

DE UNIVERSO INFINITO A CÁPSULA ESPACIAL¹¹

Javier de Lorenzo

1. Si 1543 es el año en el que se edita la obra clave de Copérnico, es una fecha en la que ya han transcurrido unos hechos, una serie de logros: la esfericidad de la Tierra, asumida; la ruptura de las columnas de Hércules y el derrumbamiento de un emblema que era algo más que un emblema. Se viene abajo el *Non plus ultra* y, con él, desaparecen los límites que esas columnas establecían. Son hechos que implican no sólo unos pasos en la colonización, sino el objetivo de descubrir nuevas tierras, nuevos mares, nuevos pueblos... Ir más allá, sin límites. Una superficie esférica carece de centro aunque una zona geográfica determinada, Europa occidental, sea el núcleo expansivo desde el cual se rompen los límites. Y, ahora, *Plus Ultra* será el emblema que hasta adoptará Bacon como propio de la empresa científica, propio para la Nueva Atlántida.

Si Copérnico desplaza la Tierra del centro del cosmos mantendrá la existencia de un lugar natural, ahora el Sol, como centro. El lugar natural de la luz, el Sol, ha de ser el centro del nuevo universo. Frente a esta concepción, y junto al desplazamiento del centro, junto a la ruptura de barreras, los matemáticos van a provocar la ruptura también con esa noción de lugar natural.

Y lo van a hacer desde el terreno práctico: para ir más allá, se exige de astrolabios, tablas astronómicas, medición de longitudes y latitudes, cartas de navegar... Ya no basta con una mera aproximación: hay que calcular con precisión, y previamente, una ruta sobre la superficie esférica. Son 'matemáticos' -y como tal se los conoce- los que participan en la creación del "Imperio británico" -y son términos acuñados, precisamente, por un matemático, John Dee-, y en esta empresa participan el citado Dee, Harriot, Wright, Briggs... quienes ven en el desarrollo de esas técnicas, de los cálculos pertinentes, el bagaje imprescindible para el expansionismo británico, para llegar a Eldorado y arrebatarlo de las manos españolas.

¹ En III Ciclo de conferencias de Cosmología y Astronomía de la Sociedad Astronómica SYRMA Valladolid., 15 a 19 de abril 1996. Sesión del día 18 de abril.

Con ello, y frente a la doctrina del lugar, con su cosmovisión en la cual el cosmos es finito, con centro la Tierra y rodeado de las esferas cristalinas en las cuales giran los orbes celestes y con dos tipos de materia, la supralunar y la infralunar, surge la noción, el concepto de espacio. Espacio único, sin centro, en el que se situarán los cuerpos que van a diferir por la posición que ocupan y no ya por la composición material. Un concepto de espacio geométrico, matemático.

Y no sólo intervienen los artistas italianos en la creación del nuevo espacio, con la perspectiva, el enlosado, el punto de fuga, la línea del horizonte... He indicado que la navegación requería de tablas, de cartas de navegar. Se hacía urgente resolver problemas cartográficos y no sólo de perspectiva. No basta situar en el plano las longitudes y las latitudes en líneas rectas, paralelas y perpendiculares respectivamente: Hay que establecer la proporcionalidad correspondiente entre ellas, proporcionalidad que fuera la adecuada, la correspondiente sobre la superficie esférica terrestre.

El ir más allá planteó lo que vino en denominarse a lo largo del siglo XVI la 'paradoja del navegar', paradoja de que el rumbo ya no era ni recta ni circunferencia. Es paradoja que refleja un problema conceptual, originado en la praxis, de representar figuras de la superficie terrestre sobre un plano. Y es problema porque la superficie esférica no es desarrollable sin deformación. La solución se centra en obtener una representación que trate de mantener ángulos, superficies o longitudes; se trata de que las proyecciones entre dos superficies, ahora geométricas como la esfera y el plano, mantengan alguna de esas propiedades y la deformación obtenida sea mínima.

Mercator, en 1569, trató de dar solución a este problema mediante una proyección cilíndrica que, a la vez, era conforme, mantenía los ángulos. Para ello la distancia entre los paralelos se va ampliando en proporción al aumento de las distancias que representan las diferencias de longitud. La razón entre un grado de longitud y uno de latitud en cualquier punto del mapa permanece como la correspondiente a la que existe en la superficie terrestre; con ello, el mapa preserva las direcciones verdaderas y logra una exactitud angular a costa, sin embargo, de no conservar las áreas, las superficies. Por esta exactitud angular, el rumbo sigue la curva loxodroma cuya representación, ahora, es una recta. Mercator daba solución,

así, a la paradoja de navegar. Se puede marcar sobre la carta de Mercator una ruta rectilínea que podrá ser seguida, posteriormente, sobre la superficie terrestre.

