

## El espacio y el tiempo en la «Teoría de la Filosofía Natural» de Roger Boscovich

*J. Félix Fuertes y José López*

---

Arbor CLVI, 616 (Abril 1997) 57-76 pp.

*A caballo entre dos grandes gigantes, Newton y Leibniz, el jesuita Roger Boscovich desarrolla en su obra principal, «Theoria Philosophiae Naturalis», una cosmovisión de considerable interés que, sin embargo, no es muy conocida. Particularmente, su concepción del espacio y el tiempo, que ofrece similitudes con el planteamiento einsteniano y las modernas teorías espacio-temporales.*

---

### 1. Introducción

En la exposición docente de cualquier teoría física —y por extensión en todas las áreas de la Ciencia en general—, es muy común aceptar un gran número de supuestos previos que casi nunca están debidamente especificados, ni siquiera de forma somera. Si bien no es operativo reivindicar una descripción detallada y rigurosa de las hipótesis sobreentendidas y de los paradigmas que guían cada teoría, sí parece conveniente, al menos, tener presente algunos de los avatares históricos y sociológicos que rodean el nacimiento y desarrollo de los conceptos y las teorías científicas.

Esta tendencia simplificadora no es sólo evidente en la práctica docente, sino que —y por esta causa—, alcanza también de forma más soterrada a los especialistas de cualquier disciplina, y, lo que son simplificaciones más o menos afortunadas en la docencia, acaban, en parte, dentro de la Ciencia, como paradigmas científicos nunca puestos en duda. Así, aquello que «generalmente se interpreta como una revolución científica, no es, en el fondo, más que un intento de regresar a la pureza clásica» (Holton, 1960); una re-evolución en el sentido copernicano primigenio de regreso al origen; es decir, una revisión para ver cómo los supuestos previos, las hipótesis o los principios, se cumplen parcial o totalmente dentro de cada teoría o problema tratado. En concreto, las distintas concepciones del espacio y el tiempo a lo largo de la historia son un ejemplo elocuente de lo referido; además, a pesar de los numerosos estudios, no siempre se interpreta con esta perspectiva.

En efecto, la concepción einsteniana, y las que posteriormente se derivan, distan bastante de ser grandes cambios paradigmáticos en sentido estricto, siendo, más bien, readaptaciones —en marcos conceptuales y matemáticos más elaborados—, de ideas previamente insinuadas o establecidas por otros científicos, algunos de los cuales quedan injustamente olvidados. Es el caso del jesuita Roger Bosovich (Fuertes y López, 1992a), cuya obra está casi totalmente olvidada y, dentro de ella, su concepción del espacio y el tiempo de la cual este trabajo pretende dar cuenta.

## **2. Síntesis de las distintas concepciones del espacio y el tiempo**

Tal vez por su familiaridad las ideas de espacio y tiempo son oscuras y difíciles en sí. Como todo concepto que ha de adquirir el rango de magnitud física, se caracteriza por medio y en una determinada teoría física; y ha de tener, en última instancia, un referente en el dominio de la Naturaleza para el cual se define (González de Posada, 1994a). Por tanto, existirán tantas concepciones, más o menos diferenciadas de estas magnitudes, como teorías en las cuales se desenvuelven y utilizan.

Existe una amplísima bibliografía que abarca tanto los estudios de su evolución histórica y conceptual (ej.: Sánchez Ron, 1983; Mook, 1987; Lorente, 1979; González de Posada, 1994b), de su caracterización geométrica (ej.: Friedman, 1983), como de las ideas más innovadoras, sobre todo en cuanto al tiempo (Bhom, 1980; Prigogine et al., 1988; von Weizsacker, 1974). Sin intentar entrar en un análisis sobre la cuestión, valga una síntesis de dichas concepciones que sirva de referencia y contraste con la obra de Boscovich. Esta es, de acuerdo con la versión de M. Bunge (Lorente, 1987):

- 1) Un espacio continente.
- 2) Un espacio-materia.
- 3) Concepciones relacionales.

existiendo, claro está, para las diferentes teorías, mezclas posibles entre estos planteamientos límite.

Al primer apartado pertenecen las que conciben el espacio y el tiempo como objetos físicos independientes de la materia. Es la idea newtoniana, la que prevalece comúnmente; que debe parte de su éxito al desarrollo posterior de la Mecánica Celeste. Cuando se exporta al Electromagnetismo no se muestra tan apropiada; en la explicación de los fenómenos luminosos prevalece la Óptica ondulatoria que es, en alguna medida, una teoría del espacio-materia. Igualmente, de la revisión del Electromagnetismo, surge la relatividad especial, todavía una teoría de espacio continente que, con la relatividad general, deviene en una teoría relacional con el germen de un espacio-materia que orienta su desarrollo posterior.

Dentro del tercer tipo, síntesis de ambos y actualmente el más universalizado, está la teoría estándar de gravitación (García Sucre, 1979). El espacio y el tiempo son conceptos secundarios, generados por las relaciones de distancia que se establecen a través de las interacciones entre las partículas, entendidas —éstas y sus interacciones— como primarias y punto de partida. Ésta es, en nuestra opinión, la visión de Boscovich que tratamos de exponer.

