

# ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

J. Félix FUERTES MARTINEZ\*  
José LOPEZ GARCIA\*

## ABSTRACT

Roger Boscovich, belonging to XVIII century, halfway from Newton to Faraday, is traditionally considered as a newtonian philosopher. Nevertheless, following Berkson's suggestion, he could be a Field Theory forerunner. In this work, we will try to go on with the idea of this suggestion in order to show this possible Boscovich's contribution.

## A. Introducción.

Newton contra Leibniz. Estamos en torno a los años 1700; una gran oposición en la juventud de la Física surge con carácter de totalidad. Abierta a la experiencia directa desde Galileo con el mundo exterior, comienza a descubrirlo a través de los sentidos y las manipulaciones con entusiasmo, chocando con el pasado aristotélico más conservador, centrado sobre la reflexión metafísica. En ese intercambio, y no sin ciertos dramatismos propios de cualquier choque generacional, las posturas se enriquecen y, a la postre, se acercan, aunque los puntos comunes nunca parecen bien definidos.

Por una parte, científicos de talla como Laplace, D'Alembert, Maupertius, Lagrange... desarrollan la mecánica newtoniana. También, tras los nuevos fenómenos eléctricos se intentó seguir el mismo camino: Coulomb (1736-1806) explica los fenómenos electrostáticos de forma análoga a la newtoniana<sup>1</sup>; Ampère (1775-1836) reduce los fenómenos electromagnéticos a interacciones entre elementos de corriente de igual forma<sup>2</sup>; Poisson (1781-1840) elabora la teoría matemática que modeliza la de Coulomb...

Por otra parte, no siempre en oposición a los anteriores, los Bernoulli junto a Euler (1707-1783), tras la tradición cartesiana defienden concepciones propias de Leibniz, como el concepto de continuo y la caracterización dentro de él de la materia, más alejados de la experiencia directa.

Boscovich (1711-1787), por el contrario, intenta sintetizar la efectiva física newtoniana con la metafísica de Leibniz. Es notable la oposición que éste encontró entre los mecanicistas, como también lo encontrarían Faraday (1791-1867) y Maxwell (1831-1879)<sup>3</sup>.

El célebre enfrentamiento Einstein-Bohr es un ejemplo de la distancia que separa a las teorías de campo de la actitud mecánica en la actualidad, una muestra del persistente e inevitable 'choque generacional' que en la obra del mismo científico puede manifestarse. Y sin embargo, en este intento de síntesis fundamental hecha geometría, y su aplicación a los experimentos no directamente relacionados con la mecánica en principio, surgen las teorías de campo con dificultad, para adquirir relevancia y éxito en la propia teoría de la gravitación general y alcanzar un intento dual de "geometrización de la materia" o "determinación empírica material de la geometría"<sup>4</sup>.

Con los *Principia*, se abre un camino fecundo, dominante en la Historia, que hace que toda desviación sea dolorosa y recibida con especial recelo. El empeño mecanicista de reducir toda la Naturaleza a "mecanismos" regidos por "leyes mecanicistas" se hace patente el Kirchhoff (1824-1887):

"El objeto más elevado al que las ciencias de la Naturaleza están obligadas a tender, pero que nunca alcanzarán, es la determinación de las fuerzas presentes en la Naturaleza y del estado de la materia en cada momento, es decir, la reducción de todos los fenómenos de la Naturaleza a la mecánica"<sup>5</sup>.

Otro ejemplo puede serlo Helmholtz (1821-1894):

"La meta última de la ciencia física ha de consistir en determinar los movimientos que son las causas reales de todos los otros fenómenos y descubrir las energías motrices de las que dependen, en otras palabras convertirse en mecánica"<sup>6</sup>.

Hertz (1857-1894) afirmaba en nombre de los físicos:

"Todos los físicos están de acuerdo en que el problema de la Física consiste en retrotraer los fenómenos de la Naturaleza a simples leyes de la mecánica"<sup>7</sup>.

Sin embargo, este planteamiento dejaba el vacío "demasiado vacío" para soporte de las misteriosas acciones a distancia, creando un cierto 'vértigo' entre la comunidad científica del que todavía no es posible evadirse<sup>8</sup>, atenuado por la presencia algodonosa y sutil del éter en las primigenias teorías de campo o de la 'red' geométrica de la actualidad; desasosiego frente al vacío, patente en todo el quehacer del espíritu humano, como lo es el sempiterno "horror vacui". Boscovich sería la semilla que daría como fruto en Faraday su concepto de campo. Esta historia es uno de los intentos humanos más bellos para explicar el Mundo, siempre cargada por las contradicciones tal vez fruto de la vaguedad que impone esta ambición.

## B. En la encrucijada.

Pero este es un problema eterno ya puesto de manifiesto de innumerables maneras entre las distintas escuelas griegas y entre cada uno de los pensadores de dichas escuelas: El debate entre lo eterno e inmutable y lo cambiante y lo perecedero, el continuo y lo discreto, la belleza supina de los dioses y las penalidades e imperfecciones de los hombres, la paradoja de Zenón, los distintos elementos primigenios (tierra, agua, aire, fuego) y su génesis, en una visión monista o en diferentes agrupaciones<sup>9</sup> etc..., con una dificultad inherente que no se esquivo sin rodeos, y que todavía en la actualidad se manifiesta de una u otra forma en principios ya asentados como el teorema de Gödel o la inaccesibilidad del cero:

"La expresión pues de lo que es constante, inmutable e inteligible debe ser constante, inmutable y, en, la medida de lo posible, incapaz de ser refutada o trastornada, no dejando, a este respecto, nada que desear. Pero cuando se trata de expresar una copia de lo inmutable, como tan solo es una copia, por analogía con ella, su expresión no debe ser sino aproximada"<sup>10</sup>.

