

**LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN LA FORMACIÓN DE LICENCIADOS
EN FÍSICA Y CIENCIAS NATURALES: EL CASO DE LA ESTRUCTURA DE LA
MATERIA DE ROGER BOSCOVICH.**

POR:

JOHN ALEXANDER ACOSTA POVEDA

2011146001

Línea de profundización:

Enseñanza de las ciencias desde un enfoque cultural

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÀ

2015

**LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN LA FORMACIÓN DE LICENCIADOS
EN FÍSICA Y CIENCIAS NATURALES: EL CASO DE LA ESTRUCTURA DE LA
MATERIA DE ROGER BOSCOVICH.**

POR:

JOHN ALEXANDER ACOSTA POVEDA

2011146001

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Licenciado en Física

Director

Juan Carlos Orozco Cruz

Docente Departamento de Física

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÀ

2015

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN LA FORMACIÓN DE LICENCIADOS EN FÍSICA Y CIENCIAS NATURALES: EL CASO DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA DE ROGER BOSCOVICH.
Autor(es)	Acosta Poveda, John Alexander
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2015. 80 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	HISTORIA DE LAS CIENCIAS, RECONTEXTUALIZACIÓN, ESTRUCTURA DE LA MATERIA

2. Descripción
<p>Es posible enseñar y aprender ciencias a través del estudio de procesos claves en el desarrollo de las mismas, que permita visualizar sus implicaciones filosóficas, sociales, culturales, políticas, económicas y que de paso sirvan como alternativa a formas usuales de presentar las ciencias naturales y la física, como por ejemplo, el formalismo matemático o la memorización de definiciones descontextualizadas.</p> <p>Para los fines de este trabajo se pone en juego algunos puntos de vista, entre los que sobresalen los relacionados con la importancia de los estudios históricos en la formación de licenciados en ciencias naturales y más específicamente de física, sin que esto entre en contravía a lo que se concibe como conocimiento científico en la actualidad, se dispondrá más bien de una herramienta que el maestro en formación podría asumir en aras de la innovación y conocimiento de la naturaleza de las teorías científicas. La teoría atómica de Roger Boscovich (RuđerBošković en croata) proporciona un ejemplo de lo que los análisis histórico-críticos y las prácticas de recontextualización histórica pueden brindar a los maestros de ciencias como alternativa frente a los textos convencionales en didáctica y los currículos genéricos.</p>

3. Fuentes

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 19.
- Bernstein, B., & Díaz, M. (1984). Hacia una teoría del discurso pedagógico. *Collected Original Resources in Education (CORE)*.
- Boscovich, R. (1922). *A Theory of Natural Philosophy*. Chicago and London: Open Court Publishing Company.
- Boyle, R. (1985). *Física, Química y Filosofía Mecánica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bravo, A. A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista EDUCyT*, 16.
- Granés, J., & Caicedo, L. M. (1997). *DEL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS AL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA, Analisis de una experiencia pedagógica*. Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional: www.pedagogica.edu.co
- Kant, I. (1992). *Opúsculos de filosofía natural*. Madrid: Alianza editorial.
- Kragh, H. (1989). *Introducción a la historia de las ciencias*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Orozco, J. C. (1999). La teoría atómica y el debate sobre la naturaleza de la materia en inmediaciones del siglo XIX. *Seminario sobre epistemología de la química*, 14.
- Stoiljkovich, D. (2015). *the founder of modern science*. Londres: Petnica Science Center.

4. Contenidos

El trabajo en su cuerpo como tal posee cinco ejes centrales, el primero en relación al papel que los estudios histórico-críticos tienen en la enseñanza de las ciencias y como a nivel de didáctica de las ciencias como estos se pueden llevar al aula, el segundo gran eje central del trabajo se encuentra condensado en lo relacionado a la recontextualización de saberes en las ciencias y como con la ayuda de los contextos de producción y reproducción se puede plantear un diálogo de saberes en dos ámbitos, a saber, históricamente diferentes. En tercer lugar se tiene una reflexión en torno a los criterios que debería seguir quien quiera realizar un estudio histórico-crítico, es decir, algunos criterios para selección y uso de fuentes, ya sean primarias o secundarias; el siguiente gran eje del trabajo se relaciona con un breve panorama de las concepciones de estructura de la materia que estaban vigentes para el siglo XVIII, a saber, las de Boyle, Kant y Newton y seguido a esta exploración se pasa a trabajar con el texto original de Boscovich sobre filosofía Natural en el cual se destacan una serie de afirmaciones que para fines

del trabajo resultan pertinentes, al analizar este texto se encuentran similitudes y recontextualizaciones hechas en los siglos XIX y XX los cuales también se tratan de describir de manera sintética, sin embargo en la bibliografía se hacen explícitas las fuentes que el lector puede consultar en aras de análisis más profundos.

5. Metodología

Para la consecución de esta investigación de orden cualitativa utilizando la perspectiva citada por las investigadoras Sonia Osses Bustingorry, Ingrid Sánchez Tapia y Flor Marina Ibáñez Mansilla (Bustingorry, Tapia, & Mansilla, 2006) en su artículo investigación cualitativa en educación. hacia la generación de teoría a través del proceso analítico donde se “apunta a encontrar el significado, la comprensión de la práctica social, a través de ordenar y relacionar lógicamente la información que la práctica suministra y que se ha registrado” (P.1), se actuará en primer lugar en base al estudio de textos de didáctica de la historia de las ciencias y análisis histórico-críticos en la formación de licenciados en ciencias y de ahí decantar ideas relevantes que permitirán plantear reflexiones y teorizaciones con respecto a la pertinencia e importancia de los estudios históricos a nivel de formación de licenciados en física y ciencias naturales; luego de obtener este insumo se procederá a la lectura de textos originales de Roger Boscovich y de teóricos de la concepción atómica de este autor y de sus contemporáneos, con los cuales se establecerá un dialogo que permita definir núcleos problemáticos, caracterizar formas de aproximación y formas y niveles de explicación, establecer rutas posibles en el tratamiento de los núcleos problemáticos. (Ayala, 2006). Esto anterior se traduce en la consecución de un análisis histórico-crítico de la teoría de la estructura de la materia de Boscovich.

6. Conclusiones

Se logró asumir un papel para los estudios históricos y de qué manera estos pueden renovar la enseñanza de las ciencias. En principio cuando se hizo lectura a los libros de texto de educación básica y media en el ámbito de las ciencias naturales se encontraron algunos detalles que fueron los que ayudaron a construir la problemática del trabajo, después de esto se generaron una gran cantidad de interrogantes con respecto a cómo enfrentar este problema, para esto se indago y se encontró un considerable número de trabajos del grupo Física y cultura de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en los cuales aparecían unas preocupaciones similares que podrían ser atacadas a través de la formación en los estudios histórico-críticos en las ciencias; es decir, cuando el maestro conoce las problemáticas y las fenomenologías que le sugirieron a un autor la necesidad de construir sus afirmaciones se puede tener una visión más amplia y en ese sentido presentar a la ciencia de una manera no sesgada ni amañada por interpretaciones de grandes instituciones científicas; y más bien hacer un trabajo de intervención cultural donde el conocimiento científico por un lado no se presente como una verdad indiscutible y por otro que al estudiante se le puedan recontextualizar la teoría con conocimiento de su

contexto y necesidades particulares.

Sin embargo para poder innovar e ir más allá del currículo que presentan los libros de texto o los estándares de educación el docente de ciencias debe tener en cuenta cuatro factores indiscutibles, que la profesora María Mercedes Ayala (1992) señala:

- Conocer la física para un profesor de física consiste en entender los problemas que posibilitaron procesos de diferenciación para la construcción de las teorías; sin olvidar el momento histórico en el cual se consolidaron.
- Conocer la física también es poder construir un marco referencial que le permita entender los factores que permiten diferenciar una teoría de otra para en ese sentido construir las explicaciones involucradas en estos procesos.
- Conocer la física es poder diseñar escenarios en los cuales el estudiante pueda construir fenómenos, explicaciones y conceptualizaciones.
- Por último, conocer la física es conocer las dinámicas sociales que privilegian un conocimiento por encima de otro y de ese modo estar en la capacidad de evaluar estos factores y poder ser selectivos a la hora de hacer la intervención en el aula.

Teniendo en cuenta esto el profesor de física y de ciencias en general puede encontrar posibilidades para la enseñanza, una de estas por ejemplo son los estudios histórico-críticos, ya que estos permiten que el profesor ubique el conocimiento de acuerdo a diferentes ámbitos y necesidades particulares, para así poderlo recontextualizar en el aula con criterio y consiente de las cualidades que tiene este enfoque en relación a otros. Es indudable la premisa tan popular que dice “para enseñar física (o cualquier ciencia) hay que saber física” pero sin entender que la labor docente implica trabajar con seres humanos, con dificultades, virtudes y demás particularidades mencionadas en el trabajo, todo el conocimiento quedaría invalidado, cada profesor debe hacerse la reflexión entonces de cuál es el papel que se le concede a las ciencias y si eso que se recoge en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales es lo que se quiere impulsar para la enseñanza.

Claramente el trabajo de recontextualizar le permite que el docente sea más autónomo y propositivo frente a la enseñanza de una temática en particular, por ejemplo el estudio de caso con la teoría de Roger Bosovich puedes ser una opción viable para llevar al aula de clase por cuanto no deja de lado las teorías que se enseñan usualmente en la clase de física y química en relación a la idea de fuerzas, la construcción de idea de estructura de la materia, la recontextualización que hacen autores como Stoilkovich (2015) cuando en su texto trabaja la idea de orbitales y los modelos atómicos que se enseñan usualmente en la clase de ciencias,

que fue lo que se trató de explicitar en este escrito.

Con una exploración mayor tanto de los textos de Boscovich y el de Stoiljkovich se piensa que el trabajo puede tener alcances a muchos niveles, en primer lugar, poder enseñar muchas de las temáticas de la física desde ese modelo de una única fuerza de la naturaleza, ya que Boscovich explica muchas propiedades y fenómenos en su texto de Filosofía Natural, claro está, nunca dejando de lado que la física evolucionó desde esa época hasta la actualidad, sin embargo el modelo boscoviceano sienta unas bases importantes para la física contemporánea y es algo que la historia de la ciencia de alguna manera está tratando de reconocer con los escritos de diferentes autores que se utilizaron en la construcción de este trabajo. En segundo lugar, en la química aplicada hay una gran parcela de exploración y es algo que se pone en explícito en el texto de Stoiljkovich cuando explica la polimerización y en general muchos procesos con polímeros naturales y sintéticos, y en tercer lugar poder explicar a nivel de la física cuántica y su posterior enseñanza al nivel de la física universitaria la interacción entre átomos, moléculas, nano-partículas, macromoléculas, partículas coloidales, entre otras; y en ese sentido el trabajo da para una exploración más profunda de la teoría de Boscovich y de paso darle el reconocimiento que por años le ha sido disminuido por la historia.

Elaborado por:	John Alexander Acosta Poveda
Revisado por:	Juan Carlos Orozco Cruz

Fecha de elaboración del Resumen:	03	12	2015
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
ANTECEDENTES	5
1. ENFOQUE HISTORICO-CRÍTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.....	8
1.1. LA RECONSTRUCCION HISTÓRICA.....	8
1.1.1. ESTUDIO DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.....	8
1.1.2 DIDÁCTICA DE LA FÍSICA Y DE LAS CIENCIAS NATURALES CON UN ENFOQUE HISTORICISTA	10
1.1.3. LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN EL PROCESO ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.....	13
2. RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES EN LAS CIENCIAS	16
2.1. CONTEXTO DE PRODUCCIÓN (Comunidades e instituciones científicas).....	17
2.2. CONTEXTO DE REPRODUCCIÓN (sistema escolar).....	17
2.3 LA RECONTEXTUALIZACIÓN OFICIAL DE LA TEMÁTICA “ESTRUCTURA DE LA MATERIA” EN EL CONTEXTO COLOMBIANO	19
3. CRITERIOS PARA EL USO Y SELECCIÓN DE FUENTES.....	21
4. PANORAMA DE LAS CONCEPCIONES DE LA MATERIA PARA LA ÉPOCA CERCANA A BOSCOVICH, EL CASO DE BOYLE, NEWTON Y KANT.	24
4.1 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE BOYLE	24
4.2 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE NEWTON	26
4.3 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE KANT.....	30
5. ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE LA COSMOVISION DE ROGER BOSCOVICH (1711-1787).....	34
UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MÁS ALLÁ DEL CURRÍCULO (reflexión final)	48
ANEXOS	i
A. FRAGMENTOS DE LOS ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES Y CIENCIAS SOCIALES QUE SE TUVIERON EN CUENTA EN EL TRABAJO.....	i

B. TRADUCCIÒN A LAS CITAS TOMADAS PARA AFIRMAR LOS ALCANCES DE LA <i>THEORY OF NATURAL PHILOSOPHY</i> DE ROGER BOSCOVICH EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.....	v
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	xx

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 figura del teorema de la divisibilidad al infinito del espacio	31
Ilustración 2 gráfico de la esfera de actividad de una mónada.	32
Ilustración 3 Concepción de impenetrabilidad desde Kant.....	32
Ilustración 4 Gráfico que esquematiza el tipo de fuerzas de la naturaleza	37
Ilustración 5 Parte de la curva boscoviceana que representa el modo de acción desde la gravitación de Newton.	40
Ilustración 6 Orbitales en la teoría de Boscovich.	41
Ilustración 7 Gráfico que representa la <i>cuantización de la energía en el sistema boscoviceano</i> . 43	
Ilustración 8 Modelo Kelvin-Thomson con Z electrones, conocido como <i>pudding de pasas</i>	45
Ilustración 9 La curva de la izquierda según lo declarado por Thomson: Un núcleo con carga positiva del átomo está en el origen de coordenadas y las posiciones de órbitas de los electrones se encuentran en parte en más oscura de la curva. Siguiendo la opinión de Thomson, en la derecha se presentan los orbitales (línea continua) "admisible" y orbitales "prohibidos" (línea discontinua) .La abscisa muestra la distancia del electrón del núcleo y las ordenadas muestran la fuerza: repulsiva (abajo) y atractiva.....	46
Ilustración 10 Curva geométrica que explica la ley de fuerzas enunciada por Boscovich	ix

INTRODUCCIÓN

Es posible enseñar y aprender ciencias a través del estudio de procesos claves en el desarrollo de las mismas, que permita visualizar sus implicaciones filosóficas, sociales, culturales, políticas, económicas y que de paso sirvan como alternativa a formas usuales de presentar las ciencias naturales y la física, como por ejemplo, el formalismo matemático o la memorización de definiciones descontextualizadas.

Para los fines de este trabajo se pone en juego algunos puntos de vista, entre los que sobresalen los relacionados con la importancia de los estudios históricos en la formación de licenciados en ciencias naturales y más específicamente de física, sin que esto entre en contravía a lo que se concibe como conocimiento científico en la actualidad, se dispondrá más bien de una herramienta que el maestro en formación podría asumir en aras de la innovación y conocimiento de la naturaleza de las teorías científicas. La teoría atómica de Roger Boscovich (Ruđer Bošković en croata) proporciona un ejemplo de lo que los análisis histórico-críticos y las prácticas de recontextualización histórica pueden brindar a los maestros de ciencias como alternativa frente a los textos convencionales en didáctica y los currículos genéricos.

En el Proyecto Curricular de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia entre sus líneas de investigación se encuentra la de *enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural*, en la cual se considera la enseñanza de las ciencias como un sistema de complejidades, entre las cuales se destacan los estudios culturales e históricos como elementos que intervienen en la construcción de conocimiento; por un lado se hace necesario considerar el contexto cultural en la medida que se puede caracterizar como una actividad en la cual el ser humano interactúa con su entorno y considera cuales eventos

sonrelevancia, ya que estas explicaciones de ninguna manera pueden ser pensadas desde la no-interacción con un entorno, pues ante todo el ser humano es social e histórico. La perspectiva histórica de la enseñanza de las ciencias, entonces, es considerada como un posicionamiento frente al conocimiento en relación a la acción educativa a través por un lado del acceso a la información de primera mano de una teoría y por otro lado de la indagación de contextos de producción y de difusión de diferentes teorías, el profesor puede tomar criterio y postura frente a la enseñanza de una temática ya que tendrá elementos para recontextualizar las teorías y en ese sentido ser más propositivo.

En particular en esta línea de investigación se ofrece la oportunidad de realizar dos tipos principal de investigaciones, la primera relacionada con las dinámicas de clase en la cual se reflexiona sobre la práctica de aula en relación a las metodologías y temáticas, para esto se proponen las sistematizaciones de las prácticas. El segundo tipo de investigación es de corte conceptual en la cual se destacan los estudios históricos- críticos basados en la construcción de problemáticas a través de la comprensión de fenómenos de las ciencias, este tipo de trabajos ofrece también la oportunidad para entrar en diálogo con los trabajos que, en diferentes contextos, realizan los investigadores en historia de las ciencias y en enseñanza de las mismas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de la física se asume con frecuencia como la trasmisión de un corpus de teorías bien estructuradas que se expresan en lenguaje matemático y con poca probabilidad de ser modificadas o sometidas a discusión. Este énfasis en la formalización matemática, hace que la “comprensión” de las teorías físicas se confunda con la habilidad de interpretar expresiones matemáticas, manipularlas y hacer uso de ellas para resolver ejercicios, y que se deje de lado el

análisis y la lógica conceptual de los planteamientos teóricos (Ayala, 2006); El énfasis en el formalismo impide revelar diferencias conceptuales importantes (Ireson & Gill, 2000).