### 3. El espacio y el tiempo en Roger Boscovich

«*Theoria Philosophiæ Naturalis*», la obra principal del jesuita Roger Boscovich (1763), acaso no ha sido suficientemente valorada. Así sucede con su influencia explícita en Faraday, sobre la introducción del concepto de campo (Fuertes y López, 1992b), además de una ley universal de fuerzas y una hipótesis de constitución de la materia de las que obtiene una amplia gama de aplicaciones en la Óptica, la Astronomía, la estructura de la materia, etc. Ligado a ello, existe también en su obra una premonitoria discusión sobre cómo entiende el espacio y del tiempo, a lo que le dedica, además, dos suplementos.

La posición de Boscovich, aunque compleja a veces, ofrece aspectos próximos a los planteamientos actuales y, en alguna medida, se sitúa entre las dos posturas entonces enfrentadas, la de Leibniz y la de Newton: el paradigma naciente de espacio contenedor, que tantos éxitos cosechó por su mayor proximidad a la experiencia, frente al paradigma metafísico antiguo que abarcaba todo y no explicaba casi nada. Su vida también está marcada por esta dicotomía: por una parte, siendo jesuita, se enfrenta con los ortodoxos de la Compañía al ser un defensor del paradigma newtoniano; y, por otro lado, no simpatiza nada con los defensores de la naciente y poderosa «Diosa Razón». La disolución de la Compañía y sus agrios enfrentamientos con los académicos lo condenan al ostracismo. El final de su vida es penoso (Fuertes y López, 1995).

Entre la metafísica de Leibniz y la concepción más física —empirista— de Newton, Roger Boscovich, considerado en general newtoniano (Lorente, 1979), ofrece en su Teoría de la Filosofía Natural, una visión de la Naturaleza que, efectivamente, toma aspectos de ambas concepciones preponderantes, aunque también difiere de ellas, como él mismo resalta en su obra:

*«Esta teoría de fuerzas mutuas, (...) de la cual he derivado la constitución íntima de los elementos simples de la materia, presenta un sistema que está a medio camino del de Leibniz y el de Newton; tiene mucho en común con ambos, como también difiere otro tanto. Mantiene en efecto aquellos elementos primarios, simples y sin extensión alguna, en los*

*que se fundamenta la teoría de Leibniz, así como también mantiene las fuerzas mutuas, que varían según varía la distancia entre los puntos de materia, la esencia de la teoría de Newton; además, esta teoría, no sólo trata con el tipo de fuerzas empleadas por Newton que obligan a los puntos a acercarse entre sí y comúnmente llamados atracciones, sino que también trata con las que provocan recesiones, a las que llamaremos repulsiones (...). Pero mi Teoría difiere notablemente de la de Leibniz; por una parte, porque no admite la extensión continua que surge de la idea de puntos no extensos y consecutivos tocándose uno al otro (...), y por otra, pues admite la homogeneidad entre los elementos (primarios), dependiendo cualquier distinción entre las masas de las posiciones relativas solamente, y las diferentes combinaciones de dichos elementos (...). Mi teoría también difiere tan ampliamente como es posible de la de Newton: por una parte, porque explica por medio de una sola ley de fuerzas todas aquellas que el propio Newton (...) intentó explicar mediante los tres principios de gravedad, cohesión y fermentación (...); además, esta ley de fuerzas se expresa a través de una única fórmula algebraica y no está formada por varias fórmulas reunidas (...). Por otra parte, admite (la teoría) que a muy cortas distancias las fuerxas no son positivas o atractivas como Newton supone, sino negativas o repulsivas, aunque se vuelven infinitamente grandes cuando la distancia se acorta indefinidamente»<sup>1</sup>.*

Y que, siguiendo la moda de la época, está convencido de que su Teoría es, no sólo la mejor de entre ellas, sino la que explica casi todo:

*«(...) así como es inmensamente más simple que las demás es sin duda deseable en grado extremo para derivar todas las propiedades generales de los cuerpos, y ciertas propiedades especiales también, por medio de las más rigurosas demostraciones»<sup>2</sup>.*

Efectivamente Boscovich se desmarca de ambos tomando como principio básico su ley general de fuerzas, de la cual el espacio y el tiempo se generan como conceptos derivados. Desde esta perspectiva, que ocupa un lugar destacado en su obra, aborda realmente el estudio de la constitución de la materia y a sus propiedades. Así, espacio y tiempo no son en absoluto ajenos a la naturaleza de las cosas, sino que surgen de éstas, en contraste con la obra de Newton.

Pero es que esta visión relacional está más próxima a una gran parte de las teorías actuales; es decir, el espacio y el tiempo surgen como relaciones entre propiedades locales de las partículas y sus leyes de interacción. Primero es la partícula material (modos reales de existencia en Boscovich) y sus interacciones (ley general de fuerzas) a través de las cuales se puede establecer una relación de distancias e intervalos con los que construir el espacio-tiempo geométrico (el subtítulo de su obra principal es elocuente: «*re-dacta ad unicam legem virium in natura existendum*»).