Y en la expresión de esta copia está la riqueza y la confusión de las diferentes cosmovisiones. Newton, con una reducción drástica de cosmos, mediante la separación radical de la materia del entorno, adquiere una eficacia desconocida hasta el momento en la explicación de los fenómenos, que eclipsa la cosmovisión metafísica protagonizada por Leibniz. Se da este contraste también en la organización de objetivos de las Academias, en el Continente y en la Royal Society<sup>11</sup>.

## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

A partir de ahí la efectividad Newtoniana se va enriqueciendo con la metafísica anterior mediante una aproximación de posturas que, en muchos casos, ya existían como conceptos metafísicos previos. Así, Aristóteles, negando en el vacío, puede darle una consistencia al principio de la inercia(9) y Lucrecio apunta el cambio a seguir para una posible reconciliación:

"A nuestros raciocinios ya volvamos:/Estriba pues, toda la naturaleza,/ en dos principios: Cuerpo y vacío/ en donde aquellos nadan y se mueven:/que existen cuerpos, el común sentido/lo demuestra; principio irresistible/ sin el cual, la razón abandonada/ de errores en errores se perdiera/. Si no existiera pues, aquel espacio/ que llamamos vacío, no estarían/los cuerpos asentados, ni moverse/ podrían como acabo de decirte/ (.....). Lo que no sea ni materia ni vacío/ propiedad o accidente es de uno de otro"<sup>12</sup>.

En la caracterización de estos accidentes, es donde radican los esfuerzos de la creación de la teoría del campo, bien como propiedades sustanciales generadas por la materia en ese vacío bien como una propiedad global de dicho vacío que genera y actúa sobre la materia. En la encrucijada de los caminos marcados por la efectividad de la experiencia directa y el de la reflexión metafísica, se explora la región intermedia, a campo abierto, para intentar la teoría de campos; pero esto necesitará de nuevos datos del mundo sutil de las cargas eléctricas y un desapego de la metafísica, que se fue produciendo paulatinamente.

### 1. Descartes y Leibniz.

El primero equipara cielo y tierra, gobernándose a partir de él por las mismas leyes, rompiendo así con Aristóteles. Materia y extensión son inseparables al ser estas categorías idénticas: no existen extensión que no sea material, negando el "vacuum". La ley fundamental es la conservación del movimiento: el infundido por Dios al universo; las fuerzas no existen.

Leibniz introduce la fuerza como esencial a la materia, causa del cambio continuo al que todo lo creado está sometido:

"Doy también por concedido que todo ser creado está sujeto al cambio y, por consiguiente, también la Mónada creada, incluso que dicho cambio es continuo en cada una"<sup>13</sup>.

También sostiene que se da el "plenum"; los componentes últimos de lo existente son las "Mónadas" indivisibles, eternas, distinguibles e inmutables por causas externas. Estas poseen un carácter metafísico, sin embargo y, en el intento de explicar la naturaleza son interpretados como átomos y el 'plenum' deja de tener una consistencia útil para la explicación de los hechos conocidos entonces.

Para Descartes, la materia es considerada una substancia cuya única propiedad es la extensión. Materia y espacio son identificados y así, la extensión de esta materia constituye también la naturaleza del espacio enlazando con el concepto aristotélico, que tampoco permite contrastar con la realidad experimental.

### 2. Newton

Newton, a los conceptos clásicos de materia y movimiento, introduce la fuerza, asignándole además una propiedad medible a la materia, la masa, -obtenida a través de la fuerza y ésta a su vez de la masa en un círculo cerrado que no resolvió- que desliga

el movimiento de propiedades del entorno, al ser las masas agentes activos creadores de las fuerzas y pasivos que las sufren, quedando el espacio exterior como un espectador pasivo que sólo ha de servir para referir el movimiento:

"Existe por sí mismo, sin relación con nada externo, manteniéndose idéntico e inmóvil" (9)

La materia, postula, está compuesta por corpúsculos sólidos, extensos, existiendo el espacio vacío. Modifica la propiedad de inercia de Galileo. Supone el movimiento producido por el influjo exterior que la fuerza (atractiva) ejerce sobre la materia; su magnitud viene determinada por la conocida ley:  $Mn/r^2$ . Más confuso es el modo en que actúa: a lo largo de su vida dudó entre una acción a distancia o la actualización de un éter.

Importante en Newton es su 'forma de filosofar': basarse en constructos matemáticos a semejanza de la realidad, mejorados sucesivamente y fundamentados filosóficamente al final -lo que denomina I.B. Cohen 'el estilo newtoniano'<sup>14</sup>.

## C. Boscovich

### 1. Theoria Philosophiae Naturalis<sup>15</sup>

La teoría newtoniana fracasa en el intento de explicar fenómenos ópticos, eléctricos, químicos, la cohesión...

Es Boscovich quien al contrario de sus coetáneos no se decanta por las cosmovisiones enfrentadas, intentando ahondar en los aspectos geométricos:

"Así, por una serie de principios que son comúnmente aceptados y por una serie de deducciones legítimas, hemos llegado al núcleo de la Theoria, (...) esto es, una ley de fuerzas de interacción mutua y la constitución de los elementos primarios de la materia derivados de esta ley de fuerzas"<sup>16</sup>

Para él lo importante es la ley de fuerzas entre los puntos materiales sin entrar a discutir su naturaleza, de la que, confusamente, deriva estos puntos.

Aparece así el protagonismo primigenio de las fuerzas para explicar el cosmos, como primera aproximación a la teoría de campos:

"Si esta ley de fuerzas es una propiedad de los puntos indivisibles, si es algo sustancial o accidental de los peripatéticos, o si es una ley arbitraria del creador, esto no necesita precisarse, ni puede encontrarse por los fenómenos mismos, que son los mismos en todas las teorías.