Las propuestas y prácticas de formación de docentes en física y ciencias naturales en general, enfatizan una doble exigencia en cuanto a que estos deben tener un fuerte conocimiento de la disciplina que van a tratar y además de ello en pedagogía (Ayala, 2006); Para esto último se propone como posibilidad la introducción a los estudios históricos en la formación y autoformación profesoral, y a partir de ello pensar y sustentar la importancia que recae sobre este enfoque. El énfasis en los estudios histórico-críticos y la recontextualización de saberes en la formación de licenciados en física y ciencias naturales en general se piensa desde la perspectiva de asumir que los hechos científicos se edifican a través de la certeza y se designan con lo que se conoce como realidad, adicionalmente estos tienen una historia de constitución y son ante todo hechos sociales (ibíd.).

Un buen ejemplo como objeto de indagación, es la estructura de la materia, a la que si bien no le han faltado defensores y partidarios, a su vez no pudo ser protagonista en la evolución del pensamiento científico y filosófico sino hasta el Renacimiento, donde resurgieron ideas de quince siglos antes de aquella época (Pullman, 2010), se pudo entonces comenzar a pensar un mundo del que no se tenía idea alguna, a saber, el mundo atómico. Aún con sus dificultades, el atomismo de los siglos XVI, XVII Y XVIII proporcionó buenas aproximaciones para modelos más *científicos* y *modernos*. Es por esta razón que se ejemplificará lo anteriormente descrito a través de un estudio histórico-crítico y posterior recontextualización del concepto de estructura de la materia desde la perspectiva de Roger Boscovich, que, para su época, expone una nueva

concepción de las fuerzas entre los cuerpos (puncta)¹ la cual permite pensar la estructura de la materia bajo nuevos principios y poner en discusión las implicaciones de presentar una *dualidad* de fuerzas² que se sustentan en su texto cumbre, *Magnum Opus, A Theory of Natural Philosophy*, y cómo estas son abordadas por otros filósofos y científicos.

HIPÓTESIS

Sí se orienta la formación de docentes desde un enfoque histórico, pretendiendo que se generen explicaciones con un mayor conocimiento de la naturaleza del pensamiento científico y así mismo que estas explicaciones sean identificadas con las ideas que han estado presentes a lo largo de diferentes épocas, se puede lograr una mayor apropiación de las temáticas de la física y en ese sentido ser más propositivos frente a su enseñanza.

De esta manera, el análisis histórico-crítico de la teoría atómica de Roger Boscovich brinda la oportunidad para realizar un ejercicio de autoformación que, a la vez, aporte elementos que enriquezcan la formación disciplinar y pedagógica de los profesionales responsables de la enseñanza de las temáticas relacionadas con la estructura de la materia, enmarcado en el contexto de la educación básica y media colombiana y en conexión con la actualidad de las ciencias.

OBJETIVO GENERAL

¹Elementos materiales primeros de la teoría de Boscovich cuyas características son: indivisibilidad, inextensión y que están dispersos por todo el vacío.

²para distancias pequeñas las fuerzas repulsivas son las únicas activas y a medida que esta distancia aumenta la fuerza repulsiva es de menor magnitud y aumenta una fuerza atractiva entre los cuerpos (Jammer, 1999)

Construir un escrito en el cual se planteen reflexiones y teorizaciones con respecto a la pertinencia e importancia de los estudios históricos a nivel de formación de licenciados en física y ciencias naturales, a partir de un análisis histórico-crítico de documentos en torno a la teoría atómica de Roger Boscovich.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar y desarrollar aspectos que relacionen la formación y autoformación de licenciados en física y ciencias naturales con el estudio de los análisis histórico-críticos.
- ✓ Reconocer las cualidades que presentan los estudios histórico-críticos de cara a la formación de profesionales en física y ciencias naturales en el contexto colombiano e iberoamericano.
- ✓ Estudiar a través de un análisis histórico-crítico la teoría atómica de Roger Boscovich.

ANTECEDENTES

En referencia al tema de investigación, se consultaron las bases de datos de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, y se encontraron cuatro referentes importantes para el desarrollo del trabajo; en primer lugar se encuentra la monografía de pregrado de la profesora Luz Dary Rodríguez del año 1989 (Rodríguez L. D., LA HISTORIOGRAFÍA DE LAS CIENCIAS Y SUS IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS., 1989), donde a pesar de que se realizó hace algo menos de un cuarto de siglo proporciona un insumo importante para poder discernir un papel para la historia de las ciencias en su relación con la

enseñanza y con ello poner en juego diferentes enfoques historiográficos en donde cada uno presenta una determinada manera de asumir la historia y en ese sentido la naturaleza y desarrollo de las ciencias.

Por otro lado de manera más reciente se tiene la monografía de pregrado del profesor Didier Armando Cuéllar (Cuellar, 2012) donde se realizan aportes significativos para la enseñanza de fenómenos lumínicos a partir de un análisis del tratado de la luz de Huygens con el fin de ejemplificar la recontextualización como una herramienta que permite al docente establecer elementos de crítica de cara a las temáticas de la física y ciencias naturales, esto de manera reflexiva en torno a la pertinencia del uso de la historia y filosofía en la enseñanza de las ciencias.

Adicionalmente en la maestría de la docencia de la química, se encuentra el trabajo de la maestra Sonia Soriano Carranza (Carranza, 2011), donde se propone desarrollar un estudio histórico-epistemológico de la constitución de la fisicoquímica en la comunidad alemana de finales del siglo XIX y principios del XX, desde una perspectiva de la historia social de las ciencias, donde se realiza la recolección de algunos escritos originales. Por último en la maestría en docencia de la física, se recogió algunas ideas de tesis de la maestra Diana Patricia Rodríguez (Rodríguez D. P., 2001) donde la investigación reporta una revisión al interior del aula de clase, sobre como los estudiantes usaban la información provista por el acercamiento histórico, que status le atribuían ellos a la historia y como la información suministrada a través de la aproximación histórica jugaba un papel importante en la construcción de conocimiento en torno a los conceptos de fuerza y movimiento.

MARCO TEÓRICO

Los aportes a las imágenes de conocimiento provenientes de los estudios epistemológicos y del campo de las ciencias cognitivas desde mediados del siglo pasado subrayan, entre otros aspectos, el carácter histórico y contextual de las verdades científicas, es decir, la naturaleza social de la actividad científica. No obstante, en las prácticas de enseñanza de las ciencias siguen persistiendo imágenes que postulan a los conocimientos científicos con un carácter bastante particular, por un lado son “verdades” indiscutibles y por otro están ligadas a ser productos y no procesos como quiera ligados a una sociedad y a una época en específico.

Esta preocupación por una enseñanza de las ciencias que contribuya a una apropiación con sentido de la cultura científica por parte del conjunto de la población y, en particular, en el contexto escolar se expresa en los trabajos realizados por académicos tales como Basil Bernstein (Bernstein & Díaz, 1984), Agustín Aduriz Bravo (Bravo A. A., 2000) y (Bravo A. A., 2010), Freddy Ramón Garay (Garay, 2007), (Garay, 2011) y el grupo Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional³, entre otros; sus elaboraciones permiten dar forma a un marco referencial en el campo de los estudios histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos en los cuales se ponen en diálogo estos saberes con las dinámicas culturales inscritas en el contexto educativo contemporáneo.

³ Se destacan los aportes de los profesores María Mercedes Ayala (Ayala, 1992), (Ayala, 2006) y (Ayala, Malagón, & Sandoval, 2013), Luz Dary Rodríguez (Rodríguez & Romero, 1999), Ángel Romero (Rodríguez & Romero, 1999), Juan Carlos Orozco (Orozco, 2006), entre otros

La recontextualización de saberes y la reconstrucción histórica de la actividad científica, serán el eje central de este marco teórico donde se harán reflexiones en torno a la enseñanza del concepto de estructura de la materia en la educación colombiana, en ese sentido hablar de la pertinencia del uso y selección de textos originales para pensarse una enseñanza de esta temática más allá del currículo impuesto en las políticas educativas colombianas.

1. ENFOQUE HISTORICO-CRÍTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

1.1. LA RECONSTRUCCION HISTÓRICA

1.1.1. ESTUDIO DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La forma más usual con la que se tiene contacto con las ciencias en el contexto de la educación colombiana y latinoamericana en general es a través de algunos de sus productos, pues estos países desde su nacimiento han sido relegados a la calidad de consumidores de saberes y con el agravante que en muchos casos son ajenos a los contextos de producción⁴, en este sentido, es normal asumir a la enseñanza de ciencias como una transmisión de saberes, técnicas o procedimientos en los cuales se desconoce el valor de la construcción de conocimiento (Ayala, 1992). Para ello se han venido configurando relaciones entre historia y filosofía de las ciencias con el fin de justificar y hacer claridad en cómo se descubre y de qué manera se pueden construir modelos para poner en práctica la actividad de conocer (Quintanilla, 2006).

Es importante tener en cuenta que la construcción de imágenes y representaciones está siempre presente en toda actividad que involucre cualquier tipo de conocimiento; sin embargo,

⁴El concepto de “contextos de producción” se explicará con más detalle en lo sucesivo del trabajo

no siempre se es consciente de ello y cuando esto ocurre se termina favoreciendo intencionalidades ajenas al espíritu de la escuela, que conllevan a ubicar a quien asume de esta manera la actividad en un papel de subordinación frente a quienes se consideran productores de conocimiento y frente al conocimiento mismo (Rodríguez & Romero, 1999).

No es de extrañarse que el problema señalado sea debido a las deficiencias en el conocimiento de la disciplina por parte del profesor, ya que muchas veces quien se forma como docente no se interesa por indagar o visualizar los problemas que han posibilitado la construcción de fenómenos y teorías en el ámbito de las ciencias (Ayala, 1992), ahora bien, para alcanzar estas comprensiones se han planteado como objeto de trabajo, los estudios históricos en la enseñanza de las ciencias; sin embargo es importante señalar qué enfoque de historia se tiene como objeto de trabajo, lo cual se definirá a continuación. En primera instancia hay que reconocer al conocimiento como una actividad humana, es decir, un proceso con un espacio y tiempo específicos y desde ese punto se puede pensar en orientar la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de propiciar el paso de una forma de ver el mundo a otra (Ayala, Malagón, & Sandoval, 2013), eso más específicamente se puede definir como un cambio conceptual y en ese sentido enriquecer el sentido común del estudiante. Para ello el recurso de la historia alrededor la enseñanza de las ciencias resulta necesario, ya que no solo se limita a un ejercicio anecdótico como es visto usualmente (Ayala, 2006) sino más bien se requiere para ello una formación específica, donde quien se interese por estos estudios tenga contacto con documentos originales sobre determinada teoría, además de textos filosóficos donde el maestro aprenda a elaborar imágenes de los fenómenos relacionados con los planteamientos a abordar en la clase de ciencias. En ese sentido darle significación a los mismos y con ello abrir posibilidades para

generar estrategias didácticas para abordar cualquier fenómeno a estudiar (Ayala, Malagón, & Sandoval, 2013).

Una vez situados en esta perspectiva, se puede empezar por construir relaciones entre historia y filosofía de las ciencias; donde es importante destacar que el profesor en la medida en que va interiorizando la manera de adquirir, desarrollar y apropiarse los conocimientos científicos pueda ser más propositivo frente a la enseñanza de las ciencias e ir más allá del currículo que se le ofrece en las políticas educativas (Bravo A. A., 2010). Un primer paso para reconocer y aplicar la perspectiva de los estudios históricos en las ciencias es enmarcarlas en cuatro contextos: político, social, económico y cultural, esto en aras de consolidar una visión humanista de las ciencias y desarrollar una visión más general de por qué una teoría domina por sobre otras, en cuanto a su popularización en los currículos, y de ese modo desmitificar dichas teorías, para con esto poder proponer alternativas de enseñanza en el contexto de las ciencias (Garay, 2011).

1.1.2 DIDÁCTICA DE LA FÍSICA Y DE LAS CIENCIAS NATURALES CON UN ENFOQUE HISTORICISTA

La educación científica de las últimas décadas ya ha venido subvirtiendo la imagen de ciencia arraigada en la revolución industrial donde se daba un valor totalmente dominante de una clase sobre otra (Quintanilla, 2006); este combate de cara a las políticas de dominación de clases tiene como arma fundamental a la información y el conocimiento, en ese sentido es importante que el profesorado de ciencias haga conciencia sobre la virtud que presenta una enseñanza de las ciencias que le haga contravía a las tradiciones reduccionistas y dogmáticas, de paso con esto promover habilidades cognitivas y lingüísticas en los estudiantes para que se integren a la sociedad teniendo un criterio con respecto a la ciencia construida y la ciencia enseñada, a las

realidades educativas latinoamericanas y promuevan la consolidación de unos valores democráticos (ibíd.) .

La tarea entonces del profesor es en primer lugar reconocerse ya no solo como un tecnólogo que se prepara para cumplir con un oficio de repetición y transmisión de saberes, estático y limitado a la memorización de conceptos desconectados los unos de los otros y dándole peso solamente a la formalización(Garay, 2011), sino como un profesional que tiene una formación tanto en la disciplina como en pedagogía. Hay que ser consciente de que esa conexión no es una labor sencilla, en este sentido la profesora María Mercedes Ayala (1992) afirma:

“el problema no radica en las dificultades de organizar y poner en práctica un programa de formación que garantice por parte del maestro un manejo de las competencias anteriormente mencionadas (disciplina y pedagogía); el problema radica en los supuestos que con relación a la ciencia, al papel que juega su enseñanza en la educación básica y media y al carácter de dicha actividad, animan esta concepción”.

En relación con lo anterior se han venido recogiendo reflexiones en torno a cuál es la manera más consecuente de abordar la didáctica de las ciencias en correspondencia con el enfoque historicista sobre el cual se enmarcará el trabajo, se tiene una serie de concepciones recogidas por el profesor Juan Carlos Orozco (1996) las cuales se pueden señalar a través de unos ítems:

- Los estudios históricos permiten al docente de ciencias configurar una lente teórica que proporciona una importante información sobre el contexto de producción de las teorías científicas y de esa manera intentar recontextualizar y adaptar fenomenologías en aras de que el estudiante asuma con criterio las teorías que se le presentan.

- Permite establecer el curso histórico de una teoría, desde su creación hasta su consolidación (o negación), en el caso particular del trabajo de grado se le hará ese rastreo a la teoría de la estructura de la materia de Roger Boscovich.
- Permiten poner de manifiesto la lógica de las teorías y el conocimiento científico, esto es clave en el sentido de poder realizar una pertinente recontextualización de los saberes científicos y llevar un trabajo de calidad al aula de clases.
- Permiten poner en claro las diferencias de fondo y forma entre varias teorías (con la ayuda de textos originales), de este modo permitirá identificar al licenciado en ciencias la cosmovisión de los autores y de esa manera poder dilucidar y categorizar las características de las concepciones de mundo newtonianas, cuánticas, plenistas, entre otras. Esta característica es una de las de mayor importancia para los fines del trabajo ya que es uno de los pasos clave en el proceso de recontextualización de saberes científicos.
- Son una ruta para familiarizarse con las formas y metodologías de producción científica; y de paso es pertinente decir que también permite vislumbrar los estereotipos que le dan mayor peso a una teoría por sobre otras, esto es bastante relevante en torno al trabajo de grado, pues en primer lugar humaniza el conocimiento, es decir, lo desmitifica. Este tipo de estudios ayudan a que el docente sea más propositivo en torno a las prácticas escolares concretas.
- Permite esclarecer de manera concreta, las formas de transmisión, apropiación y legitimación de algunas teorías y en ese sentido pensarse el papel de la pedagogía en la construcción de estas dinámicas, asumiendo a la escuela como un espacio de socialización, de esta manera es importante concebir a lo pedagógico como factor activo respecto a los conocimientos científicos.

Con lo anterior se caracteriza un insumo más que suficiente para teorizar la importancia de los estudios históricos en la enseñanza de las ciencias, por cuanto, dejando a un lado el carácter anecdótico que se le da a este enfoque, es más que todo una vía para definir paradigmas, cosmovisiones, fenomenologías, entre otros factores que influyeron en la construcción de una u otra teoría y de esa manera el docente de ciencias será capaz de ser propositivo en la enseñanza de las ciencias y de paso se quiebren los modelos memorísticos, acríticos, apolíticos, mecánicos y con excesivo énfasis en la matematización, entre otras características.

1.1.3. LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.

Los docentes de ciencias han venido definiendo problemáticas en torno al carácter histórico, social y epistemológico de las diferentes disciplinas científicas, esta preocupación se esboza desde el análisis de los procesos de difusión, apropiación y reconstrucción de saberes científicos, es por eso que actualmente se evidencia una visión de ciencia íntimamente relacionada con la historia y la filosofía, ya que estas dos disciplinas proporcionan una lente teórica para que el docente de ciencias valore y evalúe diferentes visiones de ciencia y de paso entender el carácter contextual de las ciencias, donde la cosmovisión que esta tenga será producto de una serie de exigencias e intereses de un espacio y tiempo social en específico(Ayala, 2006).

La ciencia usualmente es concebida como una interpretación del mundo, que está en estrecha relación con las necesidades contextuales sobre la cual se edifica y legitima, entonces se puede decir que el problema de las ciencias es estrictamente cultural; es por esto que la enseñanza de las ciencias se presenta como un espacio donde se generan condiciones para poner una teoría por sobre otra de acuerdo con las necesidades y visiones de mundo de cada país, de manera que se vincule la cultura social con la cultura científica. Entonces se puede preguntar ¿Cómo se puede

construir una cultura científica que relacione de manera menos instrumental la cultura social y el conocimiento científico? (ibíd.).