*«Yo no admito la extensión perfectamente continua de la materia, la considero compuesta de puntos perfectamente indivisibles, sin extensión, mantenidos separados unos de otros por un cierto intervalo, y conectados entre sí por ciertas fuerzas que son a veces atractivas o a veces repulsivas, dependiendo de sus distancias mutuas. (...) Ante todo, está claro para mí que no sólo aquellos que admiten el espacio absoluto, que es por su propia naturaleza continuo, eterno e inmenso, sino que también, aquellos que, siguiendo o a Leibniz o Descartes, consideran al espacio mismo como el ordenamiento que existe entre las cosas existentes, encima y debajo de estas cosas; me parece a mí, digo, que se debe admitir algún modo de existencia que es real y no puramente imaginario, por el que (las cosas) están donde están, y de este modo existe cuando están ahí, desaparece cuando dejan de estar donde están. (...) Lo que he dicho con respecto al espacio se aplica igualmente para el tiempo (...). Por tanto, para cada uno de los puntos de materia, admito dos tipos de modos de existencia, de los cuales unos pertenecen al espacio y otros al tiempo, y que llamaremos modos locales y temporales respectivamente. (...) Estos modos reales de existencia son para mí el tiempo y el espacio reales; la potencialidad de estos modos, borrosamente aprehendidos por nosotros, es, en mi opinión, el espacio vacío y el tiempo vacío asimismo, por decirlo de alguna manera; en otras palabras, tiempo y espacio imaginarios. (...) Éstos (los modos reales de existencia) nos permiten establecer una relación real de distancia, la cual es, bien una relación local entre dos puntos, o una temporal entre dos sucesos»<sup>3</sup>.*

Podría representarse como se muestra en la figura 1: todas las posibilidades que la mente humana puede imaginar pertenecen al plano 0, un gran vacío de materia, en definitiva,

en el que sobrenadan las cosas existentes, lo perceptible. En las teorías relacionales actuales, figura 2, este plano corresponde al «vacío» energético, poblado de prepartículas (García-Sucre, 1979). —plano 0, fig. 2—

*«Pues no admito de ninguna manera el vacío diseminado entre la materia, como admiten los filósofos de todos los países en la actualidad, sino que considero más bien la materia nadando en un inmenso vacío, y consiste de pequeños puntos separados unos de otros»<sup>4</sup>.*

Sólo aquellas entidades que son percibidas por nuestros sentidos mediante sus modos reales tienen una existencia real y tangible (plano I, fig. 1), sin negar con esto la posible existencia de objetos desconocidos por nosotros a consecuencia de no haber sido percibidos (plano IV, fig. 1). Su detección se realiza a través de la interacción de estos modos de existencia con nuestros sentidos:

*«Obtenemos nuestras ideas, en cualquier caso aquellas relacionadas con la materia, de la evidencia de nuestros sentidos. Además, nuestros sentidos nunca pueden percibir elementos simples, que en efecto dan lugar a fuerzas que son demasiado sutiles para que afecten a nuestros nervios y así lleguen al cerebro»<sup>5</sup>.*

En las teorías relacionales actuales, estas prepartículas, en determinadas condiciones, adquieren propiedades que les permiten interaccionar. Como si la radiación se «condensara» en los grupos de onda, adquiriendo carga, masa, espín, y generando una diferenciación que se hace perceptible a través de sus interacciones mutuas (plano I, fig. 2). De estas relaciones de distancia así generadas se construyen las distintas geometrías del espacio tiempo en las diferentes teorías (plano II, fig. 2). Por supuesto que, las limitaciones en nuestra percepción, pueden permitir la existencia de otras entidades o mundos paralelos que están por descubrir. Así sucede con la hipotética materia oscura o los mundos virtuales cuánticos, (plano III, fig. 2).

Esos mundos virtuales también son sospechados por Bosovich, donde otras medidas —siempre mediante interacciones— pueden hacerlas evidentes; no es, por tanto, estrictamente

necesario que las cosas reales entren directamente por nuestros sentidos para que existan (plano IV, fig. 1).

*«Porque es relativamente frecuente entre los hombres considerar como la nada absoluta algo que no está para nuestros sentidos; ésta es la fuente y principal origen de muy grandes prejuicios (...). Pues qué decir si hay otros tipos de cosas, bien diferentes de las que hay a nuestro alrededor, o incluso muy similares a las nuestras, que tienen, por decirlo de alguna manera, otro espacio infinito, distante de nuestro espacio infinito por la ausencia de intervalos, ya sean finitos o infinitos, pero extraños a nosotros, situados digamos, por ahí, de tal manera que no tienen comunicación con nuestro espacio y que así no pueden inducir una relación de distancia. La misma observación se puede hacer respecto al tiempo situado fuera de toda nuestra eternidad. (...) De esto se sigue que cualquiera de estos universos no tendrían ninguna influencia apreciable debida a los movimientos o las fuerzas de este otro gran universo; pero en un tiempo dado, tan grande como se quiera, la totalidad del universo inferior experimentaría fuerzas, desde algún punto de materia localizado fuera de sí mismo, que se aproxima tanto como sea posible a fuerzas iguales y paralelas, y por lo tanto, no tienen influencia alguna en sus estados internos relativos (...). De todo esto, lo que puede ser aprehendido de alguna manera por la inteligencia humana es tan ínfimo comparado con la totalidad que puede ser considerado como casi nada. Y sin embargo, todo ello es percibido en clara perspectiva ante la mirada de DIOS, el fundador del mundo»<sup>6</sup>.*

Una vez así detectados, los conceptos de espacio, tiempo y movimiento, pueden formalizarse en el plano geométrico —planos I y III, fig. 1—, aunque debido a su necesidad de percepción a través del contraste, no es posible hallar una construcción con una métrica absoluta:

*«Hemos hablado en el suplemento precedente del espacio y de tiempo, de cómo son en sí mismos; nos queda decir unas pocas palabras acerca de éstos, en la manera en la que llegan a nuestro conocimiento. No podemos tener una idea de una forma directa de estos modos de existencia, ni tampoco discernir unos de otros. Debemos percibir, en efecto, por un contraste de ideas excitadas en nuestra mente a través de los sentidos, una determinada relación de dis-*

