios sobre la mecánica celeste. Su criterio es verdaderamente amplio y ha tenido la firmeza de enfrentar a las distintas oposiciones lógicas que asomaban ante el hecho de admitir la finitud del espacio y del tiempo, cuestión vivamente discutida en los distintos sectores de la ciencia física.

El espacio esférico logra explicar las diversas traslaciones por el cosmos y establece, a través de las mismas condiciones de su naturaleza, la finitud del tiempo, que aparece como uno de los aspectos básicos de la teoría de la relatividad. Además de aceptar un espacio esférico, la supradicha teoría del profesor Alberto Einstein nos ha acostumbrado a hablar de un espacio-tiempo, es decir, que es necesario entender a las dos dimensiones como una sola y verdadera unidad física.

Por otra parte, el espacio esférico se ha defendido hasta el presente frente a las impugnaciones lógicas que se le han presentado para invalidar su existencia. Se relaciona ciertamente este espacio con la cantidad de materia distribuída en el universo entero, y por ello debemos reconocer que todo espacio cósmico es afectado por la mayor o menor densidad de la materia ponderable.

En este sentido, H. Reichenbach ha señalado esto que va a continuación: "Según Einstein, el espacio no es euclídeo más que en aquellas regiones que están muy alejadas de grandes masas; pero la existencia de masas cósmicas lleva consigo una curvatura del espacio, y esta curvatura es precisamente la que se nos ofrece como gravitación. Por consiguiente, el campo gravitatorio es, pues, idéntico a la estructura del espacio" (1).

Todo esto implica reconocer que el espacio recibe sus cualidades de acuerdo a la distribución de la materia en el ámbito interior. Es decir, que la densidad o condensación de la materia ponderable influye positivamente en la aparición de una curvatura del espacio, lo que nos lleva inmediatamente al estudio de un espacio de tipo esférico. Debemos recordar entonces que de esta manera ha desarrollado sus razonamientos el autor de la prestigiosa teoría, y ello nos ha conducido a admitir un espacio que podemos suponer cerrado. Hay que manifestar ahora que la relación que se establece entre lo que es materia estelar y el espacio circundante es directa e inmediata.

Comprendemos así que, para interpretar la existencia de un espacio, es requisito elemental reconocer la distribución de la materia y la densidad de la misma, en los distintos lugares del universo, lo que se revela por la curvatura del espacio cósmico. El espacio euclídeo, distinto del esférico, también se reconoce como existente en los análisis geométricos y matemáticos. Es importante agregar que, frente a ese espacio de la experiencia

(1) Hans Reichenbach: *Atomo y cosmos. Concepción física actual del universo*. Traducción y edición ya citadas.

diaria, aparece el otro, el esférico y que se constituye por la presencia de las grandes masas estelares. El profesor H. Reichenbach establece la relación vigente entre las masas ponderables que producen la curvatura del espacio con la gravitación operante en ese mismo lugar del cosmos. Es así como la acumulación de los cuerpos indica la intensidad de la gravitación en ese punto. Por otra parte, esta relación ha sido debidamente exployada por el profesor mencionado, y no hace a nuestro propósito detenernos en ella.

El espacio esférico es una concepción moderna que puede explicar los distintos movimientos, y al mismo tiempo implica la aceptación de la relatividad del movimiento mismo, cualidad ésta tan en boga desde la aparición de la teoría del actual profesor en la Universidad de Princeton. En el mundo físico no existe traslación, ni velocidad alguna que pueda considerarse como absoluta, y el doctor Alberto Einstein ha señalado muchas veces que todo intento de lograr semejante comprobación está condenado al fracaso. Por lo tanto, en el ámbito exterior del espacio esférico nos encontramos que todo movimiento es relativo, lo mismo que cualquier velocidad, que de esta suerte resulta siempre medible.

Ello le llevó a confesar al profesor A. Einstein la imposibilidad de comprobar cualquier movimiento absoluto, y por ello declara que toda traslación tiene que ser referida a algo, sea un cuerpo en reposo o en movimiento. Las diversas y numerosas tentativas registradas en el terreno de la física para demostrar un movimiento no habían tenido ningún éxito hasta la aparición de las concepciones del notable científico suizo-alemán, que ofreció una nueva versión de los fenómenos ya observados.