El tercer es una causa ocasional que le gusta a los seguidores de Descartes, el segundo es el principio de los peripatéticos (...) y el primero parece ser el de la mayoría de los filósofos actuales como los seguidores de Newton. Mi teoría puede ser usada en todos estos casos de pensamiento y puede ser adaptada a cada uno de ellos"<sup>17</sup>.

Fuerzas para las que no encuentra una justificación nada clara pero que también insiste en no asignarle necesariamente una acción a distancia y darle un carácter más general que el propio de la Mecánica de aquel tiempo:

"Hay personas que ponen grandes objeciones a mi teoría porque consideran que los fenómenos deben ser explicados por el impulso de contacto, lo que creen probar por el testimonio directo de los sentidos. Así, llaman a estas fuerzas que propongo, no mecánicas y las rechazan de la misma manera que rechazan la ley universal de gravitación por la razón alegada de no ser mecánicas (...) la mecánica de Wolf, Euler y otros escritores en diferentes países trata ciertamente con este tipo de fuerzas, de

## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

los movimientos que surgen de ellas y estos asuntos todos resueltos con la idea de impulso excluida, o al menos ajena (...) de aquí, que éstos abusan enormemente del significado de los términos, pues piensan que sólo el impulso pertenece a la mecánica"<sup>18</sup>.

"En adición a estas objeciones subrayaré lo siguiente: que es muy evidente que estas fuerzas existen, que una idea de ellas puede formarse fácilmente, que su existencia puede ser demostrada por un razonamiento directo, que los múltiples resultados que surgen de ellas son susceptibles de una observación ocular continuada (...) Y nada hay misterioso en todo esto, por el contrario todo ello lleva a hacer esta ley de fuerzas perfectamente asequible"<sup>19</sup>.

Por el contrario, gracias a su intuición y a la potente física-matemática de Newton, despoja a las Mónadas de la carga metafísica de su creador, colocándolas en su espacio infinito imaginario que es el soporte de la geometría que describe el movimiento, pero siendo ellas mismas 'modos reales de existencia' local y temporal sin extensión ni otros atributos que los de la impenetrabilidad:

"Yo no admito la extensión perfectamente continua de la materia, la considero creada por puntos perfectamente indivisibles, sin extensión, separados unos de otros por ciertos intervalos y conectados por ciertas fuerzas que son atractivas o repulsivas dependiendo de la distancia mutua entre ellas (...) a mi me parece claro que no sólo los que admiten el espacio absoluto que es por su naturaleza misma continuo, eterno e inmenso, si no para los que siguiendo a Leibniz y Descartes, consideran el espacio mismo ser el encadenamiento relativo que existe entre las cosas existentes, por encima y en el entorno de estas cosas; me parece, digo, que se debe admitir algún modo de existencia que es real y no puramente imaginario, a través del cual están donde están, y este modo existe cuando están ahí, y desaparece cuando dejar de estar donde estaba (...) así, para cada punto de materia, admito dos clases de modos reales de existencia, de los que pertenecen al espacio y los que pertenecen al tiempo"<sup>20</sup>.

Pero tan importante como su intención de síntesis (Kant lo intentará posteriormente, con poca fortuna en el terreno de las ciencias)<sup>21</sup>, es la forma que ésta toma, naciendo una teoría sorprendente, libre de la masa newtoniana y con unas fuerzas existentes por sí mismas que dan consistencia a los cuerpos a través de sus puntos materiales de tan sorprendentes características, de la que no se sabe si son más afortunados los aciertos o las contradicciones.

Faraday, con una buena dosis de experimentación en los fenómenos eléctricos, de la que no disponía Boscovich, encuentra en la naturaleza de estos fenómenos, que van a estar generados a la postre por la naturaleza del electrón, ese punto intenso boscoviano, y esa naturaleza mostrable de las líneas de fuerza existentes fuera de la materia, que le llevan a madurar la teoría del campo naciente así en la obra de Boscovich. Así, el estado electrónico que da origen a la teoría del campo en Faraday<sup>22</sup> que resulta generado por las partículas internas del cuerpo macroscópico:

"Todos los resultados favorecen la noción de que el estado electrónico se refiere a las partículas y no al cuerpo del alambre o substancia bajo inducción"<sup>23</sup>  
partículas donde la masa no va a ser el generador de la propiedad medida, alejándose del criterio newtoniano, y acercándose al de Boscovich.

En este sentido la minuciosa búsqueda experimental, madurada, osada y fresca de aquella física joven, es la que permite ir detectando los accidentes de Lucrecio más

allá de los que ofrecían los propios sentidos humanos, e ir llenando el vacío real que quedaba entre las puras experiencias directas y tangibles del ser humano, inconexas, imperfectas y raramente sintetizables, y la pura reflexión metafísica, perfecta e inmutable, pero muy alejada de lo experimentado.

Faraday encuentra en los fenómenos eléctricos la forma a través de la cual abordar la teoría del campo con más consistencia real, donde los puntos materiales **modos reales de existencia** de Boscovich, en la realidad del experimento, se iban acercando más a las concepciones metafísicas, aún cuando Boscovich, por pura intuición, insiste en darles existencia material a tales puntos, incluso a la distancia que definen éstos:

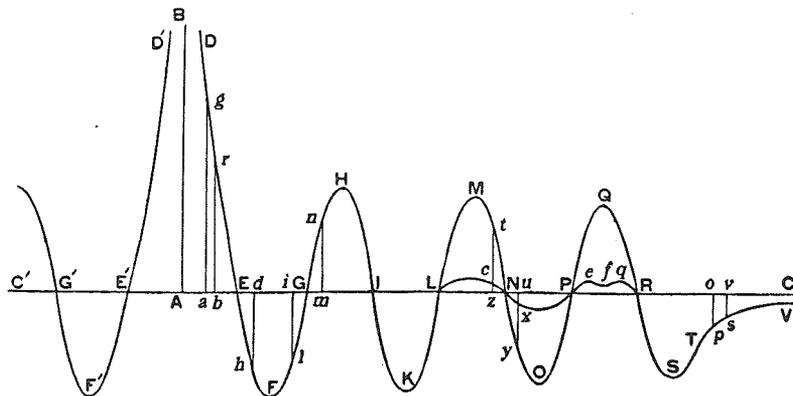
"Sin embargo, de las tres variables de espacio y de la variable tiempo, el punto y el instante, serán respectivamente el elemento a través del cual, por su progresión, el movimiento, el espacio y el tiempo se entiende que son generados (...)