*tancia y posición, tal como surge de dos cualesquiera modos locales de existencia; pero la misma idea puede ser producida por innumerables pares de modos o puntos reales de posición, éstos inducen cierta relación igual de distancias y como de posiciones, ambos entre ellos y con respecto a nuestros órganos y respecto al resto de los cuerpos circunyacentes (...). Lo que se ha dicho con respecto a las medidas del espacio puede aplicarse sin dificultad al tiempo; en éste, tampoco podemos definir una medida constante»<sup>7</sup>.*

Distingue entre lo posible y lo existente, caracterizando cada uno de estos estados como sigue:

*«De esta manera, mientras concebimos como posibles estos puntos de posición, tenemos la infinidad del espacio y la continuidad, junto con la divisibilidad infinita. Con las cosas existentes hay siempre un límite definido, un número definido de puntos, un número definido de intervalos; con los posibles, nada es finito (...). Se muestra pues que la continuidad en sí misma es realmente una propiedad sólo de los movimientos y en todas las otras cosas es más o menos una suposición falsa»<sup>8</sup>.*

Esta caracterización adolece de una formulación geométrica rigurosa, a la que estamos más acostumbrados, esto es, un referencial, que constituye el observador adecuado y que da estructura afín al espacio de los puntos, y una métrica aportada por patrones estándar de medición que les confiere estructura euclídea, con tal que esos patrones estándar sean universales (ver p. ej.: Postnikov, 1981). Pero, en definitiva, se reduce a diferenciar netamente el mundo de los posibles —donde pueden darse todos los casos imaginables—, el mundo de los modos reales de existencia —en el cual sólo aquello capaz de detectarse a través de interacciones tiene realidad— y el mundo geométrico asociado que explica la evolución de dichos modos reales de existencia.

El mundo de la geometría sigue siendo platónico, pero no es la Naturaleza (o Dios, como Gran Matemático) quien debe acercarse a él. Más bien la geometría se aproxima a la realidad, tanto como pueda, sin ser ésta más que una representación ideal, y sus elementos constituyentes (pun-

tos, líneas, continuidad, etc...) nada más que límites de sus realidades generatrices:

*«Las palabras están concebidas por los hombres para expresar las entidades corpóreas y las propiedades de éstas tal como llegan al alcance de nuestros sentidos (...). Así, podemos llamar propiamente a una cosa lisa o plana, que no tiene ningún doblez o proyección en ella que puede ser percibido por los sentidos; aunque, en la opinión general, no hay nada en la Naturaleza que sea matemáticamente plana o lisa. (...) Además, un punto no es una parte de la línea continua, ni un instante una parte del tiempo continuo, sino un límite y una frontera. Una línea continua, o el tiempo continuo se entiende, no como generado por repetición de puntos o instantes, sino por el movimiento progresivo y continuo en el cual algunos intervalos son parte de otros intervalos; los puntos en sí mismos, o los instantes que están progresando continuamente, no son partes del intervalo. (...) Sin embargo, en las tres dimensiones del espacio y en la dimensión temporal el punto y el instante serán los elementos por los que, a través de su progresión, se entiende que son generados el movimiento, el espacio y el tiempo»<sup>9</sup>.*

Hay un camino entonces, para la formalización de esta cosmovisión, que parte de todas las posibilidades imaginables e infinitas, se manifiesta de forma discreta y finita en los modos reales de existencia, interaccionando entre sí y con nuestros sentidos, y que admite una representación en un mundo geométrico de nuevo imaginario y continuo. Perspectiva que no es ajena al planteamiento einsteniano pues, también, aunque de forma no tan evidente, y sobre todo por las interpretaciones posteriores más cinemáticas, fruto sin duda de la herencia paradigmática newtoniana más reduccionista (Navarro, 1991), la evolución del paradigma einsteniano puede entenderse también con un origen en el estudio de la evolución de las partículas elementales. En efecto, sus primeros trabajos sobre el efecto fotoeléctrico, versan sobre el estudio de la manifestación de los «mensajeros/fotones» (Navarro, 1991); como el de la relatividad se basa en el estudio del movimiento de las cargas y en la forma en la que, a través de esos mensajeros de la interacción, se podía establecer su movimiento. Los modos

reales de existencia de Boscovich, realidades últimas imposibles de caracterizar de forma precisa en su tiempo, adquieren ahora su realidad más evidente en las cargas eléctricas que se mueven y evolucionan, en los fotones que transmiten la información. En tiempo de Einstein son ya una experiencia real, de laboratorio, que les confiere carta de naturaleza, frente al concepto límite primigenio de Boscovich.

Una de las posturas más insistentes de Boscovich, se centra en la imposibilidad «perceptual» que nos permita «idear» un espacio y un tiempo totalmente absolutos. Éste era un problema debatido tiempo atrás (Leibniz-Clarke, 1715-16) del que el propio Newton era consciente, pues entre su tiempo absoluto y matemático que «existe por sí mismo» y el «tiempo relativo y aparente» mediaba dicha imposibilidad. Más que un avance sobre los planteamientos anteriores, esta postura newtoniana representa una isla entre todos ellos, de una fertilidad científica sin precedentes, obviamente, pero que, con el tiempo, deviene más una simplificación útil que una verdadera teoría de constitución de la realidad.