El espacio esférico no contradice las antiguas nociones acerca del movimiento y de la velocidad de los cuerpos en el espacio. Todo ello puede verificarse en un espacio de semejante tipo, y no surge dificultad alguna para explicar cualquier clase de traslación, lo que en un principio se tuvieron dificultades lógico-matemáticas para ser interpretado debidamente. Los críticos de la relatividad han eliminado en lo posible todo elemento de contradicción que pudiera surgir a través de su concepción por la mente humana, frente a un espacio que tiene una estructura distinta al denominado euclídeo, apareciendo éste consagrado por una larga tradición científica y que es en el fondo el mismo espacio de nuestra experiencia directa o inmediata.

El profesor Paul Laberene, agregado a la Universidad de París, expresa, con respecto al problema del espacio esférico, lo siguiente: "Pero las propiedades de este propio espacio-tiempo dependen de la cantidad y de la repartición de la materia que contienen. Según que haya más o menos materia en un punto, el espacio-tiempo estará más o menos *curvado* en ese punto, lo que se traducirá concretamente, en la vecindad del punto, por la existencia de una atracción más o menos fuerte ejerciéndose sobre las masas materiales vecinas (explicación de la gravitación), por una desviación más o menos grande de los rayos luminosos, etc." (1).

Como se comprende, la materia y su correspondiente densidad es la que provoca un grado de curvatura en el espacio, y por ello es preciso hablar de una curvatura del mismo. De esta manera, es la materia misma la que produce una variación en las condiciones del espacio, donde se halla distribuida. Por ello el profesor Alberto Einstein se ha interesado por la distribución de las grandes masas estelares en el espacio, y ha apreciado debidamente el carácter de las atracciones gravitatorias que trae por consecuencia la misma presencia de esas masas materiales, que permiten el estudio del mencionado fenómeno.

El autor de la teoría de la relatividad asevera que por ello es posible manifestar que existe una curvatura en el espacio universal, cuyo mayor o menor grado lo produce la presencia de grandes masas. El espacio tiene su finitud, lo mismo que el tiempo, con el cual se encuentra indisolublemente unido.

Todo ello ha contribuido a valorar la presencia de las masas estelares, con el objeto de estudiar las alteraciones que aparecen en los distintos campos del universo, y al mismo tiempo es posible apreciar la validez y vigencia de las leyes de la atracción, lo mismo que las de la repulsión cósmica.

El pensamiento einsteniano ha determinado que esa curvatura la provoca la materia, y la densidad de ella es la que trae un concepto de curvatura espacial, término éste que la renombrada teoría ha puesto en boga, por las importantes consecuencias que ofrece para la mecánica celeste. En otras palabras, el espacio necesita especificarse por las condiciones inherentes de la materia que contiene, y tal espacio ha de considerarse como esférico, ya que la densidad aportada por la materia nos ofrece

(1) Paul Laberene: *El origen de los mundos*. Editorial Problemas. Buenos Aires. 1943. Las comillas y los paréntesis aparecen en el texto.

una idea de curvatura o encorvamiento del mismo, y por lo tanto, esto es muy importante a los efectos de interpretar la estructura material del universo y la distribución aproximada de las masas con sus colosales dimensiones en el interior del mismo.

La curvatura del espacio ha sido objeto de un amplio estudio y examen prolongado por parte de los físicos relativistas y de los analistas que destacan la significación de la teoría einsteiniana. Recordemos a este respecto que el pensamiento del autor de la relatividad es en este campo realmente innovador y aparece como muy elogiable su afán de ofrecer nuevos incentivos a la investigación cosmológica, a la que, sin duda, han contribuído apreciablemente sus concepciones.

Dentro de la curvatura que admite la ciencia actual que posee el espacio, los cuerpos se desplazan libremente y no encuentran ninguna restricción, ni ninguna dificultad para recorrer sus respectivas órbitas. El espacio curvo permite la misma trayectoria a los astros y a los soles del universo, con la diferencia de que sus recorridos son afectados por la forma que adquiere el espacio cósmico. Es decir, que dentro del espacio curvo los movimientos se ajustan a las condiciones propias de ese espacio, y siguen el desarrollo de trayectorias curvilíneas. De esta manera, todo recorrido que se verifique de acuerdo al trazado de una línea recta, concluye por ser la imagen de una línea curva, por las mismas razones de que nos situamos en el interior de un espacio que tiene su curvatura.