De ellos, es claro que para los puntos que existen, no-distancia no es la nada, sino una relación inducida por dos modos reales de existencia"<sup>24</sup>.

Son características de Boscovich una visión geométrica y unificadora de carácter descriptivo y holístico -sus 'puntos materiales', componentes de la materia, no pueden entenderse ni percibirse si no es en la relación que establece cada uno con el resto-

Las Mónadas son convertidas en puntos geométricos reales, sin masa, sin extensión, iguales todos, unificando así la composición de la materia<sup>25</sup> Estos obedecen a la ley de Fuerzas; ésta unifica las fuerzas atractivas (Newton) y las repulsivas (Leibniz), dependiendo su carácter de la distancia que separe los puntos materiales. Atractivas o repulsivas a pequeñas distancias y atractivas a grandes distancias, comportándose la Ley Universal de Newton como 'buena aproximación' de esta ley. (No es, en este sentido, un convencido newtoniano, aunque para la historia pasó como tal).

Utiliza su 'curva de fuerza' (fuerza versus distancia) para explicar el comportamiento de los 'puntos materiales':



dependiente esta gráfica del fenómeno estudiado y del número y distancia relativa de los puntos materiales aunque no se pronuncia sobre su esencia, asignándosela al creador, o para dilucidar en un futuro próximo:

## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORIA DE CAMPOS?

"La ley de fuerzas no es necesariamente una acción a distancia ni ninguna cosa misteriosa... aunque hay unas cuantas cosas sobre la ley de fuerzas de la que somos ignorantes, tales como el número y distancias de intersección de las curvas con el eje, las formas de las curvas que intervienen y las otras cuestiones de esta clase; éstas, en efecto sobrepasan nuestra comprensión humana y sólo El, Quien fundó el Universo, tiene la totalidad ante sus ojos. Pero no hay razón verdadera para que esta realidad, cuya existencia es ampliamente reconocida, y muchas de sus propiedades y resultados que a través de ellas son bien comprendidos, no deba ser aceptada, aunque algunas cualidades pertenecientes a las fuerzas nos son desconocidas. Por ejemplo, nadie llamará al oro una sustancia desconocida y mucho menos negar su existencia, porque es bien probable que muchas de sus propiedades no son desconocidas para nosotros, que serán descubiertas quizá en el futuro, así como otras muchas han sido descubiertas con el curso del tiempo"<sup>26</sup>.

Es una naturaleza geométrica la que defiende, aproximándose más a Einstein que a sus coetáneos, buscando además una explicación más universal que la simple acción gravitatoria. Esta unificación funde el macrocosmos con el microcosmos de manera efectiva -el cielo y la tierra de Descartes- 'aplicación de la mecánica celeste a los átomos' en palabras de Poincaré.

El concepto de fuerza, al igual que el de inercia que poseen los puntos materiales, tenemos que interpretarlo como una 'tendencia a', bien aproximarse, o alejarse, dependiendo de la distancia, caso de tratarse de la presencia de dos o más puntos materiales, bien a conservar su estado de movimiento caso de mantenerse un punto material aislado:

"Como un atributo de estos puntos admito la propensión para mantenerse en el mismo estado de reposo o movimiento uniforme en una línea recta en la que estaban inicialmente si éstos existían por sí mismos en la naturaleza. Pero si hay otros puntos además, hay una inherente propensión a componerse el movimiento previo con el movimiento que es determinado por la acción de fuerzas mutuas que admito que existen entre cualesquiera de los dos, dependiendo de la distancia y cambiando a medida que la distancia cambia de acuerdo con una ley común a todos ellos. Esta propensión es el origen de lo que llamo la fuerza de inercia, si depende de una ley del Supremo Arquitecto del Universo o de la naturaleza de los cuerpos en sí mismos, o de algún atributo de ellos, no lo deseo saber, incluso si así fuera, no espero encontrar la respuesta, y esto verdaderamente también se aplica la ley de Fuerzas"<sup>27</sup>.

Tanto la inercia como la fuerza son propiedades intrínsecas a los puntos materiales, 'tendencia a' no pensemos que se trata de los efectos que la masa posee o produce.

Surgen contradicciones al intentar ver en su Theoria explicaciones al modo en que los puntos materiales interaccionan; se limita a afirmar que esta tendencia es instantánea, pudiendo entender una acción a distancia como propiedad de los puntos materiales. De todos modos, no hace otra cosa que rechazar la concepción newtoniana de fuerza, asignándoles a sus puntos materiales comportamientos conformes a su Ley de Fuerzas sin atreverse a afirmar nada más.

Entiende la materia como agregados de puntos inextensos que, debido a las fuerzas atractivo-repulsivas encuentran el equilibrio, configurándose de esta forma la metría. Por tanto, dos cuerpos se atraen en la medida en que los puntos materiales que los componen sienten la tendencia derivada de la Ley de Fuerzas -dependiendo la

magnitud del número de puntos que configuren al cuerpo-, siendo éste un número adimensional. De esta manera, conservamos la validez de la expresión  $Mm/r^2$  matemáticamente, pero no se mantiene el concepto newtoniano de masa. El considerar puntos inextensos en contra de corpúsculos sólidos extensos es consistente con la aceptación de fuerzas repulsivas conservando la impenetrabilidad.