Mercator no explicitó sus métodos de cálculo. Y en búsqueda de la cantidad que hay que ampliar la distancia entre los paralelos John Dee construye tablas y Wright, en 1599, publica tablas de navegación apoyadas en lo que se denomina ‘método de las secantes’:

la secante de un grado de latitud es la razón entre el radio de un paralelo en la latitud dada y el radio del ecuador. Como la convergencia de los meridianos es proporcional a esta razón, esa secante da la razón de un grado de longitud para una latitud relativa a su equivalente en el ecuador. Pero en el ecuador un grado de longitud es igual al grado fijado de latitud, por lo cual la secante es simplemente la razón entre un grado de longitud y latitud para la latitud dada. Esta es precisamente la razón por la cual un grado de longitud se tiene que ampliar en cada punto. La adición regular de secantes para latitudes regularmente distanciadas da una buena aproximación para las partes meridionales.

Por su lado Harriot fija el rumbo aceptando que el ángulo de inclinación sobre cada meridiano sea constante. Con lo cual el rumbo no es una circunferencia sino una espiral doble convergente en cada polo tras un número infinito de ciclos. Al proyectar esa espiral, en representación conforme, sobre el plano del Ecuador, se obtiene la espiral logarítmica. Para cuadrar la misma Harriot la divide en partes iguales, cada una de un minuto de intervalo angular, y sustituye la curva por segmentos infinitesimales de recta. La espiral logarítmica viene constituida, así, por lo que considera una infinidad de segmentos diferenciales o infinitesimales rectilíneos de modo que cada uno tiene una proporción fija con el anterior.

Aquí se ha vuelto a plantear un problema conceptual: el continuo, la espiral, compuesto de infinitas partes finitas siendo, en conjunto, finito mientras que esas partes guardan entre sí una proporcionalidad. La solución conceptual de Harriot es admitir que

El continuum está compuesto primariamente de indivisibles en contacto. (Cfr. A. Alexander 1995)

Junto a esta solución conceptual, los problemas prácticos: calcular la longitud de la espiral, la del área que encierra, su ángulo de revolución en cada punto dado... Problemas prácticos porque son los que requiere el cálculo para determinar con precisión los meridianos y, con ello, precisar las cartas de navegar. Problemas en los que subyace la diferenciabilidad, el Cálculo infinitesimal.

Lo que me interesa destacar es que, al realizar este tipo de trabajo, obligados por la praxis, los matemáticos van a asumir que el espacio matemático, abstracto, se identifica con

el espacio real y el espacio físico se verá estructurado matemáticamente. Esa identificación entre existencia estructural o conceptual y existencia real se produce, entre otras líneas, a través del continuo geométrico. Así, Kepler, a través de sus estudios sobre cómo llenar un espacio determinado con número mínimo de esferas y, sobre todo, al concebir cómo el átomo de luz explora el espacio actual abstraído del matemático. Así, Hariot tras sus trabajos sobre la espiral logarítmica, en su tratado **De Infinitis**, escribirá que la magnitud matemática ‘universalmente infinita’ no puede ser entendida como mera suposición

sino también como acto real o existencia... que tiene un ser actual perfecto.

Asunción apoyada, a la vez, en dos elementos de carácter aparentemente metodológico. En primer lugar, la técnica empleada para los cálculos se apoya en la división en partes proporcionales e ir agregando la razón correspondiente en cada punto para obtener una buena aproximación. Es decir, se apoya en analizar, dividir en partes y luego sintetizar, sumar porque ese total depende de cada una de sus partes. En segundo lugar, es sobre una superficie esférica geométrica sobre la que, a priori, se hacen las proporciones y los cálculos y es sobre el mapa cartográfico donde se establece la ruta potencial a seguir. Es decir, se realiza el cálculo matemática, geoméricamente para luego llevar a la práctica, actualizar, el rumbo calculado.

Dos puntos esenciales que, junto al elemento práctico, provocan que el espacio matemático se convierta en modelo básico sobre el cual operar para, después, aplicar lo calculado a lo físico. Lo físico viene condicionado por lo geométrico espacial previo. Si la praxis exige el paso de las aproximaciones a la precisión, también exige tanto de un modelo como de un lenguaje, el matemático que, desde lo conceptual, abra los secretos de la naturaleza y permita ir más allá de los límites que esta impone. El espacio geométrico matemático se convierte en estructurador del espacio material físico.

Es lo que plasmará Galileo y tiene en Descartes y Pascal dos de sus más claros expositores: frente a la noción de lugar natural lo físico viene dado ahora por un espacio métrico euclídeo tridimensional. Métrico porque se están requiriendo mediciones y cálculos sobre la esfera terrestre y sobre las cartas de navegar, sobre los planos; euclídeo porque no se conoce otro tipo de geometría; tridimensional porque los objetos, los cuerpos rígidos tienen altura, anchura, profundidad.

En este espacio se establecen sistemas referenciales que den las posiciones de los puntos, lo mismo que sobre la superficie terrestre lo hacen latitud y longitud. Los ejes referenciales componen el triedro móvil. Con una precisión: el sistema referencial puede ponerse en cualquier punto origen: basta una traslación o una transformación de un sistema a otro. En lo dinámico, es concepción que tendrá su paralelo en el principio de invariancia de Galileo: el barco en movimiento tiene su propio referencial si ese movimiento es uniforme.