Son muy importantes los debates que provoca la idea de un espacio esférico, pero en este sentido debemos agregar que una selecta mentalidad de científicos la apoya y le encuentra sus fundamentos físicos, además de los lógico-matemáticos, que necesita toda disciplina para desarrollar sus concepciones más trascendentales. Recordemos que la idea y noción de un espacio curvo no se ha desarrollado hasta el presente en todas sus fecundas relaciones con los principios de una moderna mecánica celeste. Además, cabe agregar que el espacio curvo, en primer término y como su condición más importante, puede satisfacer los requisitos físicos elementales que necesita, las teorías cosmológicas para imponerse en el campo de la inteligencia humana.

Al llenar las exigencias físicas dentro de un espacio-tiempo relativo, el espacio esférico y finito se liga permanentemente al ítempo, que tiene la característica de adherirse a aquél en una sola unidad. El espacio curvo se relaciona lo mismo con la fun-

ción del tiempo, pues así lo revela la relatividad, pues ésta considera verdaderamente ligados tanto al espacio como al tiempo, exigencia que ha sido puesta frecuentemente en el plano de la actualidad, por la clara inteligencia del físico suizo-alemán.

De la misma manera que la relatividad habla del espacio-tiempo, en el desarrollo de sus conceptos, se entiende también que el espacio no euclídeo es curvo o tiene su grado de curvatura, permaneciendo siempre unido a la dimensión tiempo.

La curvatura del espacio a que nos referimos precedentemente trae su misma finitud, puesto que todo movimiento o traslación termina por situarse en el mismo punto de partida. De esto surge la finitud misma del tiempo que se adapta a las características propias del espacio, lo mismo que el espacio esférico se produce debido a la presencia de materia ponderable que se distribuye por los ámbitos siderales.

De esta suerte, la relatividad muestra la intimidad que liga a las distintas funciones del mundo material, y destaca la relación existente tanto entre el espacio y el tiempo, como también con la materia o la energía, que aparece en el curso de la evolución del universo.

Al mismo tiempo, la curvatura del espacio denuncia la densidad de la materia y también la misma distribución de las masas en el cosmos. Se comprende por ello que el espacio de este tipo ofrece más amplios límites a la investigación que el presentado por la geometría euclídea, que configura toda una etapa matemática. El examen de la curvatura espacial implica el estudio de la estructura del cosmos material, de suerte que nos aproxima al conocimiento de los principios que gobiernan las grandes estructuras estelares que constituyen el conjunto de la naturaleza y nos presenta una noción de su conformación física.

Nos aproxima también al concepto de que existen porciones o partes del universo distintas a las que se ha acostumbrado a indagar el investigador físico, y de esta manera le permite emplear nuevas condiciones interpretativas, a los efectos de considerar la totalidad del universo y sus funciones esenciales. Se modifica, de esta suerte, el criterio epistemológico con que se enfrentan los problemas del mundo exterior, para tener una noción de las diferentes acciones que se verifican en los opuestos lugares del universo, donde reconocemos la presencia de atracciones mecánicas, que no pueden ser interpretadas en la misma forma como se interpreta la realidad con la cual toma diario contacto el observador físico.

La ciencia física moderna abre nuevas perspectivas a los efectos de un más amplio y seguro conocimiento del universo y de la naturaleza relativista del espacio-tiempo, tal como lo presenta la conocida teoría del profesor A. Einstein. La relatividad de tales funciones es un concepto preciso que se mantiene a través de las investigaciones que se han verificado en el universo desde la publicación de esa nueva concepción del universo. Es así como la relatividad mencionada, con respecto al proceso del movimiento, tiene una fecunda aplicación en la mecánica novísima y trae frutos provechosos para entender la naturaleza del espacio y del tiempo, que tanto ha preocupado a los físicos y a los matemáticos, para conseguir establecer con seguridad la índole de los fenómenos dinámicos que es preciso emplear para explicar la evolución de nuestro universo material.