El concepto de partículas puntuales (piénsese en el electrón) llegará hasta nuestros días, concebiéndose hoy la materia compuesta de este tipo de partículas o 'puntos materiales', utilizando su propia expresión.

Se sale del objetivo de este artículo profundizar en la fecundidad de esta concepción, en la explicación química de la materia, abriendo las puertas a la teoría atómica posterior (Dalton, Lavoisier...). Es fácil darse cuenta que una nueva disposición de los puntos materiales trae como consecuencia nuevas curvas de fuerza y, por tanto, nuevas propiedades no contenidas en los componentes -con diferentes curvas de fuerza- todo debido a la nueva disposición de los puntos materiales provenientes de los compuestos iniciales.

Priestley (1733-1804), en su 'History of Optics' es favorable a esta teoría. Robinson (1739-1805) la acepta en su 'System of Mechanical Philosophy' (Edimburgo 1822). Fechner (1801-1887) la elogia en su 'Tratado de Atomística' (Leipzig, 1853-1864), por citar algunos.

## 2. La Teoría de Campos: Faraday

Faraday conocía bien la teoría de Boscovich desde 1816, como muy tarde. Notas de conferencias impartidas en 1816, lo recogen así:

"La idea de la solidez ha encontrado oposición, e incluso todavía se discute si existe o no. Implica un pleno o lleno de materia; pero está naciendo una teoría que establece que la materia es simplemente una colección de puntos matemáticos atractivos y repulsivos; y como estos puntos no tienen partes, se dice, que no tienen extensión ni solidez, y que, si fuera posible superar las fuerzas atractivas y repulsivas, dos porciones de materia podrían coexistir en el mismo lugar"<sup>28</sup>.

Fue, al parecer, en esta etapa de su vida (1816-1820) cuando Faraday encontró persuasivos los argumentos de Boscovich<sup>29</sup>.

La unidad, tanto en la fuerza como en los componentes últimos de la materia, la inextensión de los puntos materiales que lleva una concepción de la masa, ahora radicalmente diferente a la newtoniana, son argumentos reductores para Faraday. Además, el vacío que Boscovich deja en el concepto de fuerza, tanto en lo que pueda ser en sí, como en su forma de actuar, indican a Faraday el camino a seguir. Sólo el genio y la intuición -tanto en lo experimental como en lo teórico- de Faraday, hace posible la continuación del difícil camino iniciado por Boscovich.

Como en Boscovich, fuerza es cualquier causa de movimiento, pero, al contrario que éste, Faraday las imagina localizadas y confundidas con la materia. Piensa en la Naturaleza como en un lleno de lo anterior. Los cuerpos necesitan un tiempo para responder a estas fuerzas, negando así la controvertida acción a distancia.

"El argumento de Faraday de que los cuerpos tienen masa y necesitan tiempo para responder a la acción de las fuerzas, no es fácil de rebatir. Pero según Faraday, los cuerpos, a su vez, son únicamente fuerzas; de manera que, o bien introducimos dos, tipos diferentes de fuerzas -con o sin masa- o asignamos masa a las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (es decir, cuando una fuerza actúa sobre el punto de fuerza

## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

contiguo, debe transcurrir tiempo hasta obtener una respuesta completa. Además parece verosímil que la velocidad de respuesta (la inercia), dependa de la intensidad de la fuerza en el punto de fuerza donde se ejerce la acción. Como el punto, de fuerza perturbado actuará, a su vez sobre los contiguos, toda variación del campo tendrá lugar a velocidad finita, cualquier perturbación del campo necesita un tiempo finito para propagarse"<sup>30</sup>.

Faraday nunca sostuvo que los puntos de fuera contuvieran masa. Su anhelo sería enunciar las leyes del campo, deduciendo de ellas la velocidad de propagación. Una de las razones que le inducen a pensar en la ley de fuerzas del campo es la duda de la universalidad de la ley del inverso del cuadrado, buscando una ley de conservación de fuerzas:

"Que yo sepa, el único que trató de descubrir experimentalmente lo que correctamente cabría llamar la conservación de la fuerza, fue Faraday. La versión dada por Newton de la Ley de Gravitación donde se dice que la atracción mutua entre dos cuerpos varía inversamente con el cuadrado de la distancia, no le parecía satisfactoria.. Cuando la distancia entre los cuerpos se hacia el doble, la atracción mutua es la cuarta parte de la inicial. Faraday se puso seriamente a investigar que ocurría con los tres cuartos restantes pero toda la habilidad le fue insuficiente para obtener algún resultado"<sup>31</sup>.

También, en el intento de encontrar la conservación de la fuerza, Boscovich aparece como inductor para quien la ley de Newton es una buena aproximación local dentro de su ley universal; y no sólo en comportamientos no gravitatorios, ya que, por ejemplo, intenta una explicación de las anomalías en los movimientos de los afelios de los planetas, aspecto que en la teoría de Einstein adquiere relevancia.

"Probó Newton, para el caso de las órbitas elípticas de los planetas, que, esas que los astrónomos llaman líneas absidales, por ejemplo, los ejes de la elipse, podría poseer movimiento, si la razón de variación de la fuerza se comporta a grandes distancias como el inverso del cuadrado de la distancia; y desde el momento que las líneas absidales de cada órbita sean estacionarias tan lejos como pueda ser observadas, dedujo que la razón del inverso de la distancia es seguida exactamente en el caso de la gravitación. Pero sólo probó realmente que esa ley sea seguida muy aproximadamente, y no que lo sea exactamente; tampoco sobre esto puede ser presentado ningún argumento válido contra mi Theoria. Antes de nada, esas líneas absidales, o lo que es lo mismo, el afelio de los planetas, no son del todo estacionarios; poseen cierto movimiento, pequeño, en efecto, pero no lo suficiente para despreciarlo respecto las estrellas fijas, y por lo tanto no sólo se mueven aparentemente, sino realmente. Este movimiento es atribuido a la perturbación de las fuerzas que surgen de la acción mutua de unos planetas sobre otros. Pero no es menos cierto que hasta ahora nunca ha sido probado que este movimiento corresponda exactamente a la acción del resto de los planetas, estando en concordancia con la razón del inverso del cuadrado de las distancias. Como hasta aquí el problema de los tres cuerpos, como ellos lo llaman, no ha sido resuelto excepto con muchas aproximaciones(...)"<sup>32</sup>.