Aceptar la existencia de un espacio métrico euclídeo con su sistema referencial asociado y admitir que es real en acto y estructurador del espacio físico supone, desde mi punto de vista, uno de los hechos básicos de la concepción que se plasma en la llamada Revolución Científica. Sin olvidar los métodos que he indicado de análisis y síntesis y lo que está inherente al emblema *plus ultra*.

2. Pero adoptar el espacio métrico euclídeo como estructurador de lo físico no es algo inocuo: el hacer matemático no es mera teoría formal marginada a la physis, como han venido sosteniendo algunos neopositivistas. El espacio métrico euclídeo es un espacio que tiene unas características muy especiales. Su propiedad esencial, primaria, la **homogeneidad**. No hay, en él, posiciones ni direcciones privilegiadas. No hay, en él, ni delante ni atrás, ni arriba ni abajo, ni cielo ni infierno, ni derecha ni izquierda. Como Locke señalara, la homogeneidad es simplemente el principio de individuación de las posiciones de los cuerpos que se encuentren en el espacio.

De la homogeneidad se derivan una serie de propiedades. Me detengo sólo en alguna. Así, en la apuntada en el título: Ilimitación o Infinitud: no puede haber puntos límite, no puede haber barreras, se perdería la homogeneidad. Ello supone, inmediato, que se pueda ir, siempre, más allá. El espacio homogéneo se convierte en el terreno adecuado de la supresión de cotas, de limitaciones. En el prototipo de infinito potencial.

Con una advertencia: la ilimitación se confunde o identifica con la Infinitud del espacio, con una infinitud que procede de la idea de dividir el continuo de manera infinita. Es el problema del continuum que les indiqué en Harriot y que va a estar presente, de manera constante, en todas las discusiones en torno a los indivisibles, en torno a la magnitud extensiva y sus tipos. Pero la ilimitación nada tiene que ver con la infinitud, son

conceptos diferentes. Ir más allá no implica otra cosa que ausencia de límites, de cotas; es una propiedad topológica. La infinitud implica distancia y, por ello, es propiedad métrica. Como propiedad métrica se explicita al aceptar que el espacio matemático estructurador de lo real sea un espacio métrico euclídeo. La infinitud del espacio no procede, por ello, de su homogeneidad sino del tipo de métrica, la euclídea, subyacente. En cualquier caso, la aceptación del espacio cartesiano o newtoniano, lleva consigo la ilimitación del mismo y, por la métrica asumida, también su infinitud.

La homogeneidad, con su ilimitación incorporada, exige proporcionalidad entre las figuras que en el espacio se puedan incluir. Proporcionalidad y no cambio de estado. Aquí se tiene, consecuencia de admitir la homogeneidad, la interpretación de los descubrimientos realizados con el microscopio y el telescopio: cada uno de estos instrumentos hace ver nuevos mundos, en lo pequeño y en lo grande. Galileo hace ver que otros astros también tienen sus planetas y reproduce el sistema solar; el microscopio hace ver que en lo pequeño también se reproduce el cosmos. Bien entendido: otros mundos que se insertan entre sí como las muñecas rusas siempre proporcionales al nuestro. No hay, no puede haber, distinción cualitativa alguna, se perdería la homogeneidad.

Por otro lado, la proporcionalidad se refleja en un proceso conceptual que he considerado como uno de los conceptos-núcleo del hacer matemático: la linealización. Linealización como una de las claves para la constitución del Análisis diferencial clásico. Una curva, la propia espiral logarítmica encontrada por Harriot y que es trascendente, se convertirá en polinomio gracias a su desarrollo en serie con su resto en manos de Newton, de Mac Laurin. En manos de Leibniz, el triángulo característico infinitesimal será proporcional a un triángulo finito así como las mónadas se convertirán en núcleos estructuradores de lo finito. Las reglas básicas de la diferenciación, de la integración tendrán que satisfacer la linealización. La creación y manejo de los logaritmos no supone otra cosa que reducir el grado de la operación y, en última instancia, linealizar los cálculos.

Y todo ello con la idea básica que indiqué como característica de los matemáticos británicos y que es la misma que en los continentales: el método de indivisibles o diferenciales de Cavalieri y Galileo, el empleado por Kepler para obtener el volumen de un tonel, el de Pascal y Roberval para cuadrar una curva como la cicloide... Idea básica para el

Cálculo diferencial y con él, para plantear las ecuaciones diferenciales en Leibniz y los Bernoulli, después en Euler o d'Alembert y Clairaut al igual que lo será para las fluxiones de Newton, fluxiones que conllevan la noción de límite que plasmará explícitamente d'Alembert. Método de indivisibles en el que subyace la noción de que son los infinitesimales los que estructuran el total. Y, precisamente por la estructuración que el matemático hace de lo físico, por esa homogeneidad, en lo real se refleja en la estabilidad y uniformidad, y el comportamiento del total quedará determinado por el de sus partes diferenciales. La integral, como *summa omnium*, suma de partes, quedará conceptualmente subordinada a la diferencial.