Como punto de partida se establece a los estudios histórico críticos como recontextualización de saberes científicos, donde se ponen en diálogo diferentes autores más que hacer exégesis⁵ a los textos, ya que el fin que se perseguiría según la línea temática que se está trabajando es estructurar las problemáticas relacionadas a lo científico desde una nueva mirada, es decir, mirar viejos problemas con nuevos ojos. Para configurar esta mirada de las ciencias se recurre a los escritos originales como fuente primaria de indagación. Para este fin se proponen cuatro características: en primer lugar entender que los conceptos que se dan como acabados, tuvieron una génesis y un proceso de consolidación, que teniendo esto en cuenta se puede flexibilizar la visión de ciencia que se difunda en la clase, la siguiente característica recae en que los textos originales permiten vislumbrar la problemática que le dio génesis a una teoría y de paso también los debates fundamentales de los autores, cosa que no aparece usualmente en los libros de texto, la tercer característica se inscribe en que el estudio histórico crítico de una teoría puede adecuarse perfectamente a responder las dudas que tengan los estudiantes en torno a los principios de una teoría y por último permite tomar posición frente al uso de los libros de texto en torno a la recontextualización de tal teoría, el esbozo de la problemática, el lenguaje y el cómo se argumenta el rigor de esa teoría respecto a otras (ibíd.).

Los estudios histórico críticos crean escenarios ideológicos para que el docente de física elabore explicaciones, diseñe fenomenologías y formule problemáticas en torno a una teoría, de modo que se pueda poner en claro concepciones de mundo y sistemas de conceptos en torno a la ciencias y en ese sentido poder tener criterios de selección en torno a las temáticas y a la

⁵Se entiende por exégesis el proceso de extraer el significado de un texto dado.

didáctica en el aula de clase, donde el lenguaje medie entre el conocimiento científico y el conocimiento común (ibíd.). En relación a lo anterior la profesora María Mercedes Ayala (2006) puntualiza:

“La recuperación, explicitación y análisis de las diversas formas de abordar los fenómenos físicos genera un nuevo y amplio espacio de posibilidades para la estructuración de la física que se pretende enseñar en los dos sentidos: en cuanto a la definición de problemáticas a abordar en los cursos de física y en cuanto a la configuración de actividades y criterios para orientar los procesos de conocimiento de los estudiantes en torno a éstas.”

A partir de lo que se ha dicho en relación con los estudios histórico-críticos se puede reflexionar que es importante pensarse la tarea profesoral desde una perspectiva crítica y práctica en la cual se intervenga de manera directa en la socialización de saberes científicos; los docentes en el ámbito de las ciencias deben desmitificar las teorías y no ser autocomplacientes con lo que se enseña, en pocas palabras, no estancarse y de paso limitarse a un libro de texto; una alternativa a lo anterior se recoge en los estudios histórico-críticos, en los cuales al hacer uso de textos originales se generan esquemas explicativos novedosos que muestran al estudiante una claridad en torno a las teorías, sin embargo este trabajo sería vacío sino se recontextualizan los saberes con conocimiento de las políticas y problemáticas educativas sobre las cuales se enmarca. Todo esto para llevar una educación pertinente a la escuela, no ajena al conocimiento común del estudiante y lo más importante, permitir que el estudiante manipule y deconstruya la teoría en la vía de poderlo orientar desde cosmovisiones en específico, de manera que encuentre a la ciencia como algo que verdaderamente se puede reflexionar y no es un objeto “duro” del cual no se puede dudar.

2. RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES EN LAS CIENCIAS

En cuanto a la recontextualización, se tiene que en principio se reconoce a la escuela como primer escenario natural que recontextualiza, a partir de esto en el trabajo se pretende poner en juego una buena descripción de este concepto y a partir de ello ponerlo en el escenario educativo desde el enfoque de trabajo y realizar así el ejercicio de estudio de caso propuesto.

Recontextualizar quiere decir situar, insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto (Granés & Caicedo, 1997); el discurso en la enseñanza de las ciencias está recontextualizado, sin embargo dicha recontextualización obedece a políticas estatales y organismos de gobierno que poca pertinencia tienen en relación con la producción de conocimiento científico. Ahora bien, desde otra mirada se puede pensar la recontextualización con otras virtudes, a saber, por un lado, que el profesor de ciencias tenga conocimiento amplio de la formación y desarrollo de las teorías, su sistematización y su pertinencia en la contemporaneidad y la manera de trabajarla en el aula de clases y, por otro hacer propuestas curriculares para empezar a modificar la intencionalidad de enseñar ciencias en el contexto latinoamericano.

A continuación se presentarán reflexiones en torno a los contextos de producción y reproducción de saberes científicos basadas en las concepciones de Basil Bernstein y Mario Díaz (1984); desde las cuales se hace una caracterización del concepto de contexto y relacionan la ubicación de la labor docente dentro de un estado nacional, el cual media en torno a la legitimación de ciertas prácticas y conductas a la hora de orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

2.1. CONTEXTO DE PRODUCCIÓN (Comunidades e instituciones científicas)

Con respecto a los estudios histórico-críticos es fundamental estudiar el contexto de producción científica ya que de esta manera se puede entender el mundo social y personal que vive una comunidad de teóricos o el autor que realiza el trabajo que se está analizando; en ciertas ocasiones los mismos trabajos presentan el escenario social, político, económico y cultural de la época, lo cual agiliza el trabajo interpretativo, pero a veces también hay que hacerle rastreo a esos contextos a través de algunas fuentes primarias o secundarias ya que es evidente que no siempre en los estudios históricos el contexto de producción es el mismo contexto de reproducción o recepción. Ahora bien, en cuanto a la recontextualización se tiene como importante el estudio de los contextos de producción científica ya que a través de esto se puede analizar las relaciones discursivas relativas a la producción científica y de esa manera poder leer de modo correcto la intencionalidad del autor al presentar una teoría. Teniendo en cuenta también el contexto de reproducción científica el docente que realiza el trabajo puede hacer un paralelo entre los dos contextos para de ese modo poder traer elementos de los contextos de producción pero también proponer didácticas para presentar de manera novedosa una u otra teoría; es decir el contexto de producción presenta un referente muy importante para el trabajo de diálogo de saberes y de esa manera entender la dimensión social del ser humano que aunque parezca obvio, es dinámica.

2.2. CONTEXTO DE REPRODUCCIÓN (sistema escolar)

Desde la perspectiva en la cual se sintetiza el trabajo de recontextualización se puede asumir al contexto de reproducción como un escenario intencionado en el cual se

institucionalizan y reproducen discursos (científicos para este caso) pensados y socialmente creados, con una clara intervención del estado y sus agencias de recontextualizantes⁶ las cuales configuran maneras de asumir el papel de la escuela y la posición del sujeto frente a esta; sin embargo el papel de estas agencias no se cumple siempre de manera exitosa pues la misma dimensión social del ser humano le implica ser pensante frente a ese tipo de políticas y de esa manera se han propuesto alternativas tales como los estudios históricos y la recontextualización de saberes en esa misma línea de acción. Este contexto de reproducción legítima competencias específicas que van de acuerdo a la moral y principios dominantes de la sociedad, a través de la construcción de experiencias en torno a las formas políticas, económicas y culturales predominantes en la sociedad y las cuales regularan no solo la vida académica sino también lo prepararán para asumir su vida adulta y profesional desde una manera específica de comprender el mundo.

En este orden de ideas, el papel del docente de ciencias debe primero ser crítico, pero no en el sentido de asumir que todo está mal y se quiera buscar la solución a todos los problemas educativos, más bien es de tener un criterio de cara al contexto en el cual desarrolla su labor, en el caso específico de Latinoamérica, donde sus países encuentran contextos sociales similares (esto sólo se dice en términos de la caracterización mas no de la manera de intervenir ya que cada país tiene sus propias dinámicas), con una división social del trabajo del mismo modo bastante similar y en los cuales el estado regula las relaciones sociales a través de sus aparatos

⁶Desde la perspectiva de Basil Bernstein y Mario Díaz, las agencias recontextualizantes se consideran como instituciones del estado que regulan las políticas educativas, específicamente los ministerios, secretarías, banco mundial, FMI, entre otros; donde es sabido que todos estos tienen acción directa sobre lo que se puede considerar objeto de conocimiento y de esa manera hacer control sobre la educación de los países latinoamericanos, en especial.

ideológicos⁷, los cuales responden de manera limitada a los intereses propios del país y más bien le dan preponderancia a otras entidades. La escuela infortunadamente está ligada a la reproducción de técnicas (leer, escribir, hablar algún idioma, etc.), incluso a la instauración de valores relacionados con el respeto a las relaciones sociales del trabajo e incluso a una simbología nacionalista que no reviste significación para los miembros de la comunidad y en resumen no responde en una medida satisfactoria a la emancipación intelectual de sus estudiantes.

2.3 LA RECONTEXTUALIZACIÓN OFICIAL DE LA TEMÁTICA “ESTRUCTURA DE LA MATERIA” EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

Haciendo referencia a los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales (MEN, 2010), en lo correspondiente a los grados sexto y séptimo el estudiante debe describir diferentes modelos de estructura de la materia, no especifica ninguno en particular, sin embargo es bien conocido que en los libros de texto se le da mayor preferencia a los modelos corpusculares y específicamente a los de Dalton, Rutherford y Bohr. Los cuales, además, se presentan como modelos estáticos y deterministas de la materia. La cuestión no es develar porque estos modelos son los más difundidos aunque ya se puede sin necesidad de ser muy meticuloso entender que dichos modelos se desarrollaron en comunidades con poder social y político; y además se presentan con modelos visuales y modelos aritméticos sencillos que

⁷ Aquí es necesario explicar que “el contexto de reproducción” (sistemas escolares en sus diferentes niveles) no ha estado siempre subordinado al estado. El sistema educativo fue primero constituido como una agencia de control simbólico controlado por la Iglesia, siendo más tarde dependiente del campo de producción y del estado. Bernstein sintetiza estas relaciones en el siguiente párrafo: “inicialmente cuando la educación como agencia especializada y separada se constituyó en Europa estuvo subordinada la Iglesia. El conflicto durante el período preindustrial se centró sobre la independencia en la educación de la Iglesia. La autonomía de la educación de la Iglesia fue seguida por la creciente dependencia de ésta del modo de producción y, así del Estado” (Bernstein 1977: 186).

facilitan la práctica de técnicas matemáticas, pero ello no garantiza comprensiones ni construcciones en los estudiantes.

Ubicados en la educación media, en la parte de *procesos químicos* se tienen cuatro ideas básicas de cómo el estudiante debe asumir la estructura de la materia; claramente de nuevo se ve tan solo la perspectiva del corpúsculo, entonces el ministerio en sus estándares(MEN, 2010) dice:

“...<<Explico los cambios químicos desde diferentes modelos.>>

<<Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza>>

<<Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo>>

<<Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías>>...”

En ese sentido se plantea la propuesta de este trabajo, ya que se quiere proponer una alternativa a lo que los estándares dan como supuesto en torno a la enseñanza de la estructura de la materia en la educación básica y media; esta alternativa se plantea desde el estudio histórico-crítico y recontextualización de la teoría de la estructura atómica de Roger Boscovich donde de manera novedosa para la época (1758) un modelo basado en la interacción de puntos matemáticos de fuerza a través de unos principios dados que se expondrán más adelante; lo importante de la propuesta es la construcción de maneras de ver el mundo de los estudiantes y cómo articular esto con lo que se aprende en otras áreas .

3. CRITERIOS PARA EL USO Y SELECCIÓN DE FUENTES

Toda la teorización y reflexión que se hará con respecto al tema de las fuentes primarias (textos originales) será tomado del texto *introducción a la historia de las ciencias* del físico danés Helge Kragh donde se recogen bastantes explicaciones y fundamentos de la historia de las ciencias, por ejemplo se encuentran algunos elementos de teoría de la historia, estudio de las fuentes, enfoques para construir la historia de las ciencias, entre otros aspectos importantes. Específicamente para los propósitos de este trabajo, se encuentra con un apartado llamado *las fuentes* y otro llamado *evaluación de las fuentes* que es sobre los cuales se centrará el análisis.

Una fuente es un elemento creado que solo tiene su carácter *informativo* cuando se le es concedido por el historiador a través de preguntas a partir de ciertas hipótesis de trabajo, esta información suministrada por la fuente surge sólo de la relación historiador-fuente, es decir, no es algo universal ya que para cada quien, la fuente puede revelar diferentes cuestiones (incluso contradictorias). Concretamente la historia de las ciencias no puede existir sin las fuentes y su correcta escogencia y evaluación que dependerá del criterio del historiador. Las fuentes que se usarán en la construcción del escrito serán totalmente simbólicas, pues son las más inmediatas y sencillas de conseguir, esto no le hará perder el rigor al trabajo.

Realmente el análisis del criterio y selección de las fuentes consiste en determinar la independencia y fiabilidad de las fuentes. En ese sentido se pueden distinguir entre dos tipos de fuentes; primarias y secundarias; las fuentes primarias se caracterizan por proceder de la época sobre la cual se busca la información y en ese sentido tiene relación con la realidad social, política, económica y cultural de ese momento. Por otro lado, la fuente secundaria es de una época posterior sobre la cual recae el estudio y se basa en fuentes primarias para la consolidación

de sus afirmaciones. La diferencia entre fuentes primarias y secundarias es totalmente imprecisa ya que para algunos fines se es necesario que una fuente sea secundaria y para otros considerada como una fuente primaria; por ejemplo si se quiere hacer un estudio de la teoría de Newton se puede utilizar como fuente secundaria *la estructura de las revoluciones científicas* de *Thomas Kuhn*, pero si por otro lado se quiere realizar un estudio del enfoque histórico-epistemológico de las ciencias este libro podría ser una buena fuente primaria.

El problema más usual con relación a las fuentes es asumir la poca fiabilidad que a veces estas puedan poseer ya que no siempre se tienen los manuscritos originales de los autores sino más bien ediciones que a veces acomodan el escrito aun sin ningún consentimiento; en últimas las fuentes primarias a veces no son tan “primarias”, desde luego esto no constituye una barrera para hacer los estudios históricos sino mas bien es un factor a tener en cuenta, otro caso es cuando se tiene una fuente primaria fidedigna pero en un idioma diferente de la propia del historiador, en el proceso de traducción probablemente se reinterpretará de diferente manera el espíritu del trabajo, por eso autores como Kuhn (1970) hablan de la intraductibilidad de las teorías, a este respecto se dice:

“En resumen, la traducción supone compromisos que alteran el mensaje. El traductor debe decidir que alteraciones son admisibles. Para ello se tiene que saber cuáles son los aspectos del original que es más importante preservar, así como tener algún conocimiento sobre la educación previa y la experiencia de sus futuros lectores. Por consiguiente, no sorprende que hoy en día siga siendo una cuestión todavía abierta y muy profunda de la división de lo que es una traducción perfecta y cuánto puede acercarse a este ideal una traducción real”.

Esto de la traducción se enuncia por el carácter que tiene el trabajo a realizar con el estudio de caso de la teoría de Roger Boscovich; entonces de acuerdo con lo dicho se puede

pensar en que la traducción no es *negativa* para el trabajo en cuanto el historiador tenga el criterio para decir que no sólo es importante entender la teoría por si misma sino también tener la capacidad de comunicarla a quien no ha hecho el mismo estudio riguroso; simplemente es tener cuidado con los términos antiguos que han sufrido cambios durante la época y tratar de ser lo más claro posible en el análisis.

4. PANORAMA DE LAS CONCEPCIONES DE LA MATERIA PARA LA ÉPOCA CERCANA A BOSCOVICH, EL CASO DE BOYLE, NEWTON Y KANT.

Para este análisis se utilizó como referente el texto de Bernard Pullman llamado “*el átomo en la historia del pensamiento humano*” (2010), desde ahí se planteó el panorama en relación con las concepciones de estructura de la materia más influyentes en la época en las cuales Roger Boscovich surgió como teórico de diferentes disciplinas.

4.1 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE BOYLE

En su libro *Química, Física y Filosofía Mecánica* (1985), escrito por Robert Boyle en 1661, representa un programa de su teoría corpuscularista resumida en una cantidad de ítems que serán relacionados a continuación con el fin de tratar de completar el panorama que se ha venido esbozando con respecto a la concepción de estructura de la materia en el siglo XVIII, en primer lugar define que existe una sustancia común a todos los cuerpos que es impenetrable, divisible y extensa, esto se asimila a la concepción de materia cartesiana; luego de esto afirma de manera contundente que la variedad de cuerpos existentes en la naturaleza procede del movimiento de sus partes, Boyle concibe al movimiento como característica primaria de los cuerpos, es importante recordar que el origen del movimiento ha sido también uno de los temas de mayor discusión a través de la historia, para unos es congénito a la materia y para otros, como Descartes, procede de la voluntad de Dios.

En adición a los dos principios anteriormente nombrados, a saber, materia, que es divisible, y movimiento, Robert Boyle define dos propiedades primarias de los cuerpos, tamaño y forma que no se entienden desde la entidad de las cosas sino más bien desde atributos

mecánicos. Una vez reconocidos estos atributos ya se puede entonces hablar de la posición y orden de los corpúsculos como otro par de *afecciones*, Boyle argumenta estas cualidades de manera ontológica, es decir que no es necesario que el ser humano tenga interacción con todas para asumir su existencia, ya que en lo que sigue del texto se definen las cualidades secundarias de los cuerpos (sensibles).

Las cualidades secundarias son concepciones humanas acerca de los cuerpos que pueden por un lado ser construidas a partir de la experiencia previa de quien conoce o por otro lado como una manifestación de las concepciones primarias de los cuerpos. Las cualidades sensibles de los cuerpos también son intrínsecas a los mismos sin necesidad de que el hombre los perciba y existen gracias a movimientos locales de sus partes o cambios de textura de estos, un ejemplo claro es un pedazo de hielo, este en realidad es una cantidad de agua a cierta temperatura que cuando interactúa con el ser humano causa una sensación de frío. En particular, la forma de los cuerpos se debe a la unión de todas las cualidades que lo conforman.