Su descubrimiento de la inducción electromagnética era el apoyo experimental a una teoría de campo sin leyes todavía, ambigua en ocasiones, pero concordante con grandes parcelas de realidad en los fenómenos electromagnéticos.

Faraday, llena el vacío que Boscovich había dejado en su teoría en lo referente a la fuerza y su modo de acción, naciendo de esta continuación la teoría de campo.

"Así pues, la situación problemática de Faraday, después de su descubrimiento de las rotaciones electromagnéticas, podría resumirse diciendo que se había visto atraído por la cosmovisión de Boscovich por ser elemental y porque ofrecía posibilidades de explicar fenómenos, especialmente en química y óptica, que no tenían explicaciones en la visión newtoniana del mundo. El descubrimiento de Oersted del electromagnetismo y su propio descubrimiento de las rotaciones electromagnéticas, con la consiguiente asunción de fuerzas no centrales, le reafirmaron en sus convicciones antinewtonianas, llevándole a revisar la concepción de Boscovich mediante el rechazo de la acción a distancia, e identificando la fuerza con la única sustancia física existente"<sup>33</sup>.

Clerk Maxwell sería el único, que, al igual que Faraday en Boscovich, supo valorar tanto errores como aciertos en su antecesor, formalizando así las deseadas leyes de campo.

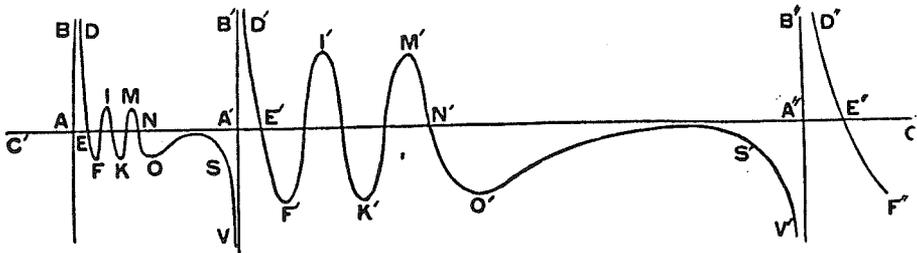
También las ideas de Boscovich fueron consideradas y sometidas a crítica por Clerk Maxwell<sup>34</sup>.

Así mismo, en el descubrimiento del magnetismo encontramos:

"La idea del efecto de tensión se sigue también de Boscovich, ya que el supone la unidad de las fuerzas. El patrón de fuerzas alrededor de un punto debe verse alterado por la presencia de otro punto de fuerza, ya que el otro punto debe tener asociadas fuerzas que, básicamente, son de la misma clase. La fuerza total ejercida sobre un punto prueba es la suma de todas las fuerzas ejercidas en otros puntos de fuerza. Por lo tanto, un cuerpo que ejerce fuerza sobre otro, constituido por muchos puntos de fuerza alterará la distribución de fuerzas del punto en cuestión. Como el efecto de tensión y unidad de fuerzas se pueden derivar de la teoría de Boscovich, puede ser que Faraday fuera un convencido boscovichiano hasta el descubrimiento de la inducción electromagnética"<sup>35</sup>.

### 3. Una sorprendente insinuación

Boscovich encuentra el comportamiento newtoniano de la ley universal una buena aproximación para las grandes distancias en su 'curva de fuerzas'. Sin embargo, propone una posible curva de fuerza como la que aparece en el gráfico:



## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

El comportamiento asintótico se ve modificado y complementado comportándose, después de alcanzar al eje, como una asíntota a la recta A.

"En tal caso, si unos puntos son reunidos entre uno o varios pares de asíntotas, correctamente dispuestos, puede, por decirlo así, resultar de ellos algún número de universos semejantes o diferentes, dependiendo de los arcos  $EF\dots$ ,  $E'F'\dots$  de tal forma que permanecen incomunicados entre sí; ningún punto puede salirse del espacio al que pertenece y tal que, tomados juntos todos los universos de dimensiones más pequeñas, podrían actuar simplemente como un punto comparado con el grande, el cual contendrá 'puntos-masa', por decirlo de alguna manera, de la misma categoría comparado con él. Son universos a su vez, es decir, la dimensión de cada uno de ellos comparada con este universo y con las distancias a las que puedan influenciarse, sería despreciable. Se seguiría, que ninguno de estos universos sería apreciablemente influido por las fuerzas del universo (del grande, por ser elegido para estudio)"<sup>36</sup>.

Una mente existente en alguno de estos universos nunca podría percibir la existencia de otros universos distintos al suyo. Por lo tanto, el espacio podría ser infinito y no ser percibido excepto finito<sup>37</sup>. En alguna medida, esos comportamientos excluyentes de su ley general de fuerzas, permiten asignarle en la actualidad los diferentes universos que para Boscovich no se 'conocen' entre sí, como lo puede ser la antimateria, alejada de la materia, la interacción gravitatoria ignorante de la electromagnética, y ésta a su vez de la interacción fuerte. En el intento de la búsqueda actual de la unificación de fuerzas, el problema pasa en alguna medida por evitar las discontinuidades que se producen en los puntos donde se encuentra la partícula creadora del campo, pasa en definitiva por evitar las discontinuidades de la curva de Boscovich.