De ahí que, la construcción imaginaria —mental— del receptáculo de los sucesos —el espacio y el tiempo—, satisficiera las necesidades más inmediatas para la interpretación de los fenómenos físicos. Las operaciones físicas para hacer conectar las construcciones mentales con las observaciones eran suficientemente «imprecisas»; su diferencia substancial, de raíz, no se traduciría en una diferencia contable; es más, el éxito hizo que esta diferencia no sólo se diluyera, sino que se anula, quedando los estudios más profundos en desuso (casos de Leibniz, Kant, y el propio Boscovich). Así, con el paso del tiempo, tiempo histórico, ese que da y quita razones, lo que en su origen —incluso en el propio Newton—, no era más que una hipótesis extrema de partida, elección del espacio y el tiempo matemático frente al vulgar, se convierte en el credo de los siglos siguientes. Por eso, cada vez que es necesario revisar dicha hipótesis, el problema surge novedoso y traumático. De hecho, aunque la ruptura radical se produce con la concepción einsteniana, durante el desarrollo posterior a Newton varios científicos hurgaron en ella, de forma clara o soterrada y

con mayor o menor fortuna (Sánchez Ron, 1983). Incluso Galileo proponía un planteamiento más relacional (Mataix, 1993).

Muchas de estas reflexiones son extremadamente parecidas entre científicos de distintas épocas, como la reseñada por Mataix entre Galileo y Poincare (Mataix, 1993); así sucede también en la obra de Boscovich. Tal es el caso de la posibilidad de que los artefactos para medir las distancias se modificaran en función de los lugares ocupados en el espacio, consecuencia de su ley de fuerzas que gobierna los constituyentes elementales de las «varas de medir», y que coincide con la conjetura de Lorentz sobre la interpretación del experimento de Michelson:

*«Tal cambio en la longitud de los brazos (del interferómetro) en el primer experimento de Michelson y las dimensiones de la tabla en el segundo, no es, en mi opinión, inconcebible. ¿Qué es lo que determina el tamaño y la forma de un cuerpo sólido? Evidentemente, la intensidad de las fuerzas moleculares; cualquier causa que altere a éstas influenciará también el tamaño y las dimensiones». (Citado en Sánchez Ron, 1983, p. 42).*

En palabras de Boscovich:

*«Cojamos una barra de madera o de hierro de diez pies, y si encontramos que ésta es congruente con un intervalo dado cuando la aplicamos a él una o cien veces, y también es congruente con otro intervalo al aplicarla una o cien veces, decimos pues que ambos intervalos son iguales. Posteriormente consideramos que la barra mantiene la unidad de comparación por traslación. Ahora, si ésta consiste de una materia perfectamente continua y sólida, podemos mantenerla exactamente como la misma unidad de comparación; pero en mi teoría de puntos a una cierta distancia unos de otros, todos los puntos de la barra de diez pies, cuando están siendo trasladados, cambian realmente la distancia entre ellos de forma continua. Porque la distancia está constituida por estos modos reales de existencia que cambian de forma continua. Sólo en la traslación debe sufrir un ligero cambio (...). Sin embargo, debemos considerar la medida como la misma en tanto en cuanto no percibamos ninguna modificación, como ya se ha señalado (...). La gente*

*normal piensa que sólo por las mediciones espaciales los patrones de medida son los mismos Casi todos los filósofos, excepto yo, mantienen también que el patrón puede considerarse el mismo (...). Pero yo por mi parte, sólo admito la identidad, nunca la igualdad»<sup>10</sup>.*

Boscovich llega más lejos incluso, hacia la posibilidad de una variación global en el Universo de la ley de fuerzas que determina la métrica, hacia una expansión/contracción:

*«Además, podría suceder que todo el universo que somos capaces de percibir se estuviera contrayendo o expandiendo día a día, al tiempo que la escala de fuerzas se expande y se contrae en la misma proporción; si esto sucediera, no notaríamos ningún cambio en nuestras ideas, y así, no seríamos conscientes de que este cambio está teniendo lugar»<sup>11</sup>.*

La dificultad en la percepción de esa diferencia, no era del todo aceptada, ni siquiera implícitamente; más bien todo lo contrario, tal era —y es— el fuerte arraigo del paradigma newtoniano; y, hubo casos en los que, como en Fitzgertald, esta explicación de las desavenencias entre la teoría y el experimento mediante la contracción de las reglas no fue bien recibida; más bien ridiculizada en versos jocosos:

*«Era un joven llamado Fiske/cuya esgrima era sorprendentemente rápida/tan rápida era su acción/que la contracción de Fitzgertald/redujo su estoque a un disco» (citado en Gamow, 1960, p. 136).*

Se pone en evidencia, una vez más, lo fuertemente arraigado del paradigma newtoniano, el cual prevalece en la actualidad, principalmente, en los planteamientos docentes. Si bien se puede justificar por la simplificación que implica la hipótesis del espacio y tiempo absolutos, no es menos cierto que parece necesario, al menos, intentar una introducción abierta hacia otras perspectivas.

#### 4. Conclusión

En síntesis, en las dos figuras se representa una cosmovisión general, de una forma más o menos simplista,

de la que la estructura del espacio-tiempo forma parte. Un punto de partida de una cosmovisión de espacio contenedor es la concepción apriorística de su estructura, el resto de los fenómenos se encuadran dentro de él. De forma escueta, la Naturaleza se acomoda a la Geometría impuesta, las entidades y las interacciones se interpretan como propiedades locales en dicha estructura. En teorías de campos se tiende a la construcción de un espacio-materia.

