

“ANÁLISIS HISTÓRICO Y LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE
FUERZA (VIS VIVA – VIS MORTUA) EN EL CASO DE LA CAÍDA SEGÚN
LEIBNIZ”

MARÍA MÓNICA URIBE GARCÍA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ

2018

“ANÁLISIS HISTÓRICO Y LA RECONTEXTUALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE
FUERZA (VIS VIVA – VIS MORTUA) EN EL CASO DE LA CAÍDA SEGÚN
LEIBNIZ”

MARÍA MÓNICA URIBE GARCÍA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FÍSICA

ASESOR: LILIANA TARAZONA VARGAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ

2018

Dedicatoria...

*A mi madre **Reina García** quien con amor, dedicación y esfuerzo nos enseñaron a ser cada día mejor y luchar siempre por nuestros sueños.*

*A **Néstor Vargas** por estar desde el inicio hasta el final apoyándome y ayudándome a culminar la investigación.*


*A **Camilo Uribe** mi hermano, mi familia y a todas las personas que estuvieron pendientes del proceso, a los docentes de la Universidad Pedagógica Nacional y compañeros que brindaron herramientas y opiniones para culminar con una mejor investigación.*

Agradecimientos.

*A Dios por hacer realidad un paso más en nuestras vidas como
profesionales.*

*A la profesora Lilitiana Tarazona por su apoyo ya que siempre estuvo
dispuesta en todo el proceso de la investigación.*


*A los docentes que aportaron a mi formación los cuales me enseñaron a
defender nuevas ideas con argumentos y que la experiencia nos hace
quienes somos, pues somos nosotros quienes transformamos vidas,
conocimientos y contribuimos a la transformación de la sociedad.*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 65	


1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	“Análisis histórico y la recontextualización del concepto de fuerza (vis viva – vis mortua) en el caso de la caída según Leibniz”
Autor(es)	Uribe García, María Mónica
Director	Tarazona Vargas, Liliana
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional. 2018. 50p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MÓNADA, FUERZA VIVA, FUERZA MUERTA

2. Descripción
<p>El presente trabajo se enmarca en un análisis histórico en procura de una recontextualización que arroje resultados a forma de representaciones e imágenes, que el maestro en formación se atreve a exteriorizar en concordancia con los planteamientos teóricos establecidos en la obra de Leibniz en relación a la organización del universo continuo a partir de las mónadas. Además se emplea la caracterización de un evento de caída como herramienta para vincular las nociones de tiempo, espacio, movimiento y fuerza con las representaciones e imágenes propuestas por el maestro.</p>

3. Fuentes

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 65	

- Ayala , M. M., Garzon, M., & Malagón , J. F. (2007). Consideraciones sobre la formalizacion y matematización de los fenómenos físicos. Memorias del Congreso Nacional de enseñanza de la física, Universidad Pedagógica Nacional, 39 - 54.
- Ayala, M. M. (2006). Los analisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-Posições, 1(49), 19 - 37.
- Ayala, M. M., Malagón, J. F., & Gerrero, G. (1998). Elementos para introducir el concepto de energia mecánica sin recurrir al concepto de trabajo. Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias(4), 1 - 8.
- Bautista , G., & Rodriguez, L. D. (2007). La ciencia como una actividad e construccion de explicaciones. Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, 65 - 73.
- Beltrán, E. (2015). Del memorable error de Descartes: Critica leibniziana a la mecánica cartesiana. Revistas Estudios, (31), 1 -12.
- Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. nodos y nudos, 3(25), 73 - 80.
- Coronado, G. (2003). Leibniz y la crítica de la física cartesiana como punto de partida hacia la metafísica de las mónadas. Filosofía Universidad de Costa Rica, 11 - 23.
- Leibniz (1991). Escritos de dinámica (1710). Traducción de Juan Arana y Marcelino Rodriguez Donís 1991.. Madrid: I. Tecnos S.A.
- Laborda, A. P. (2002). Tiempo e historia: Una filosofía del cuerpo. Madrid; Ediciones Encuentro S.A.
- Leibniz, G. W. (1698 - 1906). Correspondencia epistolar de Leibniz. Obtenido de:
<http://www.oriodemiguel.com/files/traduccion/corr.pdf>. Recuperado el 03 de 10 de 2017
- Leibniz, G. (1982). Principios de la naturaleza y de la gracia. Fundados en razón. 597 - 606. (E. d. Olaso, Trad.) Buenos Aires: Charcas. Recuperado el 12 de 04 de 2018
- Leibniz, G. W. (1686). Discurso de metafísica. (A. C. Piñán, Trad.) Obtenido de
<http://librosoterico.com/biblioteca/metafisica/Leibniz%20Discurso-de-Metafisica.pdf>
- Leibniz, G. W. (1695). Nuevo sistema de la naturaleza. Nuevo sistema de la naturaleza. Obtenido de TARINGA: <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18768722/Nuevo-sistema-de-la-naturaleza-Leibniz-1695.htm>. Recuperado el 02 de 20 de 2018