Hay elementos de materia indivisibles, estos son los *minimanaturalia* que son ocultos a los sentidos humanos, por ejemplo Boyle dice que si se toma una cierta cantidad de mercurio y se pulveriza este seguirá siendo mercurio y tomará una diferente forma a la que tenía antes; a partir de esta base, Robert Boyle presenta un programa mecanicista de los fenómenos, bien sea por choque de átomos en el vacío o por contacto directo, entonces se puede concretar la imagen de Boyle constituida por una materia con 3 características primarias: divisible, impenetrable y extensa y que así mismo está constituida por átomos indivisibles que poseen posición y orden. A partir de esto Boyle pudo organizar toda su química mecanicista. Por ejemplo, en el *Químico Escéptico* (1661) define el concepto de elemento a partir de cuatro proposiciones que a continuación se van a mostrar y a relacionar con lo que se ha venido diciendo respecto a Boyle.

En primer lugar se afirma en el texto que no es absurdo pensar que los cuerpos mixtos (compuestos) de los que están hechas las partes del universo no puedan ser divididos en pequeñas partículas de gran cantidad de tamaños y formas que se mueven variablemente, a partir de esto tampoco es imposible entonces afirmar que esas diversas y diminutas partículas, vecinas entre sí, y asociadas a diminutas masas o agrupaciones; a través de colisiones constituyen una gran cantidad de concreciones primarias las cuales no son fácilmente separables en sus partículas constituyentes; entonces, después de afirmar el comportamiento de las partículas y a través de qué mecanismo se puede pensar en la constitución de la materia, Boyle pasa a afirmar que el no debería negar que los cuerpos mixtos (compuestos) que participan en la naturaleza, con ayuda del fuego se pueda obtener una determinada cantidad de sustancias que pueden ser denominadas de diversas maneras, en ese sentido Boyle habla de los compuestos como elementos secundarios que tienen propiedades y además tienen la capacidad de ser también elementos constitutivos de materia. Entonces para cerrar las afirmaciones en la primera parte del Químico Escéptico, Boyle presenta que se podrá conceder igualmente a estas distintas sustancias, que están compuestas, sin ninguna dificultad el apelativo de “los elementos” o “principios”.

4.2 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE NEWTON

En el texto titulado *Opticks* (1979) publicado en 1704, Isaac Newton presenta en la cuestión 31 una idea del comportamiento de la materia a nivel estructural basada en la noción de fuerzas entre los elementos constituyentes de la materia. Concretamente Newton afirma que las pequeñas partículas de los cuerpos actúan no solo sobre los rayos de luz al causar los fenómenos de reflexión, refracción e inflexión sino que también la gran mayoría de fenómenos naturales, en particular los analizados en la física y la química, en este apartado Newton introduce fuerzas atractivas de carácter eléctrico y magnético, además de la ya conocida fuerza de gravitación, las

cuales muestran la tendencia y curso de la naturaleza aunque el autor afirma que no se va a dedicar a decir cómo suceden esas atracciones. Con respecto a las fuerzas atractivas Newton dice que se dan por impulso u otro modo que él no se atreve a decir, sin embargo en general la atracción se refiere a que un cuerpo se acerque a otro sin importar su causa. Las atracciones gravitacionales, eléctricas y magnéticas llevadas a cabo a distancias sensibles pueden ser observadas por el ojo del hombre pero por otro lado hay otras atracciones que se escapan a la observación.

Después de esto Newton pasa directamente a ocuparse de los fenómenos de la química y particularmente a la estructura de la materia. De hecho describe una cierta cantidad de reacciones químicas, que quedan todas reducidas a la acción de una fuerza actuando entre las partículas de las diversas sustancias que las componen. Newton afirma textualmente: "cuando la sal de tártaro se disuelve per deliquium ¿acaso no se debe a la existencia de una atracción entre las partículas de la sal de tártaro y las partículas de agua que flotan en el aire en forma de vapor?" (Newton, 1979). O más adelante: "el hecho de que las partículas ácidas, que aisladas se destilan con un calor suave, no se separen de las partículas del metal sin un calor muy violento, ¿acaso no confirma la existencia de una atracción entre ellas?" (ibíd.)

Las fuerzas de las que habla Newton en la Cuestión 31 en los fenómenos de la filosofía mecánica, no fueron limitadas a ser relacionadas con fenómenos conocidos por el humano y a los cuales se les podía asociar fuerzas similares a la de gravitación, pues Newton afirma que "del mismo modo que en álgebra, donde se desvanecen y cesan las cantidades positivas comienzan las negativas, así en mecánica donde cesan las atracciones ha de aparecer una virtud repulsiva" (ibíd.). Y esta virtud repulsiva, que no es otra cosa que una fuerza de repulsión entre partículas, puede inferirse de un interesante conjunto tanto de fenómenos naturales como de hechos

experimentales, que incluyen la emisión de la luz, la producción de vapor, el hecho de que las moscas puedan caminar sobre el agua sin mojarse las patas, que los objetivos de grandes telescopios estén uno sobre otro sin tocarse y el conocido fenómeno de las dos placas de mármol pulimentado que no se juntan lo suficiente.

Isaac Newton plantea que es muy probable que Dios crease la materia en forma de partículas sólidas, con forma, movimiento, entre otras características que permitía que hubiese una armonía y una buena proporción con el espacio, estas partículas primarias eran irrompibles y además de eso no se desgastaban y en ese sentido ningún poder humano podía separar lo unido por Dios. Por tanto, la esencia de las cosas depende de la estructura primitiva de las partículas, en ese sentido los compuestos o las combinaciones de las partículas consiste en separaciones, uniones o movimientos de estas; en una primera mirada se puede asumir que Newton le daba a sus partículas características que ya se les habían asignado con los atomistas antiguos, sin embargo el introduce la idea de inercia en los sistemas de partículas. Newton también supone ciertas cosas con respecto a uno de los principios de la teoría atómica antigua, a saber, la existencia del vacío, para Newton se podía considerar que en los espacios interestelares había un éter granular que se presumía que entre cada una de sus partículas existía una especie de vacío, en consecuencia se puede asumir que Newton toma como base el argumento de Demócrito donde se reconoce la imposibilidad del movimiento en un medio totalmente lleno.

En concreto se puede evidenciar que Newton apoya los dos principios fundamentales del atomismo antiguo, esto es, la estructura corpuscular de la materia y lo segundo, la existencia del vacío. Sin embargo está en contra de darle un papel determinante al azar en la manera de ver el mundo ya que desde su construcción asume que Dios no se limitó a crear el mundo y contemplarlo sino más bien que también lo dirige para su buen funcionamiento. En este sentido

se hace notoria la influencia de las ideas atomistas incluidas en los textos bíblicos atribuidos a Moisés. En este punto vale resaltar uno de los aportes más significativos y que ha dado para discusiones durante siglos, la ley de gravitación universal, la cual vale la pena recordar que afirma que dos cuerpos se atraen con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, esto claramente se puede aplicar a escala muy grande o infinitamente pequeño.

A nivel atómico puede asumirse esta ley de gravitación universal como la responsable del enlace químico y por tanto de la constitución de moléculas, esa y otras características de la ley de gravitación universal han sido ignoradas o poco apreciadas, por ejemplo él no considera a la gravedad como una propiedad de los cuerpos ya que le parece irracional que dos cuerpos actúen a distancia y a través del vacío sin ninguna clase de emanación⁸; en cambio propone que este tipo de acción a distancia es obra de fuerzas extrínsecas provenientes de Dios, ya que en últimas el carácter de la fuerza en términos concretos para el caso práctico es puramente matemático pero en realidad se puede asumir que Dios es quien impregna la materia para manifestar dicho comportamiento.

En adición también se puede decir sobre la ley de gravitación universal que si bien describe manifestaciones a nivel macroscópico aún no hay posibilidad en esa época de saber si también es

⁸Respecto a esto Faraday en su carta a Taylor dice: “Antes de concluir estas especulaciones, me referiré a unas cuantas de las diferencias importantes entre la suposición de átomos que consisten meramente de centros de fuerzas, como los de Boscovich, y aquella otra suposición de las moléculas como algo especialmente material que tiene adheridos poderes en sí mismo y a su alrededor.

Con los últimos átomos una masa de materia consiste de átomos y espacio intermedio, con los primeros la materia está presente en todas partes y no hay espacio intermedio que carezca de ella. En los gases los átomos se tocan entre sí de una manera tan cierta como lo hacen en los sólidos. Al respecto, los átomos de agua se tocan unos con otros ya sea que esa sustancia esté en la forma de hielo, agua o vapor; ni el mínimo espacio interviniente está presente. Indudablemente los centros de fuerza varían en su distancia de uno a otro, pero lo que es realmente la materia de un átomo toca la materia de sus vecinos.”

aplicable a las partículas primarias, incluso Newton presupone que deben haber leyes de una naturaleza similar que actúan entre los corpúsculos.

4.3 ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE KANT

En Opúsculos de Filosofía Natural (1992) escrito por Kant entre 1755 y 1768 en su etapa pre-crítica, el autor presenta cinco opúsculos⁹ los cuales son *Sobre el fuego*, *Monadología física*, *Del movimiento y el reposo*, *Las magnitudes negativas* y *Las regiones del espacio*. Particularmente para los intereses del trabajo se ampliará en única medida el apartado *Monadología física*. Este apartado está dividido en dos partes y está construido a través del método académico de la época, es decir estructurado en proposiciones, corolarios y escolios. Tal como lo afirma el mismo Kant su objetivo fundamental es el análisis de las relaciones entre la geometría y la filosofía trascendental (metafísica).

Entrando en materia, Kant inicia definiendo lo que será su partícula fundamental o mónada la cual no consta de partes y puede estar aislada de las demás, entonces en ese sentido se puede decir que los cuerpos están formados por mónadas, por otro lado define lo que es el espacio donde están estas mónadas y lo caracteriza con una substancia que carece de parte y que por tanto puede ser divisible al infinito, esto lo demuestra a partir de lo siguiente:

⁹Tratado científico o literario de corta extensión.

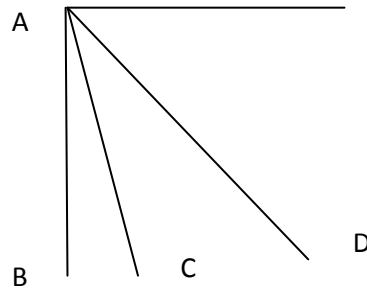
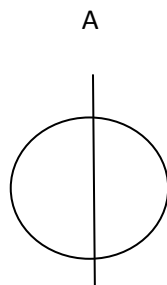


Ilustración 1 figura del teorema de la divisibilidad al infinito del espacio

Del punto A se traza una línea física hasta B y luego se hacen pasar oblicuas por el punto A a las que se le denominaran C, D, etc, cada vez se le irán haciendo pasar más y más oblicuas por el punto A hasta que parezcan muy apretadas que casi ni se distinguan unas de otras, pero Kant dice que prolongando la recta AB y así mismo C, D y las demás oblicuas que se tracen se verá de nuevo la divisibilidad del espacio, con esta posibilidad y de manera muy simple Kant demuestra que un espacio geométrico como lo es un plano o una superficie puede ser dividida al infinito y por tanto no contiene mónadas.

Seguido a lo anterior Kant afirma que el espacio es susceptible de ser llenado por las mónadas sin perjuicio de su simplicidad, esto lo demuestra al asumir que cada mónada tiene una esfera de actividad que le impide que otras mónadas ocupen su espacio de manera simultánea con este, esta esfera de actividad es posible sólo por la existencia de otras mónadas y es lo más cercano a hablar de fuerza.



B

Ilustración 2 gráfico de la esfera de actividad de una mónada.

En el gráfico 2 se tiene una representación de la esfera de actividad de una mónada en la cual la recta AB representa el campo de acción de la mónada con respecto a las demás circundantes, en este punto la idea de vacío desaparece. La fuerza entonces, se puede asociar al espacio que ocupa la mónada, lo cual conduce a hablar de la idea de impenetrabilidad, la cual se entiende como una cualidad del cuerpo que permite apartar a los demás cuerpos. Esquemáticamente, Kant lo presenta en el siguiente gráfico a la base de la ilustración 2:

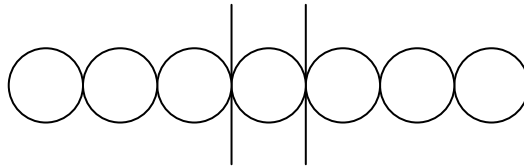


Ilustración 3 Concepción de impenetrabilidad desde Kant

La existencia de cada mónada designa un lugar en virtud de la esfera de acción anteriormente mencionada y esta esfera está acotada por cada par de líneas como es mostrado en la ilustración, las mnadas nunca entrarán en contacto entre sí, sin embargo sus esferas tendrán un contacto superficial y ya que la esfera de acción no permite que haya compenetración, entonces se puede hablar de la afección conocida como impenetrabilidad. Luego de definir lo que sería una fuerza repulsiva que permite construir la noción de extensión, se tiene ahora que la impenetrabilidad se

concibe como la interacción atractiva entre partículas, entonces este modelo al igual que el de Boscovich presenta una concepción de mundo en el cual fuerzas atractivas y repulsivas conviven.

Tal como lo afirma Orozco (1999):

“las ideas de la material serán revisadas y refinadas en el contexto de la Crítica de la Razón Pura. Allí se procederá a establecer los principios sintéticos a priori correspondientes y se argumentarán cuatro tesis centrales, a partir de las cuales es posible derivar una teoría de la materia consistente con la experiencia aunque no subordinada a ella, estos principios son:

- 1. Los datos obtenidos de la percepción pueden ser objetos de la experiencia sensible solo a través del movimiento empírico.*
- 2. El movimiento empírico, como descrito en 1, es causalmente explicado por fuerzas de atracción y repulsión, conteniendo el carácter metafísico fundamental de la materia.*
- 3. Tales fuerzas causales, como en 2, tienen que ser material de conceptualización a través de juicios teóricos para que una ciencia de la naturaleza corpórea sea posible.*
- 4. Los datos provenientes de la percepción pueden ser objetos de la experiencia sensible solo a través del poder unificador de los juicios científicos.”*

Esto anterior ilustra muy bien cómo, en relación con la recepción y recontextualización de las ideas de Newton, se manifiesta preocupación con respecto a la naturaleza última de la materia en la Europa continental. Una preocupación que, como en el caso de Boscovich, dará lugar a teorías de la materia con altos grados de complejidad y poder explicativo.

5. ESTRUCTURA DE LA MATERIA DESDE LA COSMOVISION DE ROGER BOSCOVICH (1711-1787)

En la obra principal de Roger Boscovich, Teoría de Filosofía Natural (1753), se pueden destacar una serie de afirmaciones relacionadas con su teoría de la estructura de la materia que permiten caracterizar su visión de mundo. En primer lugar se puede considerar a la teoría de Boscovich como un diálogo entre la teoría de la acción a distancia de Isaac Newton y la teoría de las mónadas de Gottfried Leibniz; ya que en su teoría considera que la materia está compuesta de puntos inextensos que actúan bajo la acción mutua que varía en relación a la distancia entre las mismas en cualquier punto del espacio, sin embargo, con respecto a la teoría de Leibniz se considera que la materia no está compuesta por puntos inextensos consecutivos sino como se dijo anteriormente hay siempre una distancia entre los puntos. Ahora bien, ¿Cómo se puede considerar el no contacto entre puntos?, desde el planteamiento de Boscovich, y como se verá más adelante, los puntos que componen la materia conviven bajo la acción mutua entre fuerzas repulsivas y atractivas dependiendo de la distancia entre cada par de estos, a distancias relativamente pequeñas la fuerza es repulsiva y a medida que va creciendo esta distancia la fuerza se vuelve atractiva, en este sentido, más que considerar a la naturaleza con una voluntad, Boscovich asume que así es el verdadero comportamiento de esta.

Ahora bien, después de realizar una lectura de la teoría se pueden destacar ciertas afirmaciones centrales que permiten entender de mejor manera, a continuación se afirmarán y se dejará para los anexos unas citas textuales (traducidas) relacionadas con dichas proposiciones.

- i) Existe una sola clase de partículas elementales, todas idénticas.
- ii) Estas partículas materiales son puntos-centrales de acción permanentes y cuasi materiales, números finitos de ellos constituyen sistemas finitos macroscópicos;

- iii) Dichas partículas elementales obedecen una ley de interacción oscilatoria (alternativamente repulsiva y atractiva), dependiendo de la distancia entre cada par de estas partículas y se representa a través de una curva geométrica continua.
- iv) Esta ley permite combinaciones estables y órbitas de tamaños definidos.
- v) Esta ley, cuyas constantes son determinadas experimentalmente, cubre la entera variedad de propiedades físicas y químicas.
- vi) Es una ley preferentemente cinemática y la masa es introducida como un número puro.

La literatura que considera la idea de estructura de la materia desde Boscovich no es sencilla de encontrar, debido a esto se decidió por un lado trabajar desde la conceptualización que se hizo con la lectura del texto *A Theory of Natural Philosophy* (Boscovich, 1922) y por otra desde un texto del profesor Dragoslav Stoiljkovic¹⁰¹¹ titulado *Roger Boscovich, the founder of modern science* (Stoiljkovich, 2015), a su vez sin dejar de lado las indagaciones con respecto a Boyle, Newton y Kant, desarrolladas anteriormente.

La teoría de Roger Boscovich habla de una *única ley de fuerzas que existen en la naturaleza*, es decir cómo se afirmó anteriormente esta teoría buscaba explicación a todos los fenómenos de la naturaleza hasta esa época analizados a través de un único concepto de fuerza,

¹⁰ El profesor Dragoslav Stoiljkovic es jubilado de la Universidad de Novi Sad en Serbia, sus principales contribuciones se concentran en química en la rama de petroquímicos, polímeros y plásticos en general para la industria.