El profesor Blas Cabrera afirma, en un ensayo del cual es autor, que existen hechos comprobados, los cuales contribuyen a probar la curvatura del espacio. Ellos son: el encorvamiento de los rayos luminosos al cruzar frente a las grandes masas; el cambio de frecuencia de la raya espectral del átomo, cuando varía su situación en el espacio, yendo a un lugar donde existe mayor intensidad gravitatoria; y el corrimiento del perihelio de las órbitas planetarias. Estas son pruebas, para el prestigioso profesor, que apoyan firmemente la idea de una curvatura espacial, y que es apreciable frente a los precitados fenómenos.

Como es posible observar, es muy amplia la aceptación que goza la relatividad concebida por el profesor Alberto Einstein, ya que numerosos científicos manifiestan que abundan en esta teoría las comprobaciones favorables y se han consagrado a afirmar que los principios asentados por esa concepción cosmológica encuentran su afirmación en los fenómenos del mundo exterior, como lo es el conocido encorvamiento de los rayos luminosos al pasar frente a las grandes masas estelares, de suerte que la fuerza gravitacional se revela en la desviación de los precitados rayos.

El concepto de un espacio curvado, desde la aparición de la concepción einsteniana, ha encontrado sus puntos de apoyo en la explicación de ciertos fenómenos, y de esta suerte la concepción de una curvatura de nuestro espacio se ha abierto camino en la mentalidad de un selecto núcleo de físicos, y poco a poco se van eliminando, con el progresivo adelanto de las ciencias exactas, algunos reparos lógicos que se le habían opuesto a este tipo de espacio, que tuviera vigencia más preponderante con los estudios

del profesor Alberto Einstein, acerca de la estructura de la naturaleza exterior.

La curvatura del espacio es consignada por numerosos críticos de las novísimas teorías y muchos también se han dedicado a interpretarla, apoyados en los principios relativistas de la finitud del movimiento y de las velocidades de los cuerpos celestes. La relatividad del movimiento y de las traslaciones de los cuerpos extensos asoma necesariamente cuando se desarrolla la noción de un espacio esférico finito, pero que al mismo tiempo tiene la virtud de no tener límites conocidos. Con ello se advierte que se ha efectuado una profunda evolución en el pensamiento físico-matemático en estos últimos tiempos, merced al progreso que ha dado el conocimiento, los principios básicos de la relatividad, que de esta suerte se afianza en el campo de las inquietudes trascendentales que enriquecen los debates y discusiones en torno a los problemas cosmogónicos.

Esa relatividad ha sido empleada por diferentes figuras intelectuales para explicar los más recientes y efectivos progresos de las ramas de las ciencias físicas. Veamos ahora otro aspecto de su concepción del espacio.

Citaremos aquí al profesor español don Blas Cabrera, quien valorando ampliamente las conquistas de la relatividad, se refiere entonces a la moderna noción de espacio: “En primer término, la curvatura del espacio resolvió el problema de sus límites haciendo compatible la falta de éstos con la finitud del universo, al modo que ocurre con las superficies cerradas. De otra parte, eliminó también las dificultades con que tropieza la concepción de los espacios vacíos, determinando su capacidad por la cantidad de materia que contiene” (1).

Como bien lo hace resaltar el mencionado profesor, el espacio esférico ha contribuido a eliminar los problemas más agudos de la física cosmológica y es el que se refiere a la finitud del universo y la ausencia de límites conocidos. El espacio carece de límites, pero al mismo tiempo no se tropieza con ninguna dificultad mecánica al sostener su finitud. Es así como los cuerpos, como ya lo hemos dicho, se trasladan para cualquier lugar y nunca encuentran obstáculo alguno que afecte estas traslaciones. No existen entonces límites, pero al mismo tiempo preciso es reconocer que la finitud es la característica fundamental

(1) Blas Cabrera: *Cómo ve el mundo la física actual*. Revista de Occidente. Año XI. Número CXVII, marzo de 1933, Madrid (España).

del espacio, de manera que todo movimiento y toda velocidad posible puede cumplirse, pues al final y en términos concretos, pese a la ilimitación que contiene también ese tipo de espacio, tendrá que poseer finitud toda movilidad, pese al período de tiempo que emplee en verificarse.