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Filosofía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 65	

Leibniz, G. W. (1710). Teodicea. Ensayos sobre la bondad de dios, la libertad del hombre y el origen del mal. Edición electrónica de www.philosophia.cl/ Escuela de Filosofía Universidad ARCIS. Recuperado el 25 de 01 de 2018

Leibniz, G. W. (1695). Nuevo sistema de la naturaleza Obtenido de: <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18768722/Nuevo-sistema-de-la-naturaleza-Leibniz-1695.html>. Recuperado el 14 de 03 de 2018

Lindsay, B. (1975). Energy: Historical development of the concept. Dowden, hutchinson & Ross. 99 - 138.

Lindsay, B. (1975). Historical development of the Dowden, hutchinson & Ross. 99 - 138.

Luna Alcoba, M. (1994). La ley de continuidad en G.W. Leibniz. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Malagón, J. F., Ayala, M. M., & Sandoval, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias. En J. F. Malagón, M. M. Ayala, & S. Sandoval, Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias (págs. 21-26). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Otálora, J. H. (1989). En la controversia Vis viva- cantidad de movimiento. Hacia una comprensión racional del concepto de energía y su principio de conservación. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .


Rada, E. (1980). La polemica Leibniz - Clarke. Madrid: TAURUS.

Tarazona, L. (2006). Construcción y significado de la energía mecánica. Tesis especialización. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional

Vaughan, N. (Mayo - Agosto de 2007). ¿Por qué Leibniz requiere del tiempo absoluto? IDEAS Y VALORES. Revista Colombiana de Filosofía, 56(134), 23-44.

4. Contenidos

El presente trabajo expone un análisis histórico del trabajo de Leibniz en relación al concepto de fuerza, reconociendo la importancia del análisis de textos originales en la formación del maestro. Inicialmente se presenta una contextualización del problema que se abordó durante el desarrollo de la investigación; aquí son centrales algunas problemáticas que el maestro de física enfrenta en el momento de ejercer su práctica, que pueden ser atribuidas al desconocimiento del desarrollo teórico

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 65	

del concepto a abordar y del contexto inherente al mismo; por lo que se hace necesario iniciar con un análisis de dichas problemáticas asumiendo al maestro como un ser social en formación continua.


Seguido a este análisis se vinculan elementos conceptuales arrojados a partir de interpretaciones de algunos textos de Gottfried Leibniz: La monadología; Principios de la naturaleza y la gracia; La teodicea. Ensayo sobre la bondad de Dios, la libertad del hombre y el origen del mal; Escritos de dinámica; Polémica Leibniz – Clarke; y Nuevo sistema de la naturaleza. Este abordaje se realiza con el fin de analizar el trabajo de Leibniz y su cosmovisión, que para el caso particular del presente trabajo se enfoca en destacar algunos aspectos que permiten reconstruir la idea o noción de “fuerza”, y con estos dar explicación al mundo que lo rodea.

Intentando generar un escenario que vincule de una manera formal, pero además al alcance del lector, se propone una descripción no sólo teórica sino simbólica producto de las interpretaciones que realicé de los elementos que configuran la noción de fuerza según Leibniz. Esta apuesta constituye un paso fundamental en la recontextualización del concepto de fuerza, generado a partir del análisis histórico que se propone en el presente texto.