¹¹ A primera vista se podría pensar que la construcción del libro del profesor Stoiljkovich es una cuestión de posicionamiento de la teoría de la estructura de la materia de Boscovich por ser coterráneo de este último, un ejemplo similar puede ser en relación a la afirmación de Lomonosov por parte de los rusos como el precursor de la ley de la conservación de la materia y el movimiento, en vez de Lavoisier. Sin embargo es bastante interesante observar como desde las esferas científicas más dominantes, en este caso Inglaterra, se haya valorado el hecho de resaltar que la teoría de Boscovich está vigente y por eso la razón de la traducción al inglés de dicho libro.

donde fuerza es considerada como una propensión en si más que un modo de acción, un ejemplo ilustrativo que se trata en el texto es del de un resorte así:

*“in bent springs we have an illustration of that kind of mutual force that varies according as the distance varies, & passes from a propensity to recession to a propensity to approach, and vice versa. For here, if the two ends of the spring approach one another on compressing the spring, they acquire a propensity for recession that is the greater, the more the distance diminishes between them as the spring is compressed. But, if the distance between the ends is increased, the force of recession is diminished, until at a certain distance it vanishes and becomes absolutely nothing. Then, if the distance is still further increased, there begins a propensity to approach, which increases more & more as the ends recede further & further away from one another. If now, on the contrary, the distance between the ends is continually diminished, the propensity to approach also diminishes, vanishes, & becomes changed into a propensity to recession. This propensity certainly does not arise from the immediate action of the ends upon one another, but from the nature & form of the whole of the folded plate of metal intervening.”*¹²(Boscovich, 1922).

Boscovich además de afirmar las propiedades y la manera de asumir su única teoría de fuerzas de la naturaleza, propone un modelo geométrico que permite visualizar la teoría, por un lado se advierte que no hay necesidad de ser un experto geómetra ni algo similar para comprender la teoría ya que en el texto se explica cada afirmación en un ejercicio claramente

¹²En muelles comprimidos tenemos una ilustración del tipo de fuerzas mutuas que varía de acuerdo a la variación de la distancia, y pasa de una propensión a la separación a una propensión al acercamiento, y viceversa. Si los dos extremos del muelle se acercan entre sí comprimiendo el muelle, este adquiere una propensión a la recesión que es la mayor, cuanto más disminuye la distancia entre ellos tal como se comprime el muelle. Pero, si la distancia entre los extremos crece, la fuerza de repulsión se disminuye, hasta que en una cierta distancia se desaparece y se convierte en absolutamente nada. Entonces, si la distancia continua aumentando, allí empieza una propensión a acercarse, que aumenta más y más tal como los extremos se alejan más y más el uno del otro. Si ahora, por el contrario, la distancia entre los extremos es continuamente disminuida, la propensión al acercamiento también disminuye, desaparece y llega a ser cambiada por una propensión a la recesión. Esta propensión ciertamente no surge de la acción inmediata de los extremos uno sobre otro, sino de la naturaleza y forma de toda la placa de metal doblada en el proceso.

pedagógico; en primera instancia define cómo considera la mínima porción de naturaleza, estos son, unos puntos matemáticos de acción similares a los descritos en la teoría de Kant anteriormente explicada, aunque cabe resaltar que el texto de Kant es posterior al trabajo de Boscovich, además se destaca en la teoría que no cabe la posibilidad de compenetración entre los elementos. Luego de describir este panorama, Boscovich introduce toda su conceptualización de fuerza y utiliza una curva continua para visualizar el hecho de las fuerzas atractivas y repulsivas convivan entre sí mediadas únicamente por la distancia de separación entre cada par de puntos:

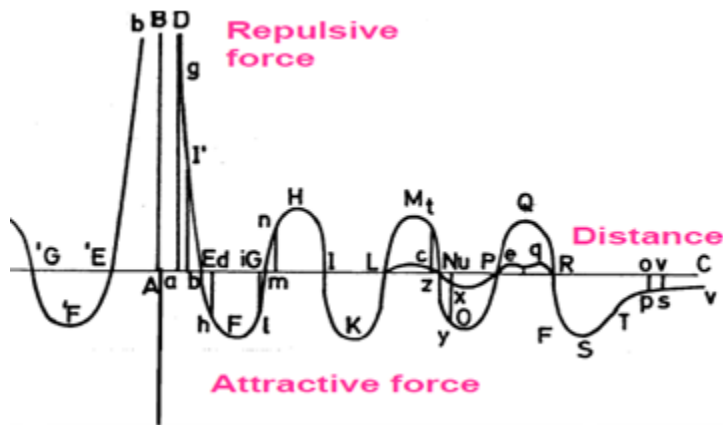


Ilustración 4 Gráfico que esquematiza el tipo de fuerzas de la naturaleza ¹³

El gráfico muestra un esquema del sistema de fuerzas propuesto por el mismo Boscovich en el siglo XVIII, a partir de la explicación de este gráfico se podrá entonces realizar una serie de apreciaciones en cuanto a la vigencia de la teoría y la posibilidad de recontextualizarla en relación a diferentes teorías posteriores. En primer lugar se asume que en el gráfico las llamadas

¹³Tomado de Invited lecture on 11th Conference for young scientists in ceramics Satellite event: ESR COST IC1208 Workshop October 21-24, 2015, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia **From Boscovich's theory to modern quantum theory, Dragoslav Stoiljković** University of Novi Sad, Faculty of Technology (Serbia) E-mail: dragos@uns.ac.rs, **Roger J. Anderton** (UK) E-mail: r.j.anderton@btinternet.com

ordenadas representan la fuerza, puede ser repulsiva si se encuentra arriba del eje de las abscisas (las cuales representan la distancia de separación entre un par de puntos) y atractiva si se encuentra por debajo de estas. En la línea AB hay una asíntota¹⁴ que indica que nunca la distancia entre dos puntos será nula (cero). Boscovich señala con énfasis que hay unos puntos de equilibrio donde los sistemas siempre van a tender, a saber, E,G,I,L,N,P y R en los cuales las fuerzas atractivas y repulsivas se compensan, sin embargo en algunos de estos puntos el equilibrio es estable (cohesión) y en otros es inestable (no-cohesión) al primer grupo pertenecen E,I,N y R ya que como se ve en el gráfico un aumento en la distancia generaría una fuerza atractiva que lo devolvería a su punto de equilibrio y si la distancia disminuye pasaría análogamente lo anterior gracias a la fuerza repulsiva que se va a formar; al segundo grupo pertenecen los puntos G, L y P en los cuales un aumento en la distancia de separación entre las partículas¹⁵ haría que la fuerza repulsiva que se genere va a llevarlas al siguiente punto de equilibrio (es decir si esta en G la fuerza de repulsión lo llevaría a I y así con cada uno de los puntos de no-cohesión). Ya con esta consideración se puede entender un poco más el sistema pero ¿Qué pasa con la fuerza newtoniana?, evidentemente Boscovich reconoce la existencia de la fuerza newtoniana y en su gráfico está mostrada en la curva DV (gráfico 5), al considerar que a una distancia apreciable la fuerza descrita por Newton rige a la naturaleza dentro de sus mismos límites, en el texto de *A Theory of Natural Philosophy* dice textualmente:

“This law of forces differs from the law of gravitation enunciated by Newton in the construction & development of the curve that represents it; thus, the curve given in Fig. 2 (Gráfico 5), which is that according to Newton, is DV, a hyperbola of the third degree, lying altogether on one side of

¹⁴En geometría, línea recta que, prolongada indefinidamente, se acerca progresivamente a una curva sin llegar nunca a encontrarla.

¹⁵La noción de punto o partícula en Boscovich es análogo a lo que Boyle llama Elemento en su texto *el químico escéptico*

the axis, which it does not cut at any point; all the ordinates such as vs, op, bt, ag lie on the side of the axis representing attractive forces, & therefore there is no change from positive to negative, i.e., from attraction to repulsion, or vice versa. On the other hand, each of the laws is represented by the construction of a continuous curve possessing two infinite asymptotic branches in each of its members, if produced to infinity on both sides. Now, from a law of forces of this kind, & with the help of well-known mechanical principles only, such as that a force or motion can be compounded from several forces or motions by the help of parallelograms whose sides represent the component forces or motions, or that the forces of this kind, acting on single points for single small equal intervals of time, produce in them velocities that are proportional to themselves ; from these alone, I say, there have burst forth on me in a regular flood all the general & some of the most important particular properties of bodies, as I intimated above. Nor, indeed, for the purpose of deriving special properties, do I assert that they ought to be obtained owing to some special combination of points; on the contrary I consider the combinations themselves, & prove geometrically what phenomena, or what species of bodies, ought to arise from this or that combination. Of course, before I come to consider, both in the second part and in the third, all the matters mentioned above, I will show in this first part in what way, & by what direct reasoning, I have arrived at this law of forces, & by what argument I have made out the simplicity of the elements of matter; then I will give an explanation of every point that may seem to present any possible difficulty.”¹⁶(ibid.)

¹⁶Esta ley de fuerzas difiere de la ley de gravitación enunciada por Newton en la construcción y desarrollo de la curva que la representa; por tanto, la curva dada en la figura 2, la cual está de acuerdo con Newton, es DV, una hipérbola de tercer grado, posicionada en conjunto sobre un lado del eje, el cual no corta en ningún punto; todas las ordenadas, tales como *ag, vs, op, bt, ag* están en el lado del eje que representa fuerzas atractivas y por consiguiente no hay cambio de positivo a negativo, esto es, de atracción a repulsión, o viceversa. Por otro lado, cada una de las leyes es representada por la construcción de una curva continua que posee dos infinitas asíntotas separadas en cada uno de sus miembros. Ahora, desde una ley de fuerzas de este tipo, y solo con la ayuda de los bien conocidos principios mecánicos. Tales como que una fuerza o movimiento puede ser compuesto de muchas fuerzas o movimientos por la ayuda de paralelogramos cuyos lados representan las componentes de fuerzas o movimientos, o que las fuerzas de este tipo, actúan sobre puntos aislados en únicos y pequeños intervalos de tiempo, produciendo en

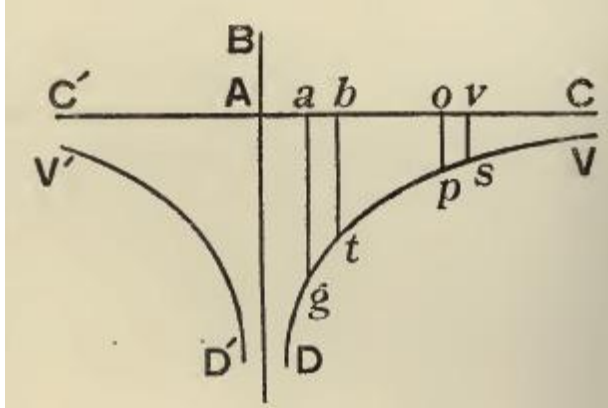


Ilustración 5 parte de la curva boscoviceana que representa el modo de acción desde la gravitación de Newton.

Después de observar lo que pasa con dos puntos sometidos a interacción mutua, el lector podría preguntarse por el problema de los tres cuerpos de modo gráfico, específicamente como es el comportamiento del sistema en condiciones de equilibrio, cuando se consideran los efectos mutuos de tres puntos, se asume que dos de los puntos estarán ubicados en A y B equidistantes de un centro D y el tercer punto ocupará cualquier posición sobre un elipse que representa los

ellos velocidades que son proporcionales a sí mismos. de estos aislados, digo, han estallado en mí en una inundación periódica todos en general y algunos de las más importantes propiedades particulares de los cuerpos, tal como he insinuado anteriormente. Ni, de hecho, para el propósito de derivar propiedades especiales, puedo afirmar que debe ser obtenido a causa de una combinación especial de puntos; por el contrario yo considero las propias combinaciones, y demuestro geoméricamente los fenómenos, o que especies de cuerpos, debe surgir de tal o cual combinación. Por supuesto, antes de considerarlo junto con las segunda y tercera parte, todos los materiales mencionados arriba, mostrare en esta primera parte en qué modo y por cual modo directamente racional, he llegado a esta ley de fuerzas y por cual argumento he construido la simplicidad de los elementos de materia; luego daré una explicación que pudo presentar cualquier posible dificultad.

límites de cohesión del sistema, entonces de acuerdo a la ilustración 6 habrán tantas elipses como límites de cohesión del sistema¹⁷ (Stoiljkovich, 2015), así:

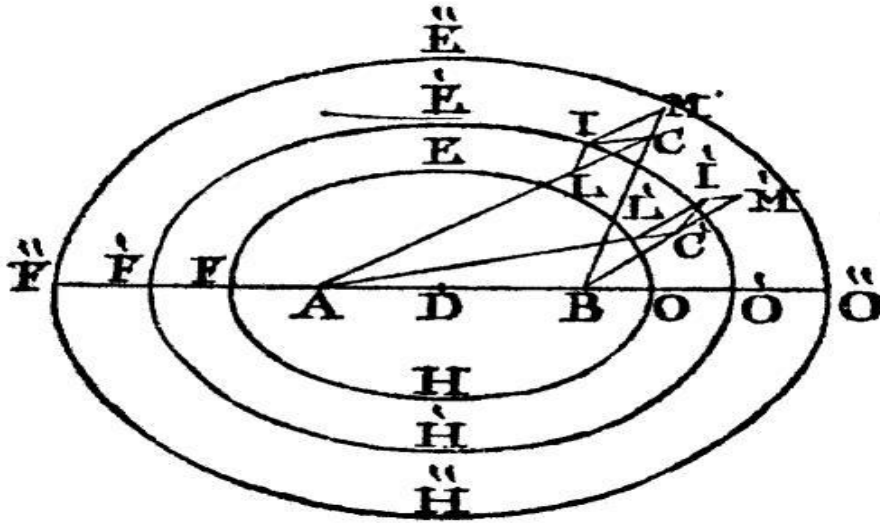


Ilustración 6 Orbitales en la teoría de Boscovich.

Después de descritas estas particularidades de la teoría de Boscovich, se va a ver que esta presenta unas precisiones que desde la óptica de la física enseñada en la escuela y en la universidad sería impensado, es decir llevar a cuestionar afirmaciones que se daban por sentadas, como por ejemplo la cuantización de la energía como una propuesta de Planck, y que normalmente se ve con el modelo de Bohr, la estructura del átomo desde Thomson¹⁸ y en general la explicación a diferentes experiencias que se pueden hacer desde estos modelos.

¹⁷Boscovich se vale de puros argumentos geométricos para demostrar que un eventual tercer punto en un sistema de tres puntos tiene que estar ubicado en cualquier zona sobre una elipse y que los otros dos puntos se ubicaran en los focos de este; en adición es interesante ver como utiliza su curva de fuerza para soportar más sus afirmaciones.

¹⁸Vale la pena resaltar que el objeto de este trabajo no es forzar al lector a creer que Boscovich es el precursor de muchas teorías físicas modernas, al contrario la idea es resaltar las afirmaciones y recontextualización hechas por los mismos científicos de la talla de Bohr, Thomson, entre otros.

Boscovich afirma sobre su sistema, "in mechanics it is known that for a curve, whose abscissas represent distances and ordinates represent forces, then the area (delimited by the curve and abscissa) represents the increase or decrease of the square of velocity"¹⁹ (Boscovich, 1922), acá cuando se habla de velocidad Boscovich se está refiriendo a la velocidad de los puntos matemáticos. En su texto, Boscovich con ayuda de su gráfica de fuerza en función de la distancia de separación (ilustración 4), demuestra que el área bajo cada uno de los arcos son proporcionales a la velocidad al cuadrado²⁰²¹; esto llama la atención en diferentes aspectos, en primer lugar al considerar que la integral $\int F ds$ proporcional al cuadrado de la velocidad de las

¹⁹En mecánica se sabe que para una curva, cuyas abscisas representan distancias y las ordenadas representan fuerzas, entonces el área (delimitada por la curva y la abscisa) representa el crecimiento o decrecimiento del cuadrado de la velocidad.

²⁰En la ilustración 4, deje $Aa = x$, $ag = y$, y considere $x^m y^n = 1$. Entonces esta se puede expresar como $y = x^{-m/n}$ y el elemento de área $y dx = x^{-m/n} dx$: se tiene que la integral de esta última expresión es $\frac{n}{n-m} x^{n-m/n} + A$ donde A es una constante de integración; pero, desde que $y = x^{-m/n}$ entonces deberíamos por consiguiente decir $\frac{n}{n-m} xy + A$, ahora el área es inicialmente A , en el origen de la abscisa, si $n - m$ se considera como un número positivo, y por tanto n es más grande que m , el área será finita, y el valor de A será cero. Además el área será el rectángulo $Aa.ag$ ya que n es mayor que $n - m$. y este rectángulo, considerando a ag grande o pequeño, a su gusto, puede ser de cualquier magnitud. El valor es infinito, si al hacer m igual a n el divisor se hace igual a cero; y por lo tanto el valor de la zona se vuelve aún más infinito, si m es mayor que n . De ahí se deduce que la zona será infinita, siempre que las ordenadas aumentan en una relación inversa simple, o en una mayor proporción; de lo contrario será finito. (Boscovich, 1922)

²¹Sea u la fuerza, c la velocidad, t el tiempo y s la distancia. Entonces será $udt = dc$ ya que el incremento en la velocidad es proporcional a la fuerza en un pequeño intervalo de tiempo. También $cdt = ds$, ya que la distancia recorrida corresponde con la velocidad en un intervalo pequeño de tiempo. Por lo tanto se sigue que $dt = \frac{dc}{u}$ y de manera similar $dt = \frac{ds}{c}$ y por consiguiente $\frac{ds}{c} = \frac{dc}{u}$, y $cdc = uds$. En adición $2cdc$ es el incremento del cuadrado de la velocidad c^2 , y uds sobre la hipótesis de que las ordenadas representan u , y la abscisa la distancia s , es la pequeña área que le corresponde al área atravesada. Por tanto el incremento del cuadrado de la velocidad, en la dirección de la fuerza, y el decrecimiento en la dirección opuesta a la velocidad, es representada por el área correspondiente a ds , la pequeña distancia recorrida en cualquier infinitesimal pequeño intervalo de tiempo, por tanto también, en cualquier finito intervalo de tiempo, el incremento o disminución del cuadrado de la velocidad se representara por el área correspondiente a la parte del eje que representa la distancia recorrida.