Entre las consecuencias de la homogeneidad se encuentra otro elemento conceptual básico: el espacio es acausal respecto a los elementos que en él se incluyan. Es mero receptáculo que no actúa sobre los cuerpos ni viene afectado por los mismos. Un espacio absoluto, que se traduce en términos dinámicos indicando que su efecto inercial es independiente, es decir, que no queda afectado por los acontecimientos físicos que en él ocurran. Nada actúa sobre él. Se sitúan los puntos dados por sus posiciones y el movimiento no será otra cosa que el cambio de posición a través del tiempo. Y si se acepta como principio básico que todo está en movimiento, si se acepta como esencial, como constitutivo de la naturaleza un principio antiperceptivo y antiintuivo por excelencia, el principio de inercia, resulta que el cambio de movimiento tiene que venir dado por la aceleración, no por la velocidad como mantendría Leibniz y luego Kant. La velocidad es lo dado y lo que importa es el cambio de movimiento, la aceleración que aparece como la segunda derivada del espacio respecto al tiempo. Y así, la segunda ley de Newton se formula como una ecuación diferencial de segundo orden.

De esta forma, junto a la realidad geométrica del espacio homogéneo, aparece como esencial que el espacio posea, igualmente, una función inercial.

No voy a seguir por estas líneas y analizar otras consecuencias de la homogeneidad. Sí observar que si el todo viene dado por sus partes, si hay homogeneidad y todas las partes tienen el mismo papel, la solución a la ecuación diferencial, la que dará la trayectoria, es la que establece la ley a la que esa curva, esa trayectoria viene sometida. Y esa ley es una ley de la naturaleza. Una ley por la cual todo, por esa regulación diferencial, está determinado.

El orden conceptual estructura el real. Con ello, no hace falta hipótesis divina alguna. Basta la razón conceptual para, desde las partes, obtener la ecuación diferencial o ley correspondiente. Con la aceptación de que la ley natural se incardina en la physis.

Sólo falta que los hombres la apliquen a sus asuntos propios, a la sociedad en la que viven... y del mismo modo que se ha hecho en el orden se la physis: los individuos, como las partes diferenciales -todas equivalentes entre sí en un sistema homogéneo-, pueden establecer el orden social total pertinente sin tener que acudir a ley divina alguna.

Desde este enfoque el mundo conceptual construido desde la Ciencia supone la ruptura completa con el *Ámbito Simbólico* entonces existente, con el orden social subyacente al mismo. Una ruptura que muy posteriormente reconocería Schrödinger en una versión de la que no resisto a citarles sus palabras:

Así como el modelo universal espacio-tiempo es incoloro, silencioso e impalpable; es decir, carece de las cualidades sensoriales, así también falta en él todo aquello que recibe un sentido en su relación con una mismidad consciente, observadora y sensible. (...) Todo esto no sólo falta, sino que es imposible añadirlo orgánicamente. (p. 112) ... a esto se debe también el notorio ateísmo de las ciencias naturales, que los teístas les reprochan una y otra vez. No tienen razón. El dios personal no tiene cabida en un mundo que sólo resulta comprensible al precio de retirar de él todo lo personal. Para los que han experimentado la presencia de Dios, ello debe quedar como una vivencia, tan real como una inmediata percepción sensorial, como la propia personalidad. Y, como ésta, Dios debe quedar fuera del marco del espacio-tiempo. (p. 114)

3. Si el espacio es un recipiente homogéneo, inactivo causalmente o de efecto inercial independiente, si no contribuye a los efectos físicos ni es afectado por los acontecimientos, cabe una pregunta por el cuerpo más inmediato en el que vivimos, origen además de toda esta construcción conceptual: la Tierra.

Ha dejado de ser el centro y, además, no hay centros, ni siquiera el Sol, como había pretendido Copérnico. Si es el movimiento toda la clave y se realizan viajes, permanentes, estos no se hacen a un centro -sea el Templo de Jerusalén o la Kaaba-. Los viajes, ahora, son de descubrimiento y colonización. De momento viajes aquí, sobre la superficie terrestre. Pero la imaginación quiere que se pueda ir más allá y Cyrano de Bergerac ya imagina viajes a la Luna... mucho antes que Julio Verne.

La Tierra ha perdido su principio de correspondencia con los demás orbes, convertidos en cuerpos materiales que se mueven según leyes geométrico-inerciales en un

espacio ilimitado-infinito, vacío, pero uniforme, homogéneo y estable. La Tierra, un recipiente pasivo pero enorme, gigantesco, al que se le puede zarandear sin problemas. Y puede ser esquilada y todo lo que hay sobre ella. Como naturaleza sigue unas leyes mecánicas, pero no se deja guiar por objetivos o finalidades, por intencionalidades que no caben en el cuadro espacio-temporal. Carecen de intencionalidades los animales, las plantas, la vida: la naturaleza es ciega. Se mantienen, en lucha por su existencia, los más aptos. Pero todo carece de valores. Los valores son cosa de otro Ámbito...