Boscovich es consciente de la inaccesibilidad de estas posibilidades, recogidas en su teoría, a los conocimientos científicos de su época:

"... estos asuntos pertenecen a la aplicación de la teoría; por supuesto, sólo los he mencionado para mostrar cuantas cosas pueden ser bien consideradas y cuán grande es la fertilidad de este campo (...) de éstas (posibilidades) esas que pueden ser comprendidas de alguna manera por la inteligencia humana, son tan escasas comparadas con el total, que pueden ser consideradas como nada. Sin embargo, todas quedan claras ante una mirada de Dios"<sup>38</sup>.

Curiosamente, dos siglos más tarde Einstein continuador de la teoría de campos, coincide con Boscovich, al interpretar felizmente esta remota posibilidad.

Pero no es sólo esta punto de contacto de Boscovich con la Física actual; en sus especulaciones sobre la naturaleza del espacio y el tiempo tiene bien presente que son medidos y generados por la presencia de modos reales de existencia y que éstos están ligados a las fuerzas, de donde surge la dificultad para establecer un referente adecuado en el que la medida del espacio y el tiempo sean siempre idénticos. Sus reflexiones en el suplemento 1 apéndice 1 sobre el espacio y el tiempo y su medida<sup>39</sup>, son suficientemente ricas y sugerentes como para merecer un estudio aparte más detallado.

Incluso percibe la posibilidad de que la extensión del universo nos impida dar una relación adecuada a las medidas, que han de afectar al espacio y al tiempo conjuntamente como se ha dicho antes:

"...además podrá ser el caso que todo el universo bajo nuestra comprensión estuviera diariamente expandiéndose o comprimiéndose con la escala de fuerzas compactándose o

expandiéndose en la misma razón, si tal cosa pasara no habría cambio en las ideas de nuestra mente y no tendríamos la sensación de que tal cosa estuviera pasando"<sup>40</sup>.

### **D.Boscovich: su vida<sup>41</sup>**

Filósofo, astrónomo, físico, matemático, poeta. Rudjer Josif Boskovic, serbio-italiano. (Dubrovnik 1711-Milán 1778). Roma, Viena, Londres, París, Milán, Constantinopla... y Venecia; conocedor de varios idiomas, viaja por toda Europa a lo largo de su vida. Sus versos -sobre todo en latín- aún se conocen hoy junto con los de su hermano, ambos Jesuitas. Aparece citado junto a Copérnico, Lobachevsky, Mendeleiv en la *Slav Achievements in Advanced Science*, London, 1917, en reconocimiento al alto valor de su obra científica.

Teórico y experimental, propone el uso del telescopio llenado liquido, inventa el prismático micrométrico, crea modos para determinar, con sólo tres observaciones, las órbitas de los cometas, y el ecuador del sol. Es llamado por el Papa Benedicto XIV, junto con otros matemáticos para estudiar las roturas de la cúpula de San Pedro. También, durante su estancia en Viena, es llamado por la Emperatriz María Teresa para examinar el edificio de la Librería Imperial y la cúpula de la catedral de Milán. Estudia con detalle la órbita de Urano así como los anillos de Saturno. En óptica, estudia la refracción y la dispersión, proponiendo una teoría sobre el acromatismo en los instrumentos ópticos. Asimismo, estudia con éxito la determinación de la densidad de la tierra perfeccionando la medida de los meridianos.

En el terreno de las matemáticas, estudió la teoría de los logaritmos sobre números negativos y parece haber percibido, antes que Lobachevsky y Bolyai, la imposibilidad de probar el postulado euclídeo de las paralelas, intento que no deja de ser sorprendente por lo que posteriormente habría de aportar la geometrización de las teorías del campo. Destacables son sus reflexiones en torno a la inducción.

Muere el 13 de Febrero de 1778. Recientemente, en el bicentenario de su muerte se han celebrado congresos en su ciudad natal y en Milán<sup>42</sup>, sin embargo, nos parece que la trascendencia de su obra no está del todo valorada.

### **Epílogo**

La obra de Boscovich representa así, como a partir de una síntesis (Newton-Leibniz) nace el paradigma antinewtoniano de una física no mecanicista, de manara suave, que se consume con la continuación experimental y teórica de Faraday y la elegante síntesis de Maxwell, para evolucionar de forma radical en la continuación einsteniana y sus desarrollos posteriores. En esta historia de las teorías de campo, en contra del falsacionismo popperiano, se hacen patentes las palabras de Bhom:

"Pero puede ser que una nueva idea, que tiene un amplio campo de aplicaciones requiera un largo periodo de gestación antes de que puedan decidirse inferencias falseables"<sup>43</sup>.

Todo ello muestra que lejos estamos de una comprensión del hecho científico -caso de ser posible- pareciendo estas teorías metacientíficas trajes a medida de circunstancias históricas concretas.

Puede concluirse extendiendo las opiniones de Boscovich con relación a los posibles universos a ésta, también posibles, teorías metacientíficas:

## ROGER BOSCOVICH: ¿PRECURSOR DE LA TEORÍA DE CAMPOS?

"De estas, esas que pueden ser comprendidas de alguna manera por la inteligencia humana, son tan escasas comparadas con el total, que pueden ser consideradas nada"<sup>44</sup>.