Por lo tanto también se deduce inmediatamente que, si a través de cualquier distancia la fuerza sobre cada uno de los puntos sigue siendo como antes, pero el cuerpo en movimiento llega al comienzo de la misma con cualquier velocidad, entonces la diferencia entre el cuadrado de la velocidad final y el cuadrado de la velocidad inicial será siempre el mismo; y esto, por lo tanto será la velocidad final total, en el caso en que el cuerpo en movimiento no tenía velocidad en el inicio de la distancia. Por lo tanto, el cuadrado de la velocidad final, cuando el movimiento es en la misma dirección que la fuerza, será igual a la suma de los cuadrados de la velocidad que tenía en la y a partir de la velocidad que habría adquirido al final, si es que tenía al principio comenzó sin cualquier velocidad; un teorema que vamos a hacer uso de más tarde. (ibíd.)

partículas, conduce inmediatamente a hablar de energía cinética, sin embargo yendo un poco más allá se puede deducir incluso que la energía correspondiente a cada punto de cohesión o no cohesión es discreta es decir ya se daba un primer acercamiento a la idea de *cuantización de la energía*, acá se puede ver de mejor manera:

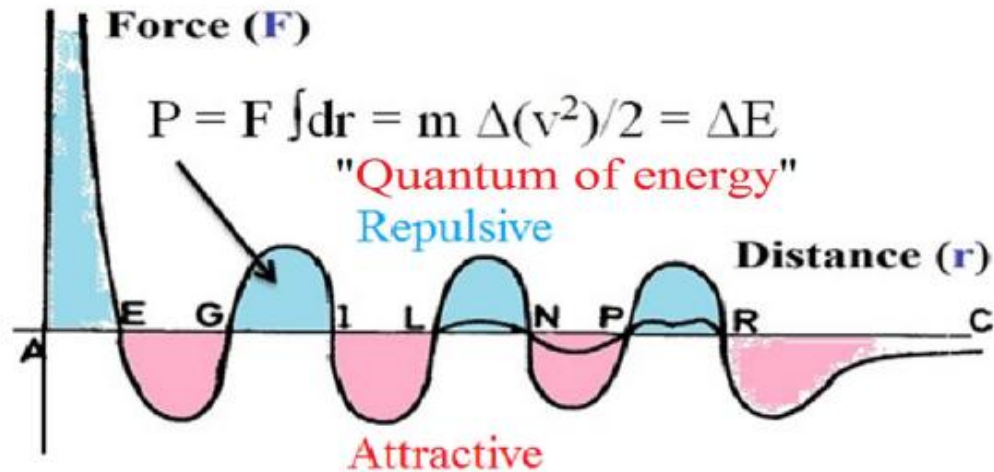


Ilustración 7 Gráfico que representa la *cuantización de la energía en el sistema boscoviceano*.²²

El área P del gráfico representa, como ya se mencionó el cuadrado de la velocidad de las partículas, haciendo un acercamiento a las teorías modernas de la física enseñadas en la escuela en las cuales la energía tiene un carácter discreto, se puede empezar a interpretar el gráfico, en primer lugar, si las áreas delimitadas por arcos repulsivos son menores a las áreas que representan atracción, entonces la partícula alcanza el primer límite de cohesión (E) bajo 3 situaciones:

- Con una velocidad proporcional al área del arco atractivo EG

²²Tomado de Invited lecture on 11th Conference for young scientists in ceramics Satellite event: ESR COST IC1208 Workshop October 21-24, 2015, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia **From Boscovich's theory to modern quantum theory, Dragoslav Stoilković** University of Novi Sad, Faculty of Technology (Serbia) E-mail: dragos@uns.ac.rs, **Roger J. Anderton** (UK)E-mail: r.j.anderton@btinternet.com

- Moviéndose en un círculo de radio AE, y
- Continuamente oscilando alrededor de ese límite.

Sobre esto Boscovich afirma: *“As a passes from one to the other limits of cohesion (or orbitals), a particle will lose or gain exactly a certain amount of Δv^2 ”*²³(Boscovich, 1922). Cuando Boscovich habla de Δv^2 se puede asumir como una cantidad asociada a lo que hoy conocemos con el nombre de energía cinética, entonces lo que acá ahora se llamó como energía o delta de energía es la misma diferencia en las áreas delimitadas por los arcos atractivos y repulsivos. En ese sentido se verá en lo que sigue que la teoría de Boscovich es crucial para la construcción de modelos atómicos y para la construcción de la física cuántica, incluso algunos científicos prominentes aceptan la influencia boscoviceana en sus trabajos.

Recordando que ya se dijo que los modelos predominantes en la enseñanza de las ciencias son de los Thomson²⁴, Rutherford y Bohr; se puede hacer una aproximación a estos y también como ellos mismos en su rol de científicos reflexionaron sobre el papel de Boscovich en la construcción de las teorías modernas de la física, el reto para estos científicos (y muchos más) era poder modelar lo que Dalton había afirmado en relación a que los átomos consistían de atmósferas de calórico atractivas y repulsivas entre sí, dependiendo del caso.

Para efectos de este análisis se aclara que se hablará en primera medida de William Thomson (Lord Kelvin), quien plantea un modelo bastante interesante en la medida que recoge ciertas características que usualmente no se destacan en los libros de física moderna, a saber, tiene en cuenta la existencia de electrones y las emisiones radiactivas, por un lado; y por otro se considera que es un buen ejemplo de lo que es un modelo físico, de 1902 a 1906 fue el modelo que se

²³ Así como pasa de uno a otros límites de cohesión (u orbitales), una partícula perderá o ganará exactamente una cierta cantidad de Δv^2 .

²⁴ J.J. Thomson y William Thomson (Lord Kelvin)

aceptó en gran medida por la comunidad científica y su importancia recae realmente en que su verificación experimental condujo a ciertas modificaciones que conllevaron a la postulación de modelos más precisos, como por ejemplo los que consideraban la existencia del núcleo atómico. El modelo de Lord Kelvin consistía en una esfera de una sustancia con carga positiva dentro de la cual se encontraban los electrones distribuidos uniformemente y que además garantizara que fuera eléctricamente neutro y su radio era cercano al orden de 10^{-10} metros (Cruz-Garriz, Chamizo, & Garriz, 1987).

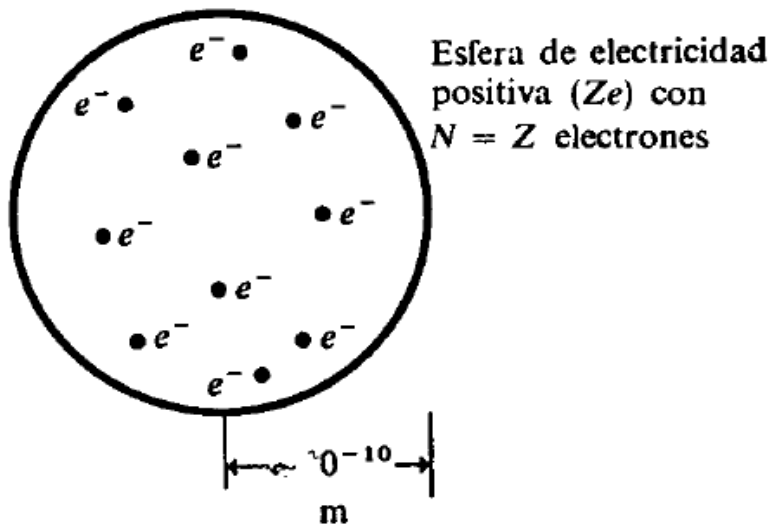


Ilustración 8 Modelo Kelvin-Thomson con Z electrones, conocido como *pudding de pasas*.

El modelo era estable hasta 6 electrones desde el trabajo de Lord Kelvin, más tarde en 1904 y sin citar a Kelvin, JJ Thomson redescubre el modelo y en primera medida no pudo presentar un modelo estable para un Z mayor de 6, entonces lo extiende en 1907, y presentar un modelo de anillos concéntricos para ubicar los electrones en el sistema atómico, realizó un cálculos para 90 electrones, sin embargo ese modelo falló en la medida de que Thomson quiso establecer una relación entre los elementos existentes y los obtenidos por su modelo para

así explicar las periodicidades químicas (ibíd.), el modelo de Thomson-Kelvin no estaba del todo errado sin embargo el experimento de Geiger y Marsden le terminarían dando la razón a otros modelo que postulaban la existencia de un núcleo atómico, o lo que se conoce como modelo *planetario* de los átomos.

J.J.Thomson en 1907 al aceptar que el modelo de Kelvin-Thomson no explicaba algunas experiencias de laboratorio, asumió que la estructura de la materia entonces tenía una geometría similar a la del sistema solar, utiliza el trabajo de Boscovich para construir un nuevo modelo con unas consideraciones nuevas, estos es: *“Suppose we regard the charged ion as Boscovichian atom exerting a central force on corpuscle which changes from repulsion to attraction and from attraction to repulsion several times...”*²⁵(Stoiljkovich, 2015);

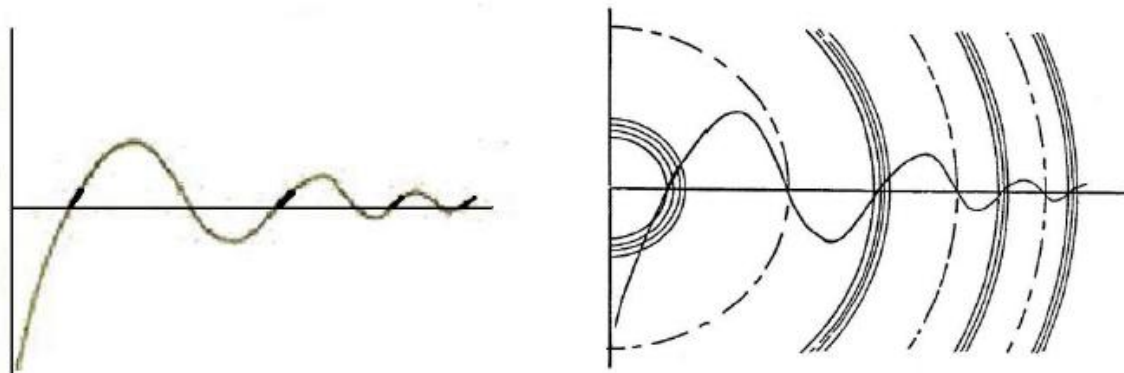


Ilustración 9 La curva de la izquierda según lo declarado por Thomson: Un núcleo con carga positiva del átomo está en el origen de coordenadas y las posiciones de órbitas de los electrones se encuentran en parte en más oscura de la curva. Siguiendo la opinión de Thomson, en la derecha se presentan los orbitales (línea continua) "admisibles" y orbitales "prohibidos" (línea discontinua). La abscisa muestra la distancia del electrón del núcleo y las ordenadas muestran la fuerza: repulsiva (abajo) y atractiva.

La duda entonces era saber cuál era la estructura de la materia apropiada para entender las experiencias de laboratorio, el modelo *planetario* sugirió un mayor éxito en dichas explicaciones,

²⁵ Supongamos que consideramos el ion cargado como un átomo boscovicense ejerciendo una fuerza central sobre el corpúsculo la cual cambia de atracción a repulsión y de repulsión a atracción varias veces.

esto se reafirma luego que Rutherford replicara el experimento de Geiger y Marsden en 1911 y presentara su estructura de la materia, el trabajo de Rutherford era claramente influenciado por Thomson ya que fue su asistente y estudiante. En 1913 Niels Bohr calculó las posibles trayectorias de un electrón tomando como base la idea de que este podía ocupar uno u otro orbital al perder o ganar cierta cantidad de energía, algo que había sido suscitado por Boscovich 150 años antes (Stoiljkovich, 2015). Durante los doscientos años de la publicación de la teoría de Boscovich, Bohr escribió:

*“Boscovich's ideas exerted a deep influence on the work of the next following generation of physicists... Our esteem for the purposefulness of Boscovich's great scientific work, and the inspiration behind it, increases the more as we realize the extent to which it served to pave the way for the later developments”*²⁶(Supek, 2008)

Boscovich fue un gran intelectual y pensador de su época. Fundador de las teorías de la física a nivel micro y macro, su brillantez encarnada en la teoría que se acaba de mostrar puede dar a muchos estudiosos e interesados en la física y la química un incentivo para reconocer y percibir el mundo que los rodea, a reconocer el éxito en muchos niveles de la ciencia moderna y para seguir trabajando y construir un nuevo mundo basado en leyes naturales y valores universales.

“Where Boscovich planted two hundred years ago – other have reaped”.

“Roger Boscovich, S. J., - Forerunner of Modern Physical Theories”,
M. H. Gill and Sons. Dublin, 1941.

²⁶ " Las ideas de Boscovich ejercieron una profunda influencia en el trabajo de la generación siguiente de físicos ... Nuestro estima por la intencionalidad de la gran obra científica de Boscovich , y la inspiración detrás de él, aumenta con mayor razón ahora nos damos cuenta de la medida en que sirvió para preparar el camino para los desarrollos posteriores "

UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MÁS ALLÁ DEL CURRÍCULO (reflexión final)

Para terminar este trabajo y presentar a nivel de reflexión final más que de conclusiones, se puede decir que se logró asumir un papel para los estudios históricos y de qué manera estos pueden renovar la enseñanza de las ciencias. En principio cuando se hizo lectura a los libros de texto de educación básica y media en el ámbito de las ciencias naturales se encontraron algunos detalles que fueron los que ayudaron a construir la problemática del trabajo, después de esto se generaron una gran cantidad de interrogantes con respecto a cómo enfrentar este problema, para esto se indagó y se encontró un considerable número de trabajos del grupo Física y cultura de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en los cuales aparecían unas preocupaciones similares que podrían ser atacadas a través de la formación en los estudios histórico-críticos en las ciencias; es decir, cuando el maestro conoce las problemáticas y las fenomenologías que le sugirieron a un autor la necesidad de construir sus afirmaciones se puede tener una visión más amplia y en ese sentido presentar a la ciencia de una manera no sesgada ni amañada por interpretaciones de grandes instituciones científicas; y más bien hacer un trabajo de intervención cultural donde el conocimiento científico por un lado no se presente como una verdad indiscutible y por otro que al estudiante se le puedan recontextualizar la teoría con conocimiento de su contexto y necesidades particulares.

Sin embargo para poder innovar e ir más allá del currículo que presentan los libros de texto o los estándares de educación el docente de ciencias debe tener en cuenta cuatro factores indiscutibles, que la profesora María Mercedes Ayala (1992) señala:

- Conocer la física para un profesor de física consiste en entender los problemas que posibilitaron procesos de diferenciación para la construcción de las teorías; sin olvidar el momento histórico en el cual se consolidaron.
- Conocer la física también es poder construir un marco referencial que le permita entender los factores que permiten diferenciar una teoría de otra para en ese sentido construir las explicaciones involucradas en estos procesos.
- Conocer la física es poder diseñar escenarios en los cuales el estudiante pueda construir fenómenos, explicaciones y conceptualizaciones.
- Por último, conocer la física es conocer las dinámicas sociales que privilegian un conocimiento por encima de otro y de ese modo estar en la capacidad de evaluar estos factores y poder ser selectivos a la hora de hacer la intervención en el aula.

Teniendo en cuenta esto el profesor de física y de ciencias en general puede encontrar posibilidades para la enseñanza, una de estas por ejemplo son los estudios histórico-críticos, ya que estos permiten que el profesor ubique el conocimiento de acuerdo a diferentes ámbitos y necesidades particulares, para así poderlo recontextualizar en el aula con criterio y consiente de las cualidades que tiene este enfoque en relación a otros. Es indudable la premisa tan popular que dice *“para enseñar física (o cualquier ciencia) hay que saber física”* pero sin entender que la labor docente implica trabajar con seres humanos, con dificultades, virtudes y demás particularidades mencionadas en el trabajo, todo el conocimiento quedaría invalidado, cada profesor debe hacerse la reflexión entonces de cuál es el papel que se le concede a las ciencias y si eso que se recoge en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales es lo que se quiere impulsar para la enseñanza.

Claramente el trabajo de recontextualizar le permite que el docente sea más autónomo y propositivo frente a la enseñanza de una temática en particular, por ejemplo el estudio de caso con la teoría de Roger Boscovich puedes ser una opción viable para llevar al aula de clase por cuanto no deja de lado las teorías que se enseñan usualmente en la clase de física y química en relación a la idea de fuerzas, la construcción de idea de estructura de la materia, la recontextualización que hacen autores como Stoiljkovich (2015) cuando en su texto trabaja la idea de orbitales y los modelos atómicos que se enseñan usualmente en la clase de ciencias, que fue lo que se trato de explicitar en este escrito.

Con una exploración mayor tanto de los textos de Boscovich y el de Stoiljkovich se piensa que el trabajo puede tener alcances a muchos niveles, en primer lugar, poder enseñar muchas de las temáticas de la física desde ese modelo de una única fuerza de la naturaleza, ya que Boscovich explica muchas propiedades y fenómenos en su texto de Filosofía Natural, claro está, nunca dejando de lado que la física evolucionó desde esa época hasta la actualidad, sin embargo el modelo boscoviceano sienta unas bases importantes para la física contemporánea y es algo que la historia de la ciencia de alguna manera está tratando de reconocer con los escritos de diferentes autores que se utilizaron en la construcción de este trabajo. En segundo lugar, en la química aplicada hay una gran parcela de exploración y es algo que se pone en explícito en el texto de Stoiljkovich cuando explica la polimerización y en general muchos procesos con polímeros naturales y sintéticos, y en tercer lugar poder explicar a nivel de la física cuántica y su posterior enseñanza al nivel de la física universitaria la interacción entre átomos, moléculas, nano-partículas, macromoléculas, partículas coloidales, entre otras; y en ese sentido el trabajo da para una exploración más profunda de la teoría de Boscovich y de paso darle el reconocimiento que por años le ha sido disminuido por la historia.