En las teorías relacionales, el punto de partida son las entidades y sus interacciones. De aquí se obtienen las diferentes estructuras geométricas del espacio y el tiempo: la Naturaleza «genera» la Geometría. Deviene así, de igual manera, como en las teorías de supercuerdas por ejemplo, en una teoría de espacio-materia. De esta manera, las teorías de espacio-materia, más metafísicas en su origen, son el punto último de confluencia de las otras dos.

Por otra parte, este seguimiento somero de la concepción espacio temporal de Boscovich, pone en evidencia, en nuestra opinión, que, por una parte, aún siendo el paradigma newtoniano de una fertilidad nada discutible, eclipsó —precisamente por esa fertilidad— otros planteamientos de la época más ligados con la herencia metafísica anterior; es el caso de Boscovich, del que, sería necesario un estudio más detallado de su obra; por otra, que los estudios de la evolución de las teorías a través de creaciones de científicos de otro tiempo, han de jugar un papel destacado en todos los aspectos del quehacer científico, no sólo en el de los especialistas de la historia (Navarro, 1991), pues permiten explorar perspectivas extremadamente ricas para el docente como para el investigador.

Hay que resaltar, por último, que el estudio de la ley general de fuerzas de Roger Boscovich también ofrece aspectos de considerable interés y merecerían un análisis más específico, como sería deseable en un seguimiento a través de la obra latina original, que escapa a nuestras posibilidades.

Los autores agradecen al Profesor M. Lorente las valiosas sugerencias para la elaboración de este trabajo y a I. Sobrado la realización de las figuras.

## Notas

(Todas ellas corresponden a la versión inglesa de citas respectivas de la obra de Boscovich consultada).

<sup>1</sup> «The following Theory of mutual forces (...) from which I have derived the very constitution of the simple elements of matter, presents a systems that is midway between that of Leibniz and that of Newton; it has very much in common with both, and differs very much from either (...) It indeed holds to those simple and perfectly non-extended primary elements upon which is founded the theory of Leibniz; and also to the mutual forces, which vary as the distances of the points from one another vary, the characteristic of the theory of Newton; in addition, it deals not only with the kind of forces, employed by Newton, which oblige the points to approach one another, and are commonly called attractions; but also it considers forces of a kind that engender recession, and are called repulsions. (...) But my Theory differs in a marked degree from that of Leibniz. For one thing, because it does not admit the continuous extension that arises from the idea of consecutive, non-extended points touching one another (...) For another thing, it admits homogeneity amongst the elements, all distinction between masses depending on relative position only, and different combinations of the elements (...) My theory also differs as widely as possible from that of Newton. For one thing, because it explains by means of a single law of forces all those things that Newton himself, (...) endeavoured to explain by the three principles of gravity, cohesion and fermentation (...) Further, this law is expressed by a single algebraical formula, and not by one composed of several formulas compounded together; (...) For another thing, it admits forces that at very small distances are not positive or attractive, as Newton supposed, but negative or repulsive; although these becomes greater and greater indefinitely, as the distances decreases indefinitely». (Boscovich, 1763; pp. 19-20).

<sup>2</sup> (...) as it is immensely more simple than either, it is undoubtedly suitable in a marvellous degree for deriving all the general properties of bodies, and certain of the special properties also, by means of the most rigorous demonstrations» (*Ibid.*, p. 19).

<sup>3</sup> «I do not admit perfectly continuous extension of matter; I consider it to be made up of perfectly indivisible points, which are non-extended, set apart from one another by a certain interval, and connected together by certain forces that are at one time attractive and at another time repulsive, depending on their mutual distances (...) First of all it seems clear to me that not only those who admit absolute space, which is of its own real nature continuous, eternal and immense, but also those who, following Leibniz, and Descartes, consider space itself to be the relative arrangement which exists amongst things that exist, over and above these existent things; it seems to me, I say, that all must admit some mode of existence that is real and not purely imaginary; through which they are where they are, and this mode exists when they are there, and perishes when they cease to be where they were. (...) What

I have said with regard to space applies equally to time (...) Hence, for each of the points of matter, I admit two real kind of modes of existence, of which some pertain to space and others to time; and these will be called local and temporal modes respectively. (...) These real modes of existence are to me real time and space; the possibility of these modes, hazily apprehended by us, is, to my mind, empty space and again empty time, so to speak; in other words, imaginary space and imaginary time. (...) *They (real modes of existence) afford foundation of a real relation of distance, which is either a local relation between two points, or a temporal relation between two events.*» (Boscovich, 1763; p. 197).

<sup>4</sup> «...for I do not so much as admit vacuum disseminated throughout matter, as philosophers of all lands do at the present time, but I consider that matter as it were swims in an immense vacuum, and consists of little points separated from one another». (*Ibid.*, p. 56).

<sup>5</sup> «We derive all our ideas, at any rate those that relate to matter, from the evidences of our senses. Further, our senses never could perceive single elements, which indeed give forth forces that are too slight to affect the nerves and thus propagate motion to the brain. (*Ibid.*, p. 57).