Finalmente, se realiza una reflexión que retoma todos aquellos elementos significativos que aportan en aspectos como la profundidad conceptual y por ende el conocimiento del tema, el enriquecimiento del lenguaje, la formación, difusión y formalización de imágenes construidas por parte del maestro en formación y finalmente el reconocimiento de la influencia del pensamiento de Leibniz en el contraste y comprensión de teorías posteriores.

5. Metodología


Se realiza un estudio documental de las fuentes primarias producto del trabajo de Leibniz, que para este caso particular el interés estará enfocado en la construcción conceptual de la “fuerza”. Posteriormente, un análisis histórico del autor en mención posibilitando un diálogo en relación con

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— Educación de Calidad —</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 65	

aspectos relevantes que permiten la construcción de dicho concepto como lo son las ideas de espacio y tiempo. Finalmente el estudio permitió realizar un proceso de reflexión que vincula la práctica docente y las posibles implicaciones sobre la imagen de ciencia que el maestro construye a lo largo de dicho análisis.

6. Conclusiones

- Es muy importante incluir la historia en la formación de maestros en ciencias y en particular en la enseñanza de la física, ya que reconocer el proceso de construcción histórico del conocimiento implica la acepción y análisis de teorías que en su momento fueron juzgadas y tal vez invalidadas pero se constituían como formas de organizar experiencias propias de un individuo particular (Leibniz). Del mismo modo el maestro podría asimilar los conceptos alternativos de sus alumnos como formas de organización legítimas y los estudiantes podrían ver el valor de sus ideas, mostrando al mismo tiempo cómo nociones semejantes en un proceso de transición continúan o no vigentes en la historia.
- Por otra parte, es de mencionar que en el transcurso de la investigación surgen nuevas fuentes bibliográficas y por ende nuevas formas interpretativas en relación a los eventos mencionados aun del propio autor, estas fuentes en algún momento llegan después de que se han realizado análisis previos de los textos originales; pero lo curioso es que, de alguna forma, tienen relación con la imagen que el investigador ha formado mediante el dialogo con el autor. Estos hallazgos “tardíos” son agentes motivadores, es gratificante llegar a interpretaciones y formación de imágenes de representaciones conceptuales muy en la línea del autor y(o) de otros investigadores que persiguen intereses comunes a los del presente trabajo.
- Esta investigación permitió ubicarse en un contexto particular de la ciencia acorde al cual se generan una serie de explicaciones y formulaciones conceptuales que han sido motivo de análisis;

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 65	

el enriquecimiento tanto del vocabulario como de las interpretaciones son significativas y desencadenantes de nuevos saberes y organizaciones propias del investigador; de tal forma que lo que en alguna medida ha sido capaz de plasmar será más fácil de verbalizar. Esta mejora discursiva será evidente ya que se derivan dos “conocimientos” exteriorizados; uno será el interpretativo de la obra de Leibniz y esas organizaciones tal vez un poco aisladas en principio y por otra parte el “conocimiento” argumentativo y propositivo propio desencadenado de las organizaciones de experiencias propias e innatas del investigador.

Elaborado por:	Uribe García, María Mónica
Revisado por:	Tarazona Vargas, Liliana

Fecha de elaboración del Resumen:	10	05	2018
--	----	----	------

Contenido

Tabla de Ilustraciones.....	1
Introducción	2
Capítulo 1: Contexto de origen	3
1.1 El problema de investigación.....	9
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
1.2 Referente teórico metodológico	11
1.2.1 Análisis histórico y la recontextualización “herramienta y necesidad del maestro”	12
1.2.2 Otras fuentes	15
Capítulo 2: Aspectos asociados al proceso de construcción de la noción de fuerza según Leibniz..	15
2.1 La mónada	17
2.2 Espacio y tiempo.....	23
2.2.1 Lugar, sitio y posición	26
2.3 La acción	27
2.3.1 El movimiento.....	29
2.4 La fuerza: entre la cantidad de movimiento y la <i>vis viva</i>	32
Capítulo 3: A propósito de un cuerpo que cae libremente	38
3.1 Configuración del espacio en el que cae el cuerpo	41
3.2 Configuración de la noción de fuerza en la caída según Leibniz	45
Reflexiones finales	48
Referencias bibliograficas	51