ANEXOS

A. FRAGMENTOS DE LOS ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES Y CIENCIAS SOCIALES QUE SE TUVIERON EN CUENTA EN EL TRABAJO.

SEXTO A SÈPTIMO	OCTAVO Y NOVENO	DÈCIMO Y UNDÈCIMO	
➤ ENTORNO FÌSICO	➤ ENTORNO FÌSICO	➤ ENTORNO FÌSICO	➤ ENTORNO QUÌMICO
<ul style="list-style-type: none"> • Clasifico y verifico las propiedades de la materia. • Verifico la acción de fuerzas electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica. • Describo el desarrollo de modelos que 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparo masa, peso, cantidad de sustancia y densidad de diferentes materiales. • Comparo sólidos, líquidos y gases teniendo en cuenta el movimiento de sus moléculas y las fuerzas electroestáticas. • Verifico las diferencias entre cambios químicos y mezclas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y establezco condiciones para conservar la energía mecánica. • Modelo matemáticamente el 	<ul style="list-style-type: none"> • Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías. • Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente. • Explico los cambios químicos desde diferentes modelos. • Explico la relación entre la estructura de

<p>explican la estructura de la materia. •Clasifico materiales en sustancias puras o mezclas. •Verifico diferentes métodos de separación de mezclas.</p> <p>•Explico cómo un número limitado de elementos hace posible la diversidad de la materia conocida.</p> <p>•Explico el desarrollo de modelos de organización de los elementos químicos. •Explico y utilizo la tabla periódica como</p>	<p>•Establezco relaciones cuantitativas entre los componentes de una solución.</p> <p>•Establezco relaciones entre energía interna de un sistema termodinámico, trabajo y transferencia de energía térmica; las expreso matemáticamente.</p> <p>•Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.</p>	<p>movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.</p> <p>•Establezco relaciones entre la conservación del momento lineal y el impulso en sistemas de objetos.</p> <p>•Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos.</p> <p>•Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal.</p> <p>•Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas.</p>	<p>los átomos y los enlaces que realiza.</p> <p>•Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos.</p> <p>•Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos..</p> <p>•Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas.</p> <p>•Relaciono grupos funcionales con las propiedades físicas y químicas de las sustancias.</p> <p>•Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser</p>
---	--	--	--

<p>herramienta para predecir procesos químicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Explico la formación de moléculas y los estados de la materia a partir de fuerzas electrostáticas. •Relaciono energía y movimiento. •Verifico relaciones entre distancia recorrida, velocidad y fuerza involucrada en diversos tipos de movimiento. 			humano.

B. TRADUCCIÓN A LAS CITAS TOMADAS PARA AFIRMAR LOS ALCANCES DE LA *THEORY OF NATURAL PHILOSOPHY* DE ROGER BOSCOVICH EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

i) Existe una sola clase de partículas elementales, todas idénticas.

“Se admite homogeneidad entre los elementos, toda distinción entre masas depende sólo de la posición relativa, y la diversa combinación entre los elementos, para esta homogeneidad entre los elementos y la razón para la diferencia entre masas, la Naturaleza misma nos provee la analogía. Las operaciones químicas especialmente lo hacen; ya que el resultado del análisis de sustancias compuestas lleva a una clase de sustancias elementales que comparativamente son muy pocas en número, y todavía menos diferentes entre sí en naturaleza; esto sugiere fuertemente que, un análisis más profundo puede ser impulsado, cuan mayor sea la simplicidad, y la homogeneidad, que deba ser alcanzada; por lo tanto, debemos tener, como resultado de una descomposición final, homogeneidad y simplicidad en el más alto grado”.

“Los elementos primarios de materia son en mi opinión perfectamente indivisibles e inextensos puntos; ellos están dispersos en un vacío inmenso donde cada dos de ellos están separados entre sí por un intervalo definido; este intervalo puede crecer o disminuir indefinidamente, pero nunca desaparecer completamente sin compenetración entre los mismos puntos. Por eso no admito como posible cualquier contacto inmediato entre ellos. Por el contrario considero que es una certeza que, si la distancia entre dos puntos de materia llega a ser absolutamente ninguna, entonces los mismos indivisibles puntos del espacio, de acuerdo a la idea usual de este, deben ser ocupados por ambos, y tenemos verdadera compenetración en todo modo. Por lo tanto, de hecho yo no admito la idea de vacío intercalado con la materia, sino considero que la materia es intercalada en el vacío y flota en este”.

ii) Estas partículas materiales son puntos-centrales de acción permanentes y cuasimateriales, números finitos de ellos constituyen sistemas finitos macroscópicos

“De este modo, la dificultad, la cual ha sido repetidamente traída contra la teoría newtoniana enfocada en el necesario acercamiento mutuo de las estrellas fijas, desaparece por completo en mi teoría. Al mismo tiempo, hemos ahora pasado de la gravedad a la cohesión. La cual he puesto en último lugar entre las propiedades generales de la materia. Algunos han explicado la idea de cohesión desde la idea de reposo absoluto, por ejemplo, los cartesianos; otros, como Johann Bernoulli, y Leibniz por medios de movimientos iguales en la misma dirección. Ellos ilustran la explicación por medios de una película de agua, la cual vemos en ciertas fuentes; esta película es formada meramente por movimientos iguales en la misma dirección de las más finas y pequeñas gotas, y ahora, si alguien trata de romperla con su dedo, el sentirá un resistencia que es mayor con el flujo de agua; así desde esta ilustración parecería que a una mucha mayor velocidad de igual movimiento en la misma dirección explicaría la cohesión de los cuerpos que nos rodean, que no podemos fracturar ni dividir en partes a menos de que usemos una fuerza grande. Cualquiera de estos métodos para explicar la materia la reduce a la misma cosa, si por el término “reposo” entendemos no sólo el reposo absoluto el cual, desde que la tierra está en movimiento, no tiene sentido ser admitido por los Cartesianos, sino también el reposo relativo. Para, movimientos iguales en la misma dirección no hay nada más que el reposo relativo de las partes que tienen movimientos iguales en la misma dirección”.

“Las cosas dadas antes me parecen especialmente dignas de notarse entre las diferencias entre partículas formadas incluso desde puntos homogéneos, que aun quedaban, en relación a las fuerzas, dentro de unos límites muy estrechos. Pero, tanto a mayores distancias, las fuerzas de todas las partículas son bastante uniformes; es decir, son fuerzas atractivas que varían aproximadamente al inverso cuadrado de la distancia de separación. Además, de ellos se desprende con toda claridad que las mayores masas, formadas a partir de estas partículas ya compuestas de diferentes tipos, es decir que los cuerpos que se encuentran a nuestro alrededor y son de un tamaño considerable, tales como los que

percibimos con los sentidos debe ser aún mucho más diferentes entre sí en lo que tienen que ver con las relaciones entre ellos, y con el fenómeno exhibido por las fuerzas extendidas a las distancias muy pequeñas; a pesar de que todas ellas son bastante diferentes en relación a la ley de gravitación universal, la cual pertenece a grandes distancias, un punto sobre el cual he llamado la atención en el Art. 402 Pero ahora voy a empezar a considerar esta diferencia y las propiedades particulares de los diferentes organismos que pertenecen a diferentes clases " .

iii) dichas partículas elementales obedecen una ley de interacción oscilatoria (alternativamente repulsiva y atractiva), dependiendo de la distancia entre cada par de estas partículas y se representa a través de una curva geométrica continua.

“Por consiguiente considero que dos puntos cualesquiera están sujetos a una determinación de acercamiento entre ellos a ciertas distancias y en igual grado a alejarse entre sí a otras distancias. A esta determinación yo le llamo “fuerza”; en el primer caso “atractiva”, en el segundo caso “repulsiva”; este término no denota el modo de acción, pero sí la propensión en sí, sea cual sea su origen, en la cual la magnitud cambia como las distancias cambian; esto está de acuerdo con cierta ley definida, la cual puede ser representada por una curva geométrica o por una fórmula algebraica y visualizarla de la manera en la que los mecanicistas lo hacen”.

“Una ley de este tipo parecería al principio muy complicada, y ser el resultado de combinar juntas muchas leyes en una especie de manera fortuita; pero esta puede ser del modo más simple y complicada en el menor grado; puede ser representada por ejemplo por una única curva continua, o por una fórmula algebraica, como he insinuado anteriormente. Una curva de este tipo se adapta perfectamente a la representación gráfica de este tipo de ley, y no requiere un conocimiento de geometría para configurarla progresivamente. Es suficiente para cualquiera hacer una mera mirada a esta, y en esta, al igual que en una imagen que estamos acostumbrados a ver todo tipo de cosas representadas, el percibirá la naturaleza de esas fuerzas. En una curva de este tipo, esas líneas, que los geómetras llaman abscisas, a

saber, segmentos del eje al cual la curva es referida, representa las distancias entre los dos puntos; y esas, las llamadas ordenadas, a saber, líneas dibujadas perpendicularmente al eje que satisface la curva, representan fuerzas. Estas, cuando se posicionan en un lado del eje representan fuerzas atractivas, y cuando se posicionan al otro lado, fuerzas repulsivas. Y de acuerdo a como la curva se acerque al eje o retroceda desde este, también se disminuyen o aumentan. Cuando la curva corta el eje y pasa de un lado a otro. La dirección de las ordenadas será cambiada en consecuencia, las fuerzas pasan de positivas a negativas o viceversa. Cuando cualquier arco de la curva se acerque cada vez más a alguna línea recta perpendicular al eje y producido de forma indefinida, de tal modo que, incluso si esta va mas allá de los límites, ahora la curva jamás encontrará la línea (tal arco es llamado asíntota por los geómetras), entonces las fuerzas así mismo crecerán indefinidamente”.

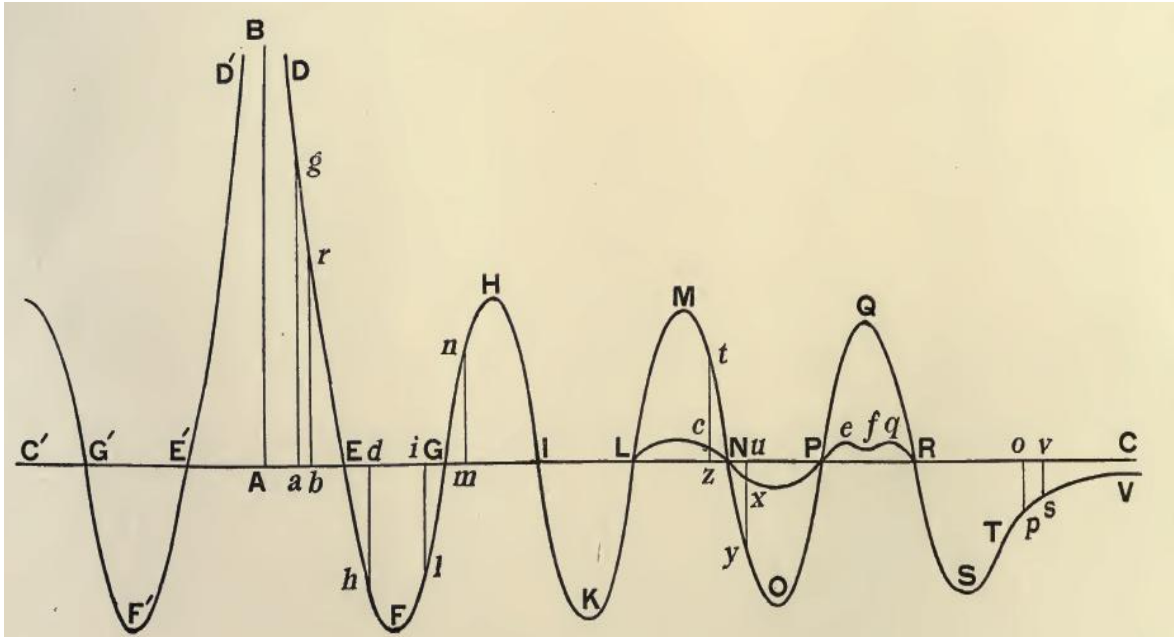


Ilustración 10 Curva geométrica que explica la ley de fuerzas enunciada por Boscovich

“Expuse y explique una curva de esta forma en mis disertaciones de viribusviviis (art.51), de Lumine (Art. 5), De legeviriium in Natura existentium (Art. 68); y el Padre Benvenutus publico la misma cosas en su physicaeGeneralis (Art. 108). Esto te dará una idea de la naturaleza de estas palabras.

En la figura el eje C'AC tiene en el punto A una línea recta AB perpendicular a sí misma, la cual es una asíntota a la curva; hay dos ramificaciones de la curva, una por cada lado de AB, las cuales son iguales

y similares entre sí en todo sentido. De estas, una, a saber DERGHIJKLMNOPQRSTV, tiene primero un arco asíntotico en ED; esto ciertamente, si esto es producido en la dirección que va ED, se acercara mas y mas a la línea recta AB cuando esta se prolonga indefinidamente; pero nunca la alcanzara; entonces, en la dirección DE este se alejara continuamente de la línea recta, y así ciertamente será el resto de arcos continuamente alejándose de la línea recta hasta V. el primer arco continuamente se acerca al eje C'C, hasta que se encuentra este en algún punto E ; entonces se corta en el punto y pasa, continuamente alejándose del eje hasta que este llega a una cierta distancia dada por el punto F; después de alejarse cambia a un acercamiento, y esta corta una vez más en G; y así sucesivamente, con sucesivos cambios de curvatura, la curva serpentea alrededor del eje, y al mismo tiempo se corta en un número de puntos que son realmente muchos, sin embargo solo un pequeño número de las intersecciones de este tipo como I,L,N,P,R, son mostradas en el diagrama. Finalmente el arco de la curva termina en la otra ramificación T ps V tendiendo al lado opuesto del eje con respecto a la primera rama; y esta segunda rama tiene el eje mismo como su asíntota, y se acerca aproximadamente de tal manera que las distancias de los ejes están en la relación inversa de los cuadrados de las distancias de la línea recta AB”.

iv) Esta ley permite combinaciones estables y órbitas de tamaños definidos.

“los principios de las operaciones químicas son derivados de la misma fuente, a saber, de la distinción entre partículas; algunas de ellas siendo inertes en relación a sí mismas y en combinación con ciertas otras, algunos las atraen a sí mismas, algunas otras las repelen de forma continua a través de un intervalo grande; y la atracción misma con algunos es mayor y con otros menor, hasta cuando la distancia es suficientemente aumentada que esta llega a ser prácticamente nada. En adición, algunos de ellas con respecto a las otras tienen una gran alternación de fuerzas; y esta puede variar si la estructura es cambiada levemente, o si las partículas son agrupadas o entremezcladas con otras; en este caso hay que seguir otra ley de fuerzas para las partículas compuestas, la cual es diferente a la que hemos visto

que obedecen las partículas simples. Si estas cosas se mantienen cuidadosamente en vista, realmente pienso que puede ser encontrada la teoría general de las operaciones químicas. Para la determinación especial de los efectos que nacen de cada una de las mezclas de los diferentes cuerpos, a través de la cual solo los efectos en química son producidos, si los cuerpos son compuestos se requeriría un conocimiento intimo de la estructura de cada partícula, y la disposición de estas en cada una de las masas; y, en adición, el poder completo de la geometría y el análisis, superarán por mucho la capacidad de la mente humana. Pero en general es bastante evidente que no hay parte de la química, en la cual, además de la inercia de la masa, y la densidad específica, no se producen otro tipo de fuerzas mutuas entre las partículas; y esto llega a nuestro ojos sin nuestra búsqueda, y como es de hecho muy evidente en la única cuestión que viene al final de la Óptica de Isaac Newton, donde hay muchos indicios de las atracciones y repulsiones, y los argumentos son llevados adelante con respecto a ellos . Además, para investigar por separado todos los asuntos que se relacionan con la química sería una tarea interminable; así que voy a discutir algunos de los más importantes, a modo de ejemplo”.

v) **Esta compleja ley, cuyas constantes son determinadas experimentalmente, cubre la entera variedad de propiedades físicas y químicas;**

- **Sabor y aroma:** *“después de la luz la cual afecta a los ojos, engendra la visión y excita la idea de colores, que, naturalmente nos viene a los otros sentidos; sobre esto he invertido menos tiempo, ya que tenemos muy poco conocimiento de ellos, tal como para ayudarnos a dar una explicación física definida. El sentido del gusto es excitado en el paladar por sales. Ya he hablado de las formas angulares de las sales, en el Art. 464; estas son bastante suficientes para la excitación de diferentes movimientos en las papilas del paladar; a pesar de que, incluso cuando estas son disueltas, ellas deban ejercer diferentes fuerzas para diferentes disposiciones*

de los puntos, las cuales inducen diferencias en el sabor. El olor es un grupo de vapores tenues emitidos por cuerpos odoríferos²⁷; de esto hay muchos puntos de evidencia. No puedo estar de acuerdo totalmente con los que piensan que el olor, tal como el sonido, consiste de una serie de vibraciones de algún medio que interviene. Por otra parte, he explicado bastante, en el Art. 462, cual es la causa de las evaporaciones. Pero ahora voy a mencionar una cosa, a saber, que, tal como mostré en diferentes lugares en la primera parte de mi disertación DE LUMINE, esos muchos y distinguidos físicos están equivocados al atribuir al olor la misma propiedad que a la luz, a saber, que la densidad disminuye al inverso cuadrado de la distancia entre los cuerpos odoríferos. Esta es una propiedad que no se aplican a todas las cosas que están difundidas a lo largo de una esfera desde un punto dado; sino solo con aquellos que están difundidos con velocidad uniforme; como la luz es. Porque si imaginamos un grupo de cascarones esféricos concéntricos de determinado espesor muy pequeño, estas serán como superficies. Por lo tanto, estas estarán en la misma proporciones como los cuadrados de las distancias con respecto al entero; y la densidad de materia será inversamente proporcional al esta, si la masa es la misma. Ahora, a fin de que puede ser el mismo en las capas exteriores , ya que es en el interior , es necesario que la totalidad de la materia que estaba en las capas internas debe proceder a las capas externas con un movimiento uniforme; entonces, vendrían sobre que dos partículas , que han llegado al mismo tiempo a las superficies interiores y exteriores de la cubierta interior , respectivamente , llegará al mismo tiempo las superficies interiores y exteriores de la capa exterior, Si este no es el caso, o , falla su progresión uniforme , si en lugar no hay una compensación exacta de la velocidad por lo tanto disminuido y obstaculizado por el avance de una parte de los vapores (y una compensación de tales exacta es en el más alto grado improbable) , entonces la densidad no puede ser inversamente proporcional a los cascarones , es decir , a sus superficies , o los cuadrados de las distancias "

²⁷Un cuerpo odorífero es aquel que despidе olor, especialmente si es agradable.