\*Departamento de Física, Universidad de Oviedo

---

### NOTAS

- 1 Coulomb, Charles Agustín de: **Mémoires a l'Academie Royal des Sciences**. 1785.
- 2 Ampère, André Marie: **Theorie Mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience**. Reedición Blanchard. París, 1958.
- 3 P. Rogerio Josepho Boscovich: **Theoria Philosophiae Naturalis**. Venetiis, 1763. Ed. inglesa: J. M. Child. **A Theory of Natural Philosophy**. The M.I.T. Press 1966. Art. 129. p. 57.
- 4 Friedman, M: **Fundamentos de las teorías del espacio y el tiempo**. Ed. Luis Bou. Alianza, Madrid, 1991.
- 5 Kirchhoff, Gustav. Robert: **Über das Zeil der Naturwissenschaften** Heidelberg. 1865. 24.
- 6 Helmholtz, Hermann Von: "Sobre la finalidad y progreso de la ciencia física" (confer. en Innsbruck, 1869). **Populare Wissenschaftliche. Vorträge**, Brunswick, 1865-1976.
- 7 Hertz, Gustav: **Die Principien der Mechanik in neuen Zusammenhange** Leipzig. 1894. XXI. Citadas estas tres últimas en M. García Doncel: **De la física mecanicista a la teoría de campos**. Aula de Cultura Científica, Santander, 1982.
- 8 Sanchez-Ron: **Physics and Philosophy: action at a distance in 20th century physics**. *Theoria*. 2ª época. Año I (1985), núm. 2, pp. 439-460.
- 9 Eftichios Bitsakis: "**Mass, Matter and Energy: A Relativistic Approach**". **Foundations of Physics**. Vol. 21, núm. 1, 1991.
- 10 Platón: **Timeo**. Trad. de Bergua W. Edic. Ibéricas. Madrid, 1960.
- 11 Antonio Valdecantos Alcaide: **Estudio sobre la historia de la ciencia y la técnica**. (12. La institucionalidad de la revolución científica: Ideología y ciencia en el programa Leibniziano). **IV Congreso de la Sociedad Española de Historia de la Ciencia y de las Técnicas**. Junta de Castilla y León. Consejería de cultura y Bienestar Social. 1988.
- 12 Lucrecio, T. C.: **De la naturaleza**. Edición de A. García Calvo, ed. Catedra, Madrid, 1983.
- 13 Leibniz: **Monadología**. Clásicos El Basilisco, Pentalfa ediciones. Oviedo, 1981. p. 79 (10).
- 14 Bernard, Cohen: **The Newtonian Revolution**. Cambridge University Press, 1980. Edición castellana de Carlos Santos: **La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas**. Alianza Universidad, Madrid, 1983.
- 15 Nota 3. Obra fundamental de Boscovich.
- 16 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N. Art. 100**. Pág. 49.

- 17 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N. Art.** 10. Pág. 198.
- 18 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N. Art.** 127. Pág. 56.
- 19 R. J. Boscovich: **Theoria. Ph. N. Art.** 101. Pág. 49.
- 20 R. J. Boscovich: **Theoria. Ph. N. Art.** 1,2. Pág. 197.
- 21 Kant, I: **Metaphysischen Anfangsgruden der Naturwissenschaft.** Traducción inglesa: **Metaphysical Foundations of Natural Science.** Ed. J. Ellington (Bobbs, Indianápolis. 1970).
22. M.G. Doncel, **Revista Española de Física**, 5 (4), 1991. "El vicentenario de Michael Faraday:sus especulaciones sobre el 'estado electrónico', origen de nuestra teoría clásica de campos. p. 44.
23. Faraday. Citado en el artículo anterior.
- 24 R. J. Boscovich: **Theoria. Ph. N. Art.** 11. Pág. 199.
- 25 Russell, B.: **The Philosophy of Leibniz.** Séptima edición, 1967. Ed. London Allen and Unwin. (Relación Boscovich Leibniz en las Mónadas, pág. 91).
- 26 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N. Art.** 102. Pág. 49.
- 27 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N. Art.** 8. Pág 21.
- 28 L. Pearce Williams: **Michael Faraday.** pág 88. Chapman and Hall, London, 1965.
- 29 William Berkson: **Fields of Force. The Development of a World View from Faraday to Einstein.** Routledge and Kegan Paul Ltd. 1974. Ed. castellana de Luisa González Seco: **Las Teorías de los Campos de Fuerza. Desde Faraday hasta Einstein.** Alianza Universidad. Madrid. 1985. p. 54.
- 30 W. Berkson; Nota 29, pág 77.
- 31 P. G. Tait: citado en el libro de Berkson. Pág 152. P. G. Tait, Lord Kelvin: **Natural Philosophy. Elementary Treatise on Quaternions.** Oxford, 1867.
- 32 R. J. Boscovich: **Theoria Ph. N Art.** 122. Pág. 54.
- 33 W. Berkson. Nota 29, pág. 86.
- 34 J. Clerk Maxwell: **On the Dynamical Explanation of Electrical Phenomena.** Conferencia pronunciada en la Cambridge Librería (Anexo al manuscrito 7655, II, núm. 10). Aparece una crítica sobre la teoría de Boscovich.
- 35 W. Berkson. Nota 29. Pág 85.
- 36 R. J. Boscovich. **Theoria Ph. N. Art.** 171. Pág 71.
- 37 Introducción de J. M. Child. Nota 3.
- 38 R. J. Boscovich. **Theoria Ph. N. Art.** 172. Pág. 71.
- 39 R. J. Boscovich. **Theoria Ph. N. Art.** 24.II Pág. 204.
- 40 R. J. Boscovich. **Theoria Ph. N. Art.** 21. Pág. 204.4.
- 41 Sobre la vida de Boscovich: Dr. Branislav Petronievic. Prof. de filosofía en la Universidad de Belgrado y uno de los estudiosos más importantes de la obra de Boscovich. **Life of R. J. Boscovich.** Ed. inglesa de J. M, Child. (Nota 3).

- 42 D. Bohm, D. Peat: **Science order and Creativity**. Bantam Books. Edición castellana de J. M. Apfelbaüme. Ed. Kairós. Barcelona, 1988, pág. 72.
- 43 Juan Casanovas S. I. **Per il secondo centenario della morte bel P. Ruggiero Boscovich**. La Civiltà Cattolica. IV, 1988, 531-544. Correspondencia de Boscovich: **Mémoires de l'Académie Jougo-Slave of Zagreb**. 1887-1912.
- 44 R. J. Boscovich. **Theoria Ph. Mat. Art.** 172. Pág. 71.