<sup>6</sup> «For it is a customary thing for men to consider as absolutely nothing something that is nothing as far as the senses are concerned; and this indeed is the source and principal origin of the greatest prejudices. (*Ibid.*, p. 65). (...) But, what if there are other kinds of things, either different from those about us, or even exactly similar to ours, which have, so to speak, another infinite space, which is distant from this our infinite space by no interval either finite or infinite, but is so foreign to it, situated, so to speak, elsewhere in such a way that it has no communication with this space of ours; and thus will induce no relation of distance. The same remark can be made with regard to a time situated outside the whole of our eternity. But such an idea requires an intellect of the greatest power to try to grasp it. (p. 199) «From this it would also follow that any one of these universes would not be appreciably influenced in any way by the motions and forces of that greater universe; but in any given time, however great, the whole inferior universe would experience forces, from any point of matter placed without itself, that approach as near as possible to equal and parallel forces; these therefore would have no influence on its relative internal state. (...) Of these, those that can be in any way comprehended by the human intelligence are so few compared with the whole, that they can be considered as a mere nothing. Yet all of them were seen in clear view at one gaze by GOD, the Founder of the World.» (p. 71).

<sup>7</sup> «We have spoken, in the preceding Supplement, of Space and Time, as they are in themselves; it remains for us to say a few words on matters that pertain to them, in so far as they come within our knowledge. We can in no direct way obtain a knowledge through the senses of those real modes of existence, nor can we discern one of them from another. We do indeed perceive, by a difference of ideas excited in the mind by means of the senses, a determinate relation of distance

and position, such as arises from any two local modes of existence; *but the same idea may be produced by innumerable pairs of modes or real points of position; these induce the relation of equal distances, and like positions, both amongst themselves and with regard to our organs, and to the rest of the circumjacent bodies (...)*». What has been said with regard to the measurement of space, without difficulty can be applied to time; in this also we have no definite and constant measurement. (*Ibid.*, pp. 203-204)» (la cursiva es nuestra).

<sup>8</sup> «In this way, so long as we conceive as possibles these points of position, we have infinity of space, and continuity, together with infinite divisibility. With existing things there is always a definite limit, a definite number of points, a definite number of intervals; with possibles, there is none that is finite (*Ibid.*, p. 198) (...) I show that continuity itself is really a property of motions only, and that in all other things it is more or less a false assumption» (p. 13).

<sup>9</sup> «Words are formed by men to signify corporeal things and the properties of such, as far as they come within the scope of the senses; (...) Thus, we properly call a thing plane or smooth, which has no bend or projection in it that can be perceived by the senses; although, in the general opinion, there is nothing in Nature that is mathematically plane or smooth. (Boscovich 1763, p. 57) «Again, a point is not a part of a continuous line, or an instant a part of a continuous time; but a limit and a boundary. A continuous line, or a continuous time is understood to be generated, not by repetition of points or instants, but by a continuous progressive motion, in which some intervals are parts of other intervals; the points themselves, or the instants, which are continually progressing, are not parts of the intervals (...) Nevertheless, in the threefold class of space, and in the onefold class of time, the point and the instant will be respectively the element, from which, by its progression, motion, space and time will be understood to be generated». (*Ibid.*, pp. 189-199).

<sup>10</sup> «We take a wooden or iron ten-foot rod; and if we find that this is congruent with one given interval when applied to it either once or a hundred times, and also congruent to another interval when applied to it once or hundred times, then we say that these intervals are equal. Further, we consider the wooden or iron ten-foot rod to be the same standard of comparison after traslation. Now, if it consisted of perfectly continuous and solid mater, we might hold it to be exactly the same standard of comparison; but in my theory of points at a distance from one another, all the points of the ten-foot rod, while they are being transferred, really change the distance Continually. For the distance is constituted by those real modes of existence, and these are continually changing. (...) But really in this traslation it will allways suffer some sligth change (...) We, however, consider the measure to be the same so long as we do not perceive any alteration, as I have already remarked (...) Ordinary people think that it is only for measurements of space that the standard of measurement is the same; almost all the philosophers except myself hold that is can be at least be considered to be the same (...). But I, for my part, only admit in either case the equality, and never the identity» (Boscovich, 1763, p. 204-204).

<sup>11</sup> «Moreover, it might be the case that the whole Universe within our sight should daily contract or expand, while the scale of forces contracted or expanded in the same ratio; if such a thing did happen, there would be no change of idea in our mind, and so we should have no feeling that such a change was taking place. (*Ibid.*, p. 203).