Es lo que angustiaría a Pascal cuando se planteaba el silencio de los espacios infinitos tanto en grandeza como en pequeñez; es lo que le conduciría a establecer la grandeza del hombre: saber, por la razón, que la naturaleza en sí no sabe ni puede saber. El hombre, mero junco pensante al que una gota de rocío puede abatir. Y, sin embargo, ese junco es superior al resto de la naturaleza porque sabe que es junco y sabe de su pequeñez. Mera naturaleza, ínfima parte de de la misma, ese junco se ha enfrentado a la naturaleza por la razón.

A pesar de lo cual, estable y uniforme, bajo leyes geométrico-inerciales carentes de finalidad u objetivo, esta naturaleza resulta que es el mejor de los mundos posibles y todo puede ser conocido por un sujeto que descubre, conquista, explica y domina a esa naturaleza infinito-ilimitada que está ahí, enfrentada como objeto mecánico, inerte, para ser descubierta y esquilada por el sujeto cognoscente, del que habrá que establecer las condiciones de posibilidad por las cuales adquiere ese conocimiento...

Y perdón, aquí, una insistencia: El espacio métrico euclídeo estructurador del espacio físico es una construcción conceptual convertida en herramienta para el desarrollo de un cierto tipo de estructura social, que va a culminar en la sociedad capitalista. No vivimos, ni sentimos, ni percibimos en un espacio métrico euclídeo tridimensional. Insisto porque ha llegado a confundir hasta a algún gran filósofo como Kant quien nos hace constituidos de una facultad como la sensibilidad conformada, precisamente, por las propiedades caracterizadoras de ese espacio conceptual, con percepción métrico euclídea, con categorías como legalidad o causalidad... Una construcción conceptual convertida en preconcepción, en ideología que obliga, desde una determinada formación y educación, a aceptar y asumir la acrítica posición kantiana.

4. Y, sin embargo... es una concepción un tanto extraña. Una construcción conceptual, reitero, nada imaginativa ni perceptiva: a pesar de Kant, ni el infinito es captable, ni la métrica euclídea con sus distancias y su paralelismo, ni los conceptos considerados primarios... son algo perceptible. Y, en el fondo, ¿el espacio es infinito-ilimitado? De hecho, se seguía en el Sistema solar y, como mucho, en la Vía Láctea. Había ‘nebulosas’, extrañas masas u objetos débiles, parecidos a las nubes, especie de gas luminoso que no registraban variación alguna en cuanto a su posición y aspecto. Pero todas, aquí, en la Vía Láctea, aunque ya en 1755 Kant, en paralelo a Laplace, hubiera considerado que se podían estimar como “universos isla”. sistemas independientes de estrellas del mismo tipo que la Vía Láctea. A pesar de esto último y, en el fondo, un Universo estático y, ciertamente, bastante limitado. La concepción de un espacio vacío infinito e ilimitado, con fuerzas actuando de modo instantáneo a distancia, sin finalidades, sin objetivos, no cabe en todas las mentes.

Espíritus religiosos como Kant tratarán de poner límites a las excesivas pretensiones de los matemáticos. Límites, nuevamente barreras: aceptará -puro reconocimiento fáctico- que establezcan mundos como el señalado, pero es el filósofo el que tiene que ocuparse de temas más trascendentes: Dios, la inmortalidad, la libertad..., ausentes de ese mundo mecánico construido por los matemáticos, por los filósofos naturales y que, sin embargo, se convierte en una fuerza productiva inmensa.

Tras Kant, con su nuevo *non plus ultra*, se produjo una reacción, la romántica y la idealista. Y hubo que llenar ese espacio vacío con una materia, el éter, que volviera a poner orden en el cosmos, un orden del mismo tipo que el establecido en el Ámbito Simbólico donde había una armonía, un orden cósmico y todos sabían, y aceptaban más o menos, el lugar natural que ocupaban. Y aunque no se sabía muy bien cuáles eran las propiedades mecánicas del éter, constituía una materia que cubría el vacío ‘inimaginable’.

A pesar de las pretendidas barreras, del griterío de los beocios, los matemáticos siguieron construyendo otros mundos, otras geometrías, otros espacios... Espacios proyectivos sin métrica asociada, espacios con métrica no-euclídea, espacios diferenciales... y la distinción entre propiedades métricas, proyectivas, afines y, a su vez, topológicas. Y Riemann mantendría que el espacio real no podía considerarse como mero receptáculo

independiente de los acontecimientos que en él tuvieran lugar; para Riemann el espacio podía tener funciones físicas específicas.

También desde el Análisis con sus enlaces con problemas físicos -por mera cita los de potencial, los de la termodinámica- se va a poner de relieve el papel tanto las ecuaciones en derivadas parciales como de las ecuaciones integrales. Son ecuaciones que dan paso a leyes de conservación global y en la cuales ya no se trata de una mera suma de partes diferenciales que lleven al total; ahora, es lo global lo que interesa desde el primer momento. Y la integral se desgaja, conceptualmente, de la diferencial...

Por su lado, la teoría ondulatoria de la luz llevó desde Faraday a Maxwell a la noción, no ya atómico-discreta sino global, de campo electromagnético portador, precisamente, de las fuerzas. Y la combinación del éter, versión atomista, en el que nadaban los corpúsculos y permitía la transmisión de las fuerzas, con la noción de campo, versión continuo-global, se vino a hacer insostenible. El éter, finalmente, fue arrinconado, no así la noción de campo.