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Representación de las sustancias compuestas.....	22
Ilustración 2. La acción de caer.....	28
Ilustración 3a. Análisis de los grados de velocidad de un cuerpo que cae libremente.....	31
Ilustración 3b. 1 Análisis de los grados de velocidad de un cuerpo que cae libremente. (Fuente: elaboración propia).....	33
Ilustración 4. Cantidad de movimiento.....	34
Ilustración 5. Vis viva.....	37
Ilustración 6. Caída de un cuerpo.....	40
Ilustración 7. El cuerpo que cae.....	41
Ilustración 8. Lugar, sitio, posición en la caída.....	43
Ilustración 9. Análisis espacial de la caída.....	45
Ilustración 10. Sucesión de posiciones en la caída.....	46
Ilustración 11a. Fuerza muerta en la caída.....	47
Ilustración 11b. Fuerza viva en la caída.....	48
Ilustración 12. Fuerza.....	48

Introducción

El presente documento expone un análisis histórico del trabajo de Leibniz en relación con el concepto de fuerza, reconociendo la importancia del análisis de textos originales en la formación del maestro. Inicialmente se presenta una contextualización del problema que se abordó durante el desarrollo de la investigación; aquí son centrales algunas problemáticas que el maestro de física enfrenta en el momento de ejercer su práctica, que pueden ser atribuidas al desconocimiento del desarrollo teórico del concepto a abordar y del contexto inherente al mismo; por lo que se hace necesario iniciar con un análisis de dichas problemáticas asumiendo al maestro como un ser social en formación continua.

Seguido a este análisis se vinculan elementos conceptuales arrojados a partir de interpretaciones de algunos textos de Gottfried Leibniz: *La monadología*; *Principios de la naturaleza y la gracia*; *La teodicea. Ensayo sobre la bondad de Dios, la libertad del hombre y el origen del mal*; *Escritos de dinámica*; *Polémica Leibniz – Clarke*; y *Nuevo sistema de la naturaleza*. Este abordaje se realiza con el fin de analizar el trabajo de Leibniz y su cosmovisión, que para el caso particular del presente trabajo se enfoca en destacar algunos aspectos que permiten reconstruir la idea o noción de “fuerza”, y con estos dar explicación al mundo que lo rodea. Algunos de estos elementos están involucrados en el estudio sobre la naturaleza, por ende su composición y comportamiento; es así que se hace necesario mencionar la forma en la que Leibniz postula la composición de dicha naturaleza mediante su idea de mónada.

Intentando generar un escenario que vincule de una manera formal las representaciones que alcanza el lector por medio de la investigación con las que se tenían antes de la investigación, se propone una descripción no sólo teórica sino simbólica producto de las interpretaciones que realicé de los elementos que configuran la noción de fuerza según Leibniz. Esta apuesta constituye un paso fundamental en la recontextualización del concepto de fuerza, generado a partir del análisis histórico que se propone en el presente texto.

Finalmente, se realiza una reflexión que retoma todos aquellos elementos significativos que aportan en aspectos como la profundidad conceptual y por ende el conocimiento del tema, el enriquecimiento del lenguaje, la formación, difusión y formalización de imágenes construidas por parte del maestro en formación y, por último, el reconocimiento de la influencia del pensamiento de Leibniz en el contraste y comprensión de teorías posteriores.

Capítulo 1: Contexto de origen

En este capítulo se abordan los elementos que constituyen el contexto donde se plantea el problema central de este trabajo de grado.

1. Abordaje de conceptos en la enseñanza de la física

El desconocimiento del origen o procedencia de las palabras que explican un significado, entregadas como conceptos mediante definiciones, y el desconocimiento del contexto que abarca el desarrollo de las mismas, posiblemente generan dificultades y desinterés en los estudiantes a la hora de trabajar en la clase de física. Ya que en algunos casos el maestro limita su labor a la resolución de algoritmos, mediante la manipulación de variables sin que estos tengan aplicabilidad o sentido para sí mismo o para aquellos que pretende alcanzar mediante su conocimiento.