### Bibliografía

- BOHM, D. (1980): *La totalidad y el orden implicado*. Kairós, Barcelona.
- BOSCOVICH, R. J., 1763: *Theoria Philosophiae Natutarlis: redacta ad unicam legem virium in natura existentium*; Venetiis, 1763: Ed. Inglesa de CHILD, J. M.: *A Theory of natural phylosophy* de 1921. MIT press, London, 1966.
- FRIEDMAN, M. (1903): *Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo*. Alianza Univ., Madrid.
- FUERTES, J. F. y LÓPEZ, J. (1992a): «Roger Boscovich». *REF* 6(4)46.
- FUERTES, J. F. y LÓPEZ, J. (1992b): «Roger Boscovich: ¿precursor de la teoría de campos?». *Theoría*, VIIB, 687
- FUERTES, J. F. y LÓPEZ, J. (1995): «Roger Boscovich y su tiempo». *LLULL*, 18, 67.
- GAMOW, G. (1960): *Biografía de la Física*. Alianza, Madrid.
- GARCÍA-SUCRE, M. (1979): «Space-Time in a Simple model of a Physical System». *International Journal of Theoretical Physics*, 18(10) 42.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1994a): *Breviario de teoría dimensional*. Univ. Politécnica, Madrid.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1994b): *En torno al Tiempo*. Universidad de La Laguna.
- HOLTON, G. (1960): «On the origin of special relativity». *Am. J. Phys.* 28, 627.
- LEIBNIZ (1715): *La polémica Leibniz-Clarke*. Edición de Eloy Rada. Taurus, Madrid, 1980.
- LORENTE, M. (1979): «El relativismo espacio-temporal de Leibniz: dos siglos de relatividad antes de Einstein». *Pensamiento*, 35, 403.
- LORENTE, M. (1987): «Modernas teorías sobre la estructura del espacio-tiempo». *Actas de la reunión matemática en honor de A. Dou*, Ed. UCM, p. 353.
- MATAIX, C. (1993): «Galileo en la encrucijada del nuevo paradigma». *REF*, 7(3), 58.
- MOOK, D. E. (1987): *Relatividad: espacio, tiempo y movimiento*. Mac Graw Hill, Barcelona.
- NAVARRO, L. (1991): «Einstein y el efecto fotoeléctrico: Algunas precisiones». *REF*, 5(1), 42.
- POSTNIKOV, M. (1981): *Géométric Analytique*. MIR, Moscú.
- PRIGOGINE, I. y STRENGERS, I. (1988): *Entre el tiempo y la eternidad*. Alianza Univ., Madrid.

- SÁNCHEZ RON, J. M. (1983): *El origen y desarrollo de la relatividad*. Alianza Univ., Madrid.
- WEIZSÄCKER, C. F. (1974): «Quantum Theory and the Structures of Time and Space». Ed. by L. Castell, M. Driechner, C. F. von Weizsäcker. Carl Hanser Verlag, München, 1975.

**Figuras**

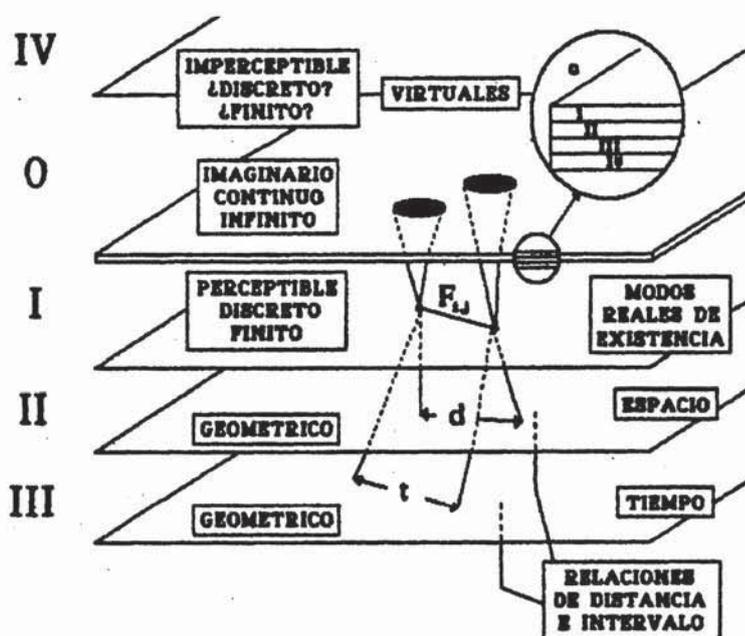


FIG. 1: Esquema simplificado de la cosmovisión de Boscovich.

El plano 0 representa el mundo de los posibles, en el que están embebidos los demás (círculo resaltado): en el plano I se representan los modos reales de existencia, lo perceptible y sus interacciones, materializados de entre los posibles. Los planos II y II representan los mundos geométricos por los que la mente humana interpreta y organiza la evolución de los modos reales a través de sus interacciones. En el plano IV hay cabida para otros mundos virtuales e imaginarios que están por descubrir.

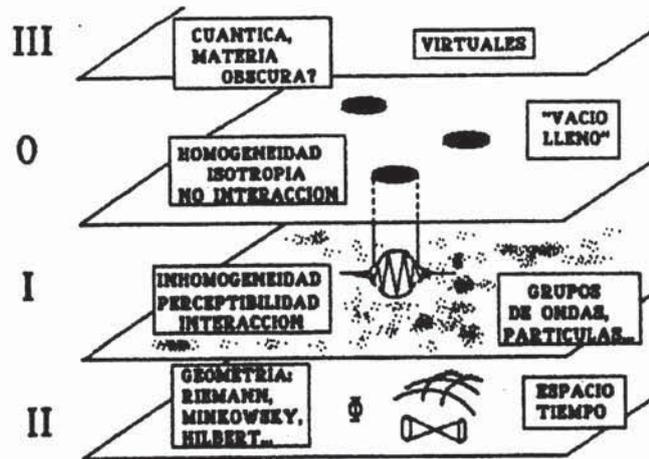


FIG. 2: Esquema de las teorías relacionales del espacio-tiempo en la actualidad.

El mundo de los posibles está representado por el «vacío» energético —plano 0—, homogéneo e indiferenciado que contiene las prepartículas (círculos negros). Éstas se «condensan» en determinadas circunstancias generando las inhomogeneidades y, de ahí, las interacciones entre ellas —plano I—. A través de estas interacciones se construyen las distintas geometrías del espacio-tiempo en las diferentes teorías —plano II—. (Los planos geométricos en las teorías preinstenianas están separados). Los mundos virtuales, algunos de los cuales se sospechan (materia oscura, realidades alternativas de la cuántica) se representan en el plano III.