En pleno cúmulo de dificultades, como una solución, la teoría de la relatividad especial. Se unen espacio y tiempo y el espacio físico, ahora, se convierte en un continuo de cuatro dimensiones. La imagen, sin embargo, sigue siendo la de un espacio absoluto e inmóvil con métrica también euclídea. Se maneja un receptáculo en el que los cuerpos se mueven, las fuerzas actúan atrayéndolos o repeliéndolos, pero el espacio-tiempo sigue inalterado.

Pero al pasar a la relatividad general resulta que el campo gravitatorio queda configurado por la distribución de las masas que en él se encuentran y varía al variar dicha distribución. Ahora, la estructura geométrica del espacio depende de factores físicos ya que si un cuerpo se mueve, su trayectoria afecta a la curvatura del espacio-tiempo y, recíprocamente, la curvatura del espacio-tiempo afecta a cómo se mueven los cuerpos y a cómo actúan las fuerzas. Ya no es un espacio-tiempo absoluto en el sentido newtoniano ni en el de la relatividad especial, sino que depende de influencias físicas, como había sostenido Riemann.

La interacción causal entre el espacio físico y las masas que contiene, inexistente en la imagen newtoniana, ha aparecido. Y la imagen de este cosmos es la de un espacio

limitado pero ahora finito. Una imagen donde masa es lo mismo que energía, donde el tiempo varía en su transcurrir y va más lento cuando está próximo a una configuración de gran masa que cuando está lejano a la misma. Una imagen donde el universo se encuentra estructurado con una métrica que ya no es euclídea. Una concepción, realmente, contrapuesta a la construida en la filosofía natural clásica, la newtoniana, que antes traté de esquematizar.

5. Una concepción muy cercana en el tiempo. Y que no tiene, ahora, un modelo único y radicalmente aceptable, aunque cierto tipo de propaganda parezca sostener lo contrario. Imagen muy cercana en el tiempo porque a pesar de las construcciones conceptuales de Einstein y otros, todavía en los primeros años de este siglo, en el primer tercio, seguíamos en la Vía Láctea.

He mencionado la existencia de nebulosas, manchas que no registraban variación alguna ni en su posición ni en su aspecto. Para un observador con un telescopio digamos ‘normal’, seguirán lo mismo día tras día, en su misma posición y con su mismo aspecto. Sólo el desarrollo de la óptica, por un lado, y de la técnica en la construcción de telescopios, por otro, permitió a lo largo del siglo XIX resolver esas manchas de gas luminoso en estrellas.

Algo más: permitió clasificar las nebulosas por su forma y estudiar, en concreto, las que tenían forma espiral, las más ‘raras’ por así decir. Y a comienzos de este siglo las nebulosas en espiral podían considerarse como lejanos cúmulos compuestos de estrellas, aunque siempre habría alguno que las consideraba como estructuras próximas, estrellas jóvenes en estado de gestación.

Es en 1914 cuando Slipher en la Sociedad Americana de Astronomía presenta las primeras fotografías de los espectros de nebulosas espirales. En ellas, aparecían líneas de absorción característicos de grupos de estrellas. Con lo cual, primer punto, parecía quedar confirmado por la observación perceptiva que las nebulosas en espiral estaban compuestas, realmente, de estrellas.

En las fotografías de Slipher también aparecía otro fenómeno: las longitudes de onda de las líneas de absorción estaban desplazadas, corridas hacia el rojo, y ello parecía indicar que esos cúmulos de estrellas se movían a velocidad mayor de lo que podía

predecirse si fueran estrellas de la Vía Láctea. Parecía consecuente mantener como hipótesis, desde estos primeros datos de observación, admitir un segundo punto: que junto a la Vía Láctea había otras galaxias compuestas de estrellas, admitir que algunas nebulosas en espiral no pertenecían a la Vía Láctea.

En 1917 de Sitter formuló una hipótesis radical: el corrimiento hacia el rojo de las nebulosas era proporcional a su distancia al sistema solar. De Sitter había establecido un modelo einsteniano estático pero se atrevió a indicar que si se aceptaba tal hipótesis el universo podía considerarse en expansión. Una hipótesis, sin embargo, no muy plausible. De modo inmediato, hacia 1920, Lemaitre y Friedman establecen modelos cosmológicos en expansión a partir de un punto inicial, primigenio.

Einstein no reaccionó muy bien frente a tales modelos porque con un universo estático cualquier interacción de los sistemas locales sería constante, sin cambio alguno en las condiciones del entorno, por lo cual todas las propiedades físicas serían locales. De hecho, como solución de las ecuaciones de la teoría de la relatividad, se encuentra un modelo estático. Modelo mantenido por Einstein, es modelo al que también llegó, posteriormente, Gödel.

Caben otros modelos de carácter estacionario en el sentido de mantener el entorno constante sin, por ello, ser un universo estático sino dinámico. Es el modelo del estado estable, por ejemplo.