Si el interés de la clase de física es generar espacios que permitan la construcción de explicaciones, de conceptos y formalizaciones conceptuales de eventos; dando contexto y significación a los contenidos que se llevan al aula, orientando a los estudiantes a la comprensión de las actividades que realiza en clase mediante la organización de ideas que relacionen la experiencia y las definiciones o formalismos matemáticos que el docente propone en el aula; entonces es necesario cuestionarse por el proceso seguido por quienes han desarrollado, a lo largo de la historia de las ciencias, explicaciones a los fenómenos físicos.

Por otra parte, la formalización matemática de concepciones tiene un trasfondo procesual que no siempre es bien interpretado por los docentes, cayendo en el reduccionismo mediante la teorización para presentar conceptos mediante su síntesis formal (formulación o algoritmo) que reduce la ciencia y su enseñanza a la repetición de aplicaciones de fórmulas.

De acuerdo con los planteamientos de los profesores Malagón, Ayala y Sandoval, en su libro “Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias”, el sentido de las matemáticas en las ciencias plantea una visión del mundo que permite relacionar las diferentes formas de percibirlo e interpretarlo. Sin embargo, como señalan los autores, en el proceso de enseñanza, se cae en un abismo o se forma una brecha entre la experiencia, la teoría y la matematización, que no permite cruzar

el límite imaginario propuesto entre la experiencia y las teorías (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013). Para los autores, experiencia y teoría se supone van de la mano una de la otra y no se pueden separar ya que las formalizaciones (teorías) son modelos explicativos de la realidad. Esto exige que el profesor reconozca la actividad de formalización que han realizado los científicos que han sugerido teorías para entender el mundo.

Según los profesores Ayala, Garzón y Malagón (2007), en la enseñanza de la física es evidente para los docentes la dificultad que existe en la elaboración de explicaciones y en el desarrollo de los elementos matemáticos explícitos en éstas. Las dificultades provienen de diferentes lugares, uno de estos, se da en el punto de unión o unificación entre lo físico y lo matemático (Ayala, Garzón, & Malagón, Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos, 2007, pág. 49).

Lo anterior surge en las aulas cuando el docente presenta a sus estudiantes un concepto directamente desde el algoritmo y lo lleva a memorizarlo, sin considerar las raíces y procesos que fueron necesarios para llegar a construirlo. Termina en una falta de comprensión, tanto del concepto físico como del modelo matemático, de tal forma, que no se llega a la elaboración de una visión del mundo físico, y se genera una distancia enorme entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere. (Ayala, Garzón, & Malagón, Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos, 2007)

Sin embargo, la presentación de conceptos tiene posibilidad de desarrollarse dentro de dinámicas de clase siempre que se reconozcan el contexto de las tres partes fundamentales de ésta: el maestro como orientador del proceso, el estudiante como organizador de sus propias ideas y por ende de su conocimiento, y el autor (o autores) que relaciona la apuesta conceptual de cada clase. En este sentido, el maestro debe generar actividades que vinculen la experiencia del estudiante y que sean un escenario propicio para la organización de dichas experiencias. Considero que una herramienta docente para construir estas dinámicas es la historia de las ciencias.

A partir de la historia el maestro puede ubicar espacial y temporalmente muchos de aquellos personajes que abordaron problemáticas que posibilitaron procesos para construir el “contenido” de la ciencia. Esto conlleva a que el docente reflexione sobre el carácter activo

de la ciencia, y a concebirla más que un compendio de leyes, teorías, algoritmos, etc.; como una actividad (Bautista & Rodríguez, 2007).

Lo anterior permite al docente recrear o mostrar la actividad de emprendimiento del trabajo científico, para guiar a los estudiantes a un proceso en el cual puedan llegar, por sí mismos, a la comprensión del algoritmo como algo que surge de la actividad de organización de los fenómenos físicos, dentro de su contexto inmediato (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013).

Por otra parte, abordar conceptos desde su génesis permite indagar y argumentar la validación del conocimiento, puesto que la contextualización que permite el análisis histórico trae de la mano argumentaciones que están a la base de los diferentes planteamientos científicos; lo cual permite al docente relacionar la dinámica del conocimiento científico con la dinámica del conocimiento que se construye en el aula (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013).