Se trata de un espacio esférico donde toda traslación es posible y resulta incompatible con la noción de un límite determinado que cierre materialmente tal estructura. El espacio curvado, como lo llaman otros autores, encierra su condición de finito, pero también hay que reconocer que no existen límites prácticamente para ninguna velocidad de los cuerpos contenidos en el interior de semejante tipo de espacio. Ningún desplazamiento ni velocidad puede ser capaz de superar su finitud, y es solamente explicable dentro de ese mismo criterio. La ilimitación de todo movimiento es una consecuencia radical en esta forma de espacio, que tiene las propiedades necesarias para explicar todos los procesos mecánicos y dinámicos conocidos en un universo relativista, como bien ha sido señalado esto por parte de numerosos autores y críticos de las especulaciones einstenianas.

La finitud que indica la curvatura del espacio se sostiene y adquiere resonancia en la teoría relativista y sus proyecciones, de suerte que todas las ideas apoyadas por esta concepción cosmológica se complementan dentro de un espacio que tiene esa modalidad física y geométrica. Esa misma curvatura nos sirve para explicar los distintos movimientos de los cuerpos celestes y de las grandes masas, esas que provocan modificaciones al espacio en donde se encuentran instaladas.

Con todo lo que dejamos expuesto, se comprende que la materia tiene especial significación para interpretar las condiciones del espacio que debido a las masas se considera como curvo. Además, todo movimiento rectilíneo termina por reducirse con su desarrollo integral en el tiempo, en un movimiento de carácter curvilíneo, dentro de un espacio de la misma naturaleza. Por lo que es preciso destacar el hecho de que el espacio es afectado por las condiciones de la materia que contiene en su interior.

Muchos físicos se han consagrado a examinar los aspectos que presenta al pensamiento científico este tipo de espacio, y en esta forma se ha puesto con frecuencia de relieve la labor cumplida por el profesor Alberto Einstein, con sus concepciones cosmológicas sobre un espacio esférico. Este espacio esférico o

bien la curvatura del espacio, tiene una estrecha vinculación con todo lo que se refiere a la presencia de masas materiales.

Un espacio de este tipo tiene su finitud, pero no encuentra límites aparentes, ni efectivos para los diversos movimientos de carácter rectilíneo, puesto que con ese movimiento hemos ya visto que después de un período de tiempo se concreta en curvo; es decir, mediante el progresivo desarrollo de la trayectoria del móvil.

Hasta el presente la idea de un espacio relativista y esférico ha satisfecho a la mayoría de las pretensiones del pensamiento lógico, ya que es apreciable el número de investigadores que han explicado y defendido esta concepción, a la que consideran como una forma realmente ingeniosa de concebir la estructura del espacio, uno de los problemas cosmológicos de sumo interés para las nuevas corrientes de las disciplinas exactas. Se explica con este espacio toda acción material y las modalidades de las leyes macroscópicas, de suerte que su validez ha sido sostenida por importantes personalidades universitarias consagradas a estas cuestiones durante muchos años de estudios.

Existiendo la finitud, es un espacio con su correspondiente curvatura, reconocemos que allí no existen límites, y ello es concebible, debido a que las masas conforman un tipo espacial y son factores que modifican radicalmente sus contornos. Es decir, que aparece una estructura en la cual el espacio que se especifica no es infinito, sino que por el contrario es menester expresar que es finito, pero también no es posible concederle límites posibles. Nos encontramos con un espacio esférico, que tiene una completa ilimitación dentro de una finitud que debemos aceptar, ya que es curvo, y por lo tanto es fácil concebir que tal curvatura tiene un radio apreciable o bien medible aproximadamente.

El profesor Francisco Vera, al analizar las condiciones propias y cualidades primarias de este espacio, dice lo siguiente: "Si el universo no puede, pues, tener límites porque éstos serían como barreras que lo separasen de la nada, lo cual no tiene sentido, ni tampoco ser infinito porque su magnitud depende de la densidad de la materia, la distribución uniforme de ésta y su estado de reposo nos lleva a la conclusión de un espacio esférico; pero como la materia no está repartida uniformemente ni se encuentra en reposo, aunque presenta en todas partes la misma densidad media, resulta un espacio *casi esférico* —euclídeo solamente en las regiones muy alejadas de todo cuerpo que gravita— y con

gibas en los lugares en que la materia tiene mayor densidad, cerrado e ilimitado, de tal modo que la luz de las estrellas puede dar eternamente vueltas en torno suyo, bien entendido que la palabra *esférico* no quiere decir que tenga forma de esfera porque ésta se halla limitada por su superficie, que la separa del resto del espacio, sino que este espacio esférico o casi esférico no es una parte del espacio infinito, sino que no tiene límites y se cierra sobre sí mismo" (1).