- Sonido:** *“el sonido admite una gran cantidad de determinaciones geométricas ;y asuntos relacionados con las vibraciones de una cuerda elástica o una campana de metal , o el movimiento dado al aire por trompetas , todas pertenecen a la ciencia de la mecánica; y para estas mi teoría esta en acuerdo con las teorías ordinarias. Pero, con respecto a la progresión del sonido a través del aire a los oídos, donde este es llevado al tímpano y excita el movimiento por medio de los cuales, cuando es propagado al cerebro, la idea de sonido es producido, la materia es mucho mas laboriosa, y depende en gran medida de la constitución del medio en sí. Si es necesario resolver el problema, en el cual se desea encontrar la propagación de las ondas desde una elasticidad dada de un medio fluido, y la razón entre las velocidad de las oscilaciones sobre el cual, es sus múltiples variaciones, dependerá todos los sonidos musicales, armoniosas o discordantes , todo el arte musical, y el momento en el cual una onda es propagada desde un punto dado a una distancia dada; entonces; el asunto es muy difícil , especialmente si tiene que ser tratado sin la ayuda de principios subsidiarios o hipótesis sin fundamento. Esta cercanamente aliada a la determinación de la resistencia en los fluidos, con la que el tema tiene un terreno común con el movimiento de propagación en un fluido. Voy a explicar aquí simplemente ondas del tipo muy simple; por lo que la manera en la que me considero en mi Teoría de dicha investigación se llevara a cabo”.*
- Electricidad:** *“” Además, es claro que a partir de estos principios que no se puede derivar una explicación de todos los principales fenómenos de la electricidad; la teoría de estos, descubierto por Franklin en América con una verdaderamente maravillosa sagacidad, se ha embellecido y confirmado en gran medida, y aun desarrollado en Turín por el P. Beccaria , un hombre más sabio , en su excelente trabajo sobre este tema , publicado hace algunos años . De acuerdo con dicha teoría, todas las cosas se reducen a esto; hay un cierto fluido eléctrico, que puede en algunas sustancias moverse a lo largo de la superficie y también a través de su interior; pero no tiene ningún movimiento a través de otros, aunque algunos de estos términos en cualquier tasa sostienen una abundancia de la sustancia muy firmemente adherente a sí mismos, y no es perdida*

ni por fricción ni movimiento interno. De estos, los primeros son eléctricos por comunicación, los últimos eléctricos por la naturaleza. En los primeros, el fluido se difunde inmediatamente para producir la igualdad en cada uno de ellos; aunque algunos de ellos requieren más, otros menos, del fluido para producir, por así decirlo, una saturación intrínseca, las cosas el mismo. Por lo tanto, de dos de estos organismos, de las cuales la de saturación correspondiente a su naturaleza no es la misma, uno será eléctrica por exceso, y el otro por defecto, con respecto a la otra. Si estos cuerpos se acercan entre sí a una distancia, para el que las partículas que rodean los cuerpos, y se adhieren a ellos como atmósferas, pueden actuar sobre otros; entonces, desde el cuerpo que es electrificado por el exceso de este fluido fluirá inmediatamente hacia el que es electrificado por defecto, hasta que se alcanza la igualdad. Durante este flujo, las sustancias que producen, respectivamente, y reciben el líquido se acercarán a la vez entre sí, si son lo suficientemente ligero, o si son libremente suspendidos; Y si el movimiento de la materia concentrada es vigorosa, habrá explosiones, y chispas, y aun relámpagos, truenos y rayos. De ahí que, en verdad, se puede derivar todos los fenómenos habituales de electricidad, además de la experiencia de la botella de Leyden, que es mucho más general, y lo mismo es igualmente apropiado para la placa de Franklin. Para este fenómeno reduce a otro principio; a saber, que cuando los cuerpos que son naturalmente eléctrica tienen un espesor muy pequeño, tal como una placa de vidrio delgada, no puede ser recogido en una de las superficies de una cantidad mucho mayor del fluido, y al mismo tiempo desde la otra superficie exactamente enfrente a ella no se puede retirar una cantidad igual del fluido, y este puede hacerse pasar a otro cuerpo por la comunicación eléctrica. Para que esto puede tener lugar durante un suficientemente amplia parte de la superficie, como el fluido no se ejecuta lejos de tales superficies, el agua se pone en contacto con una superficie, y la otra se presiona con toda la mano; o cada una de las superficies está cubierto de oro, que se forma como se tratara de un medio a través del cual el fluido puede tener ya sea dentro o fuera. El oro, sin embargo, no debe ser llevado hasta el borde, que el dorado interior toca el exterior, o incluso se acerca demasiado estrechamente, el líquido se

transfunde inmediato de una superficie a la otra , la igualdad se obtiene , y todos los signos de cese de la electricidad. "

- **Temperatura:** *“con respecto a las propiedades táctiles, hemos tenido explicaciones completas de cuerpos sólidos, líquidos, rígidos, suaves, elásticos, flexibles, frágiles y pesados ; lo que es un cuerpo suave o un áspero, es evidente. Considero que la causa del calor al consistir en un movimiento interno vigoroso de las partículas de fuego, o de una sustancia sulfurosa de fermentación más especialmente con partículas de luz; Y he mostrado el modo en que esto puede ocurrir. El frío puede ser producido por la falta de esta sustancia, o por la falta de movimiento en el mismo. También puede haber partículas que producen frío por su propia acción , tales como sustancias de nitrógeno , a través de algo que se detiene el movimiento de estas partículas , y , como su atracción supera sus fuerzas mutuas , estas sustancias se basan estas partículas hacia sí mismos y se rodean con ellos como si las partículas se unieran a ellos. Por otra parte, un frío muy intenso puede ser producido en un cuerpo caliente simplemente por la aproximación de un cuerpo hecho frío por un simple defecto de tal sustancia. Para, la sustancia , mientras que fermenta , y permanece en su estado natural de volatilización, aprovecha la su propia elasticidad para expandir ; Y de ese modo , si se encierra en cualquier medio , sin embargo , puede ser inerte con respecto al medio , la sustancia se difunde a través del medio igualmente. Por lo tanto , se trata de eso , si desde un solo lugar no es quitado una parte de la sustancia , al momento se volatiliza desde otros lugares la cantidad que se requiere para la igualdad. Así, por ejemplo, si en el aire abierto una cantidad de dicha sustancia de fermentación es deficiente, ya sea a través de una disminución de los impulsos continuos necesarios para el movimiento continuo , como el suministro de la disminución de los rayos del sol en invierno , o en lugares más alejado del ecuador , o sea a través de la presencia de una gran cantidad de partículas que impiden dicho movimiento de la sustancia , debido a que existe , incluso en regiones no muy distantes del ecuador , gran frialdad en varios lugares , y el hielo , a través de una gran cantidad de exhalaciones nitrosas ; entonces, de todos los organismos expuestos a dicho aire no se*

apresurará a luz un gran abundancia de la sustancias siguen fermentándose en ellos, y de la materia elástica de fuego. Los cuerpos mismos seguirán siendo bastante fríos , simplemente por la disminución de la materia ; Y si los tocamos con la mano , de inmediato un gran número de estas partículas volará de la mano y ser transfundida a los cuerpos , a fin de lograr la igualdad , y no sólo el cese de ese movimiento interno por el cual el estado de los nervios del cuerpo orgánico se altera , sino también la rápida ráfaga de la sustancia que entra en el otro , dará lugar a que la sensación de frío que experimentamos tan profundamente . "

- **Magnetismo:** *" Con respecto a la fuerza magnética, voy a hacer solo una observación, que todos los fenómenos con respecto se reducen a una mera atracción de ciertas sustancias por los demás. Para dirigir a la que tanto la inclinación y declinación pueden reducirse, siempre se pueden derivar de la atracción sola. Nos damos cuenta de que una aguja magnética se inclina inmediatamente cerca al hierro; Y, por tanto, dentro de éstos una brújula magnética no es de ningún servicio. Si no estaban presentes en los polos, y no solamente, inmensas masas de hierro, cada aguja magnética se dirigirían hacia los polos. Pero, ya que hay minas de hierro en todos los países, en caso de los polos no fueron los mismos en mayor abundancia que en otros lugares, entonces, en todos los casos las agujas se dirige hacia los polos, pero con una cierta desviación hacia las otras masas dispersas sobre toda la Tierra; esta desviación no podría exceder de un cierto número de grados, a menos que se tome demasiado cerca de alguna mina. La declinación de este tipo será diferente en diferentes lugares, a causa de la diferente situación de estos lugares con respecto a todas esas masas; Y que variará, ya que las minas de hierro se destruyen y generan todos los días, y se aumentan y disminuyen por hora. La variación dentro de un día será muy leve, ya que el cambio diario en las minas es muy pequeño; conforme pasa el tiempo se hace más grande, y será bastante irregular, si los cambios que se producen en las minas son a su vez también irregular " .*

"Con respecto a la atracción, está claro que esta puede ser tenido en las partículas, y que debe depender de su estructura. Por otra parte, hay muchos fenómenos del magnetismo, que mostrará

que la fuerza magnética es generada por el cambio de la disposición de las partículas, o se destruye, o con mayor frecuencia se ve aumentada o reducida; ejemplos de esto en todas partes vienen bajo la observación de los que estudian los imanes. Por otra parte, los polos que son atractivos en un lado y repulsiva por el otro, que también se tenían en el magnetismo, están de acuerdo con mi teoría, para, la suma de las fuerzas en un lado pueden ser mayor que la suma de las fuerzas sobre el otro. Una mayor dificultad surge de las enormes distancias a las que este tipo de fuerza se extiende. Pero incluso esto puede tener lugar a través de una especie intermedia de la exhalación, que debido a su extrema tenuidad ha escapado hasta ahora el anuncio de observadores, y tal como por medio de las fuerzas intermedias de sus propios conecta también masas remotas; si por casualidad este fenómeno no se puede derivar de una mera combinación diferente de puntos que tienen fuerzas representadas por la misma curva de la mía. Pero para explicar todas estas cosas correctamente, y proporcionarles con ilustraciones requerirían un tratamiento separado y largas investigaciones . Es suficiente para mí que yo he señalado la extrema fertilidad de mi teoría , y su uso en cualquiera de los problemas más difíciles y especiales de la física " .

- vi) Es una ley preferentemente cinemática y la masa es introducida como un número puro determinado por la cantidad de partículas-punto en un sistema.**

“Por lo tanto también en estos asuntos, una masa puede ser considerado como de dos dimensiones, o de una, o incluso de ninguna dimensión continua, pero sólo los números de puntos, tal como se indica cantidad de este tipo. Ahora, si por estos también, se emplea la masa término en un sentido generalizado, hemos de ser capaces de definir la cantidad de movimiento por el producto de la velocidad y la masa”.

“Sólo me queda aquí para decir algunas palabras finalmente sobre alteraciones y transformaciones de los cuerpos. Para mí, la cuestión no es más que puntos indivisibles , que son inextensos, dotados de una

fuerza de inercia , y también las fuerzas mutuas representadas por una curva continua sencilla que tiene esas propiedades definidas que dije en el art. 117 ; Estos también pueden ser definidas por una ecuación algebraica . Si esta ley de fuerzas es una propiedad intrínseca de puntos indivisibles ; si se trata de algo sustancial o accidental sobreañadido a ellos , al igual que las formas sustanciales o accidentales de los peripatéticos²⁸ ; si se trata de una ley arbitraria del Autor de la Naturaleza²⁹ , que dirige los movimientos por una ley hecha de acuerdo a su voluntad ; esto no busco encontrar , ni tampoco puede ser encontrado a partir de los fenómenos , que son los mismos en todas estas teorías.La tercera es la de causas ocasionales, adaptados al gusto de los seguidores de Descartes ; la segund servirá a los peripatéticos , que por lo tanto puede admitir la existencia de la materia en cualquier momento ; Y entonces una forma sustancial la producción de una circunstancia (accidens) que se convierte en una ley formal de fuerzas ; de modo que, si lo desean , después de haber destruido la sustancia , que las mismas circunstancias se mantendrán en el individuo , pueden preservar esa circunstancia individual . Por lo tanto la sensibilidad seguirá siendo la misma exactamente, y tal como será diferente para una combinación diferente de tales circunstancias pertenecientes a diferentes puntos. La primera teoría parece ser la de la mayoría de los filósofos modernos, que parecen admitir la impenetrabilidad y activas fuerzas, como los seguidores de Leibniz y Newton, todos admiten, como las propiedades primarias de la materia fundadas en su propia esencia. Esta teoría mía de hecho se puede utilizar en todos estos tipos de filosofar, y se puede adaptar al modo de pensamiento peculiar con una cualquiera de ellos".

²⁸La escuela peripatética fue un círculo filosófico de la Grecia antigua. Básicamente, seguía las enseñanzas de Aristóteles, su fundador.

²⁹Dios

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Althusser, L. (1969). *Ideología y aparatos ideológicos del estado*. París.
- Ayala, M. M. (1992). LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA PARA LA FORMACION DE PROFESORES DE FÍSICA. *V reunión Latinoamericana sobre Enseñanza de la Física* .
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições* , 19.
- Ayala, M. M., Malagón, F., & Sandoval, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Bernstein, B., & Díaz, M. (1984). Hacia una teoría del discurso pedagógico. *Collected Original Resources in Education (CORE)* .
- Boscovich, R. (1922). *A Theory of Natural Philosophy*. Chicago and London: Open Court Publishing Company.
- Boyle, R. (1985). *Física, Química y Filosofía Mecánica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Boyle, R. (2003). *The Sceptical Chymist*. New York: Dover Publications.
- Bravo, A. A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista EDUCyT* , 16.
- Bravo, A. A. (2000). *La didáctica de las ciencias como disciplina*. Barcelona.
- Bueche, F. (1986). *Fundamentos de Física*. México D.F.
- Canguilhem, G. (2009). *Estudios de historia y filosofía de las ciencias*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Carranza, S. C. (2011). *Una aproximación histórico-epistemológica de la constitución de la fisicoquímica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Cruz-Garriz, D., Chamizo, J., & Garriz, A. (1987). *ESTRUCTURA ATÓMICA: un enfoque químico*. México DF: Adisson- Wesley Iberoamericana.
- Cuellar, D. A. (2012). *La historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias: el análisis del tratado de la luz de Huygens como ejemplo de recontextualización de saberes*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Fuertes, J. F., & García, J. L. (1995). Roger Boscovich y su tiempo. *LLULL* , 67-92.

- Garay, F. R. (2007). *Modelos abstractos en la formación inicial de profesores*. Bogotá.
- Garay, F. R. (2011). *perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje*. Salvador, BA.
- Granés, J., & Caicedo, L. M. (1997). *DEL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS AL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA, Analisis de una experiencia pedagogica*. Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional: www.pedagogica.edu.co
- Hetch, F. B. (2006). *Física general de Schaum*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Ireson, G., & Gill, P. (2000). *The mathematics-physics problem revisited*. Barcelona: Physics teacher education beyond 2000.
- Jammer, M. (1999). *Concepts of force*. New York: Dover Publications.
- Kant, I. (1992). *Opúsculos de filosofía natural*. Madrid: Alianza editorial.
- Kragh, H. (1989). *Introducción a la historia de las ciencias*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Kuhn, T. (1970). *Reflections on my critics*.
- MEN. (2010). *ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES Y CIENCIAS SOCIALES*. Bogotá.
- Newton, I. (1979). *Opticks*. New York: Dover Publications.
- Orozco, J. C. (1999). La teoría atómica y el debate sobre la naturaleza de la materia en inmediaciones del siglo XIX. *Seminario sobre epistemología de la química*, 14.
- Orozco, J. C. (2006). Teorías del Eter en el siglo XIX. los estudios de caso y la enseñanza de la física. 16.
- Pullman, B. (2010). *El átomo: en la historia del pensamiento humano*. Madrid: Biblioteca Buridán.
- Quintanilla, M. (2006). *Didactología y formación docente. El caso de la educación científica frente a los desafíos de una nueva cultura docente y ciudadana*. Santiago de Chile.
- Rodríguez, D. P. (2001). *La historia de la ciencia como herramienta para la construcción de significados en los cursos de física universitarios: un ejemplo en fuerza y movimiento*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Rodríguez, L. D. (1989). *LA HISTORIOGRAFÍA DE LAS CIENCIAS Y SUS IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Rodriguez, L. D., & Romero, A. (1999). LA CONSTRUCCIÓN DE LA HISTORICIDAD DE LAS CIENCIAS Y LA TRANSFORMACION DE LAS PRACTICAS PEDAGOGICAS. *Fisica y Cultura* .

Stoiljkovich, D. (2015). *the founder of modern science* . Londres: Petnica Science Center.

Supek, I. (2008). *Ruder Boscovic-vizionar u prijelomima filozofije, znanosti i drustva*. Zagreb: Skolska knjiga.

Vásquez, J. M. (2000). Roger Boscovich y el atomismo. *LLULL* .