6. Pero vuelvo a la cara técnica y no sólo a hipótesis. En 1919 se pone en marcha, de manera definitiva, el mayor telescopio reflector del mundo en esos momentos, el de Monte Wilson de 2,5 metros de diámetro. Los logros observacionales se precipitan. Producen acontecimientos que pueden escindir en dos momentos esenciales:

El primero es el de la confirmación 'experimental' de que existen galaxias, universos-isla fuera de la Vía Láctea. Se puede dar la fecha del 1 de enero de 1925 cuando se lee una comunicación de Hubble en la cual afirma que la galaxia Andrómeda, el cuerpo M-31, tiene Cefeidas y, gracias a este hecho, ha podido determinar la distancia hasta las mismas y hasta la galaxia en la que se encuentran. Distancia que calcula en unos 930.000 años-luz, mayor que la distancia extrema aceptable para la dimensión de la Vía Láctea. Algún astrónomo, entusiasmado, llegó a la afirmación de que Hubble

había logrado, por fin, confirmar la teoría de los universos-isla.

Pero es en el artículo de 1926, “Una Nebulosa Espiral como Sistema Estelar”, en el que Hubble, ya de modo definitivo, da las pruebas de que M-33 también es una galaxia y el espacio, en el fondo, está poblado de universos-isla.

Se puede extraer una primera consecuencia, en paralelo al logro de Copérnico. Si Copérnico había desplazado la Tierra del centro del cosmos, Hubble había desplazado la Vía Láctea del centro del universo. Desde ahora el Sistema solar, una mísera estrella con sus planetas en una galaxia más de los millones de galaxias que pululan por el espacio.

Un segundo momento, 1929, confirma la hipótesis de de Sitter y el modelo inflacionario de Friedman: la velocidad de recesión de las galaxias es proporcional a su distancia. Es decir, la velocidad de alejamiento de las galaxias aumenta cuanto más lejos están entre sí. Lo que significa que el universo no es estático, sino dinámico. El universo está en expansión.

Al igual que Copérnico mantuvo su teoría del lugar natural, situando el centro en el Sol, parece que Hubble no llegó a un convencimiento pleno de la expansión del universo. No creyó que los desplazamientos hacia el rojo se produjeran en virtud de los movimientos radiales de las galaxias por lo cual los movimientos deducidos a partir de los corrimientos eran ‘velocidades aparentes’.

A pesar de esas reticencias, de las mostradas por Einstein y algunos otros, la base observacional para aceptar las dos consecuencias señaladas -el espacio está lleno de galaxias, las galaxias se alejan entre sí en proporción a sus distancias- ha hecho que se tomen como apoyatura de una nueva concepción del cosmos. Concepción en la cual uno de los modelos quiere que esa expansión se produzca desde un primer momento, un punto de singularidad en el que comienza el tiempo, el espacio, la materia-energía... y con su flecha del tiempo incorporada. Por supuesto, un espacio-tiempo ilimitado pero finito y en pleno dinamismo expansivo y, también por supuesto, lo que es un tanto sorprendente, con homogeneidad, con isotropía y uniformidad de repartición totales.

Algunas voces discrepantes se acallan. Así, la que afirma que si bien la distancia aparece como causa del desplazamiento hacia el rojo, no prueba que sea la única causa, aunque simplifica los modelos posibles pero la naturaleza no tiene por qué ser simple ni estar construido a nuestra conveniencia. (Hoyle: 1976, 78-79). O la de Dirac cuando en

1937 aceptando la concepción de un universo en expansión, no estático sino dinámico y cambiante, radicalizaba su concepción: si el universo es dinámico y cambiante, las leyes que lo gobiernan también tienen que cambiar. No sólo el espacio sino el espacio-tiempo es el que puede ser no estacionario...

7. Desde 1543 la Tierra ha dejado de ser el centro. De orbe cerrado, finito, se ha pasado a universo infinito, vacío y, dentro del aparente dinamismo, estático y estacionario. Universo infinito en el que, dentro de lo que cabe, la Tierra, único planeta en el que existía vida, y próxima al Sol, seguía teniendo su importancia. Un papel esencial a través de la razón como señalaría Pascal, de ser el sujeto interrogante como señalaría Kant. Ahora, desde 1926, el Sistema solar ha dejado de ser el centro, pero también lo ha dejado de ser la Vía Láctea. Y se admite la afirmación de que existen otras inteligencias en otros planetas, en otras vías lácteas... que han dejado de ser hipótesis para, según últimos datos de observación, convertirse en hechos.

Y, vuelta a la pregunta que ya realicé: ¿qué ocurre con la Tierra? Del *plus ultra*, del siempre más allá, de un optimismo en la supresión de cualquier tipo de barreras, la Tierra ilimitada-infinita se nos ha vuelto muy pequeña y no sólo en comparación con esa infinitud-ilimitación clásica. Se ha encogido y parecen haber surgido nuevas barreras, nuevas columnas de Hércules.