De acuerdo con estos conceptos, el espacio ha de entenderse como cerrado, pero ilimitado, de suerte que, gozando de la condición de la finitud, tiene al mismo tiempo la propiedad de ser ilimitado con respecto a todas las masas materiales y a los movimientos. En esta oportunidad es menester aclarar que la idea de un espacio esférico se separa de la consideración común que merece un cuerpo de esa naturaleza, como bien lo observa el profesor F. Vera, en los términos reproducidos anteriormente, ya que todo lo que contiene ese espacio es todo el universo material, y no es posible concebir nada fuera de semejante estructura.

La ida de un universo esférico ha sido fecunda, a los efectos de relacionar los conceptos de finitud e ilimitación, que hasta ese momento parecían completamente antinómicos en el pensamiento de la física clásica, y que una verdadera proeza del científico moderno ha sabido relacionarlos en una forma realmente fecunda, y que sirve para destacar la elasticidad de los principios lógicos con que las ciencias exactas acometen el estudio de los problemas cósmicos. En este sentido, la misma relatividad del profesor Alberto Einstein ocupa un lugar indiscutiblemente destacado por la magnitud de sus consecuencias físicas, para modificar las concepciones defendidas desde los primeros estadios de la física clásica hasta la aparición de la teoría general de la relatividad por el año 1915.

Cabe reconocer entonces que la idea de un espacio esférico o la llamada curvatura del espacio, llena actualmente las exigencias lógicas de la ciencia relativista, y al mismo tiempo no presenta oposiciones radicales entre los distintos elementos geométricos que informan su estructura. De esta suerte, se advierte que el método lógico-matemático ha modificado las modalidades im-

(1) Francisco Vera: *Evolución del pensamiento científico*. Editorial Sudamericana. Colección Ciencia y Cultura. Buenos Aires, 1945. Agregamos que los términos en bastardilla figuran en el volumen mencionado. Ver también este libro, para interpretar las condiciones del espacio riemanniano (de Riemann), que tanta significación adquiere ante la cosmología relativista.

perantes en otras etapas históricas y se aprecia también que principios que a primera vista pueden aparecer como contradictorios en la referida curvatura del espacio, no son tales cuando se examina su naturaleza. Esto es en muy gran medida un triunfo de la física relativista, que ha logrado precisar numerosos fenómenos a los cuales no se les había dado una interpretación adecuada.

El pensamiento del profesor Alberto Einstein ha impuesto nuevas directivas para la explicación de la estructura del universo, teniendo que emplear otras formulaciones, a los efectos de interpretar —dentro de su teoría— los ricos aspectos que ella ofrece.

Es muy interesante, por otra parte, conocer el proceso mental que le llevó al profesor Einstein a admitir la idea de una curvatura en el espacio, y también tienen especial trascendencia las consecuencias que se extraen del análisis de esta concepción. La relatividad ha luchado por imponer nuevos principios y el éxito positivo logrado hasta el presente por el destacado investigador, justifica el prestigio que rodea la obra de este docente. Si bien es conveniente reconocer que las concepciones cosmológicas se renuevan con el paso progresivo de los diversos estadios culturales e históricos, la precitada teoría, en lo que lleva de vida en este siglo, ha ocupado un lugar preponderante en lo que se refiere al real adelanto de las ciencias exactas, innovando en muchos aspectos los conceptos arraigados desde la aparición de sir Isaac Newton.

Con verdadero provecho, el doctor A. Einstein, se ha consagrado a revisar los elementos principales de la mecánica celeste y los nuevos resultados que ha ofrecido desde la geometría del espacio esférico hasta la finitud del universo material, señalan a una mente destinada a modificar algunos viejos conceptos vertidos desde hace muchos años en los textos de la física clásica. Reconozcamos que esa física ha sido ampliada y renovada por las nociones sustentadas por el eminente investigador, que ofrece resultados dignos de especial consideración.