Ha vuelto a primer plano un principio como el de correspondencia propio del Ámbito simbólico y la tala de árboles en la selva del Amazonas afecta a toda la superficie terrestre, el vuelo de una mariposa de Lorenz en Paraguay nos afecta al cabo de un breve tiempo. Que las focas sean despedazadas o los elefantes aniquilados, moviliza a grupos enteros para la salvación de focas, de elefantes, de ballenas... no para defender a esos animalitos en sí, sino para conservar la fauna existente como tuvo que conservarla Noé en su barca ante el diluvio. Se pretenden paralizar obras de pantanos por sus daños ecológicos y la explotación de la tierra ya tiene que hacerse pidiendo permiso a esa tierra, convertida, nuevamente, en Tierra madre.

Tierra en la cual, en su pequeñez, el todo está en el todo y no es más que un corpúsculo rodeado y protegido por una campana como la capa de ozono. Capa de ozono como envoltura de una cápsula espacial desde cuyo interior algunos pretenden una

investigación de lo que nos entorna, pretenden mensajes hacia otros lugares, saber dónde estamos, cuál es el origen del universo; otros, tratan de salvar las especies, mantenerlas en las mejores condiciones por si acaso algún día se llega a un monte como el Ararat y hay que bajar y dejarlos que vuelvan a su lugar natural; otros hay que, simplemente y muy a duras penas, sobreviven; y otros...

Auténtica vuelta a un sistema cerrado que recibe la energía del Sol, sabiendo que es energía perecedera. Viajando a través de un universo finito pero del cual, por su ilimitación, no alcanzamos a saber su tamaño real y, lo que es más seguro, jamás podremos dar la vuelta como sí puede hacerlo la hormiga en una de las cintas de Möbius dibujada por Escher.

La Tierra, cápsula espacial dando vueltas por un universo del cual una posible imagen es la dada por alguno de los dibujos de Escher, los que plasman los modelos de espacios proyectivos de Poincaré: finitos, limitados por la circunferencia absoluta, sus habitantes -que no son, en general, personas- varían su tamaño en proporción a las distancias al centro y, por ello, aunque vayan aproximándose al límite, jamás lo alcanzarán. Mundos dinámicos en contracción pero en los cuales una inversión los convierte en mundos dinámicos en expansión.

Y cómo situar al hombre en esa cápsula espacial tecnológicamente estructurada, producto de una concepción del mundo elaborada por hombres de ciencia y por tecnólogos. Cápsula con grupos de naciones -ahora ya no personas en su individualidad atómica- en primera clase, grupos en segunda, grupos ni siquiera en tercera clase..., con sus consecuencias sociales y de estructura política ahora de cápsula global, no sólo regional y donde las redes de comunicación se entrelazan y cierran aún más la cápsula.

Cápsula en la cual si se estropea una compuerta es la cápsula, en su totalidad, la que corre peligro y donde no hay, ciertamente, la posibilidad de bajarse y hacer, por ahí, un viaje -aunque alguno pueda hacer un 'viaje espacial' en torno a la cápsula, como así lo denominan los que salen de la misma-. Un viaje que, ciertamente y por ahora, no parece equivalente a los que un emblema como *plus ultra* dio paso y que permitía ir por una Tierra donde aún no todo estaba acotado con barreras que indicaban hasta dónde llegaba la propiedad de, construida la carretera o la autovía a seguir, obligatoriamente... Pero tampoco un viaje actual en el interior de esa cápsula, donde una excursión a los Pirineos o a

cualquier paisaje 'natural' -y no digo a zona 'civilizada'-, es una auténtica romería en la que hay que abrirse paso a codazos y donde hay que tener mucha suerte para encontrar una pequeña roca que no esté ya ocupada y en la cual sentarse para contemplar cómo los amantes de la naturaleza la machacan viva... Es difícil imaginar, en estos momentos, un más allá en ese viaje.

* De espacio ilimitado-infinito a cápsula espacial: Dos construcciones, no sólo conceptuales, algo contrapuestas entre sí. Construcciones, en cualquier caso, que pretenden dar respuesta a un problema, el problema del universo.

Y por ser construcciones, no sólo conceptuales, permitan que termine con unas palabras que Bernard Shaw pronunció como brindis, 1930, en homenaje a Einstein, B. Shaw afirmaba que Ptolomeo, Newton y Einstein fueron los únicos que formularon una teoría completa del Universo y, por ello, fueron líderes

de un impulso de la humanidad que se separa en dos: Una se llama religión, la otra ciencia. La primera se libra de todos los problemas que suscita el problema del Universo. Nos provee de conocimiento, seguridad, paz y conceptos absolutos. Nos protege del progreso, al cual todos tememos ya. La ciencia es absolutamente lo contrario. Siempre está equivocada. No soluciona un problema sin suscitar diez nuevos. (En Einstein, 1986, p. 252-253)

Los libros mencionados son:

- A. Alexander: 1955, "The Imperialist Space of Elizabethan Mathematics". **Stud. Hist. Phi. Sci.** vol 26-4: 559-591.
 Einstein, A.: 1986, **Mi visión del mundo**, Tusquets Eds, B.
 Hoyle, F.: 1976, **De Stonehenge a la cosmología contemporánea**. Alianza Ed. M.
 E. Schrödinger: 1975, **¿Qué es una ley de la naturaleza?** FCE, Méx.