Esto no puede lograrse sin que el docente reflexione sobre su papel en la enseñanza de la física y replantee sus objetivos, esperando que esto tenga una incidencia en su práctica de enseñanza, que le otorgue al estudiante herramientas que le sean útiles para la construcción del concepto y no simplemente a la memorización del mismo.

2. El concepto fuerza en la historia de la mecánica clásica

Para ampliar estos aspectos anteriormente expuestos se identificarán algunos elementos que problematizan el origen del concepto de fuerza.

En el contexto de la enseñanza de la física pueden existir limitaciones y dificultades de comprensión semántica de la palabra fuerza. Dentro de la explicación “científica” de las interacciones en la naturaleza ha resultado un concepto fundamental. Aún en este contexto, particularmente a lo largo de la historia de la mecánica clásica, se encuentran diferentes concepciones de la fuerza, que se ubican en diferentes formas de pensar el mundo y distintas preguntas o problemáticas contextuales a resolver.

El caso más conocido de la definición de fuerza es la newtoniana. En el libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Newton publicada (1689), se asocia una relación precisa entre la fuerza resultante que se ejerce sobre un objeto y las interacciones que tenga dicho

objeto con otros, donde la fuerza resultante sobre un cuerpo tiene que ser igual a la suma de todas las fuerzas que los demás ejercen sobre él. La fuerza es la interacción entre dos o más objetos. No puede existir una fuerza sola, sin un cuerpo que la produzca y otro que la reciba (Willson & Buffa , 2003)

Desde esta propuesta se afirma que cuando un objeto cae, no lo hace por sí solo, sino que es producto de su interacción con la Tierra. Siendo las fuerzas de interacción entre los objetos iguales y opuestas, hay una fuerza resultante y, por tanto, aceleración. Las fuerzas de interacción entre cada dos objetos son iguales, cada uno tiene una aceleración distinta.

Sin embargo, en la historia de las ciencias hay otras ideas de fuerza como la de Leibniz, en donde discute en detalle los diversos significados que se le han asignado al concepto “fuerza a través de las edades” (Lindsay, Historical development of the Dowden, hutchinson & Ross, 1975, pág. 110). Leibniz muestra en su artículo titulado “Nuevo sistema de la naturaleza y comunicación de las sustancias” en 1695 la necesidad de acudir a dicho concepto fuerza el cual existe en el cuerpo/alma: (...) “Aristóteles las denominaba entelequias primeras. Yo, quizá más inteligiblemente, les doy el nombre de fuerzas primitivas, porque no contienen solamente el acto o complemento de la posibilidad sino, además, una actividad original.” (Leibniz G. W., Nuevo sistema de la naturaleza, 1695, pág. 3); además Leibniz a dicha noción la divide entre fuerza activa y fuerza pasiva, además a cada una de las fuerzas le asigna una subdivisión entre la fuerza primitiva de una sustancia y la fuerza derivativa (Ruiz Gómez, Fuerza primitiva y fuerza derivativa en G. W. Leibniz. Modificación y limitación, 2015, pág. 144). La forma de cada sustancia, de cada mónada es la fuerza primitiva. La fuerza derivativa es, en cambio, la causa del movimiento y propiamente el objeto de la dinámica. Así, se puede afirmar con cierta seguridad que, para Leibniz, la fuerza derivativa es una modificación de la fuerza primitiva, donde dicha modificación se verifica en los fenómenos. (Leibniz 1991/1710, pág. 60)

En el texto de Lindsay *Energy: Historical developmen of the concept* se pone énfasis en la importancia al concepto de *vis viva* el cual se interpretó como el producto de la cantidad de momentum o su velocidad de cambio, con la cantidad total de movimiento en el universo asumida como una constante. Leibniz llegó a asumir que la fuerza era algo inherente al cuerpo y este le permite hacer trabajo. Leibniz publicó en el *Acta Eruditorum de Leipzig* (1686) una

breve nota exponiendo su punto de vista en términos del caso de un cuerpo que cae libremente bajo la gravedad e insistiendo en que la magnitud de la fuerza es el producto de la masa multiplicada por la velocidad al cuadrado, aclara que esta cantidad es invariante. A esta fuerza la llamó, *vis viva* o fuerza viva, es decir, la fuerza conectada con el movimiento, distinta de *vis mortua*, o la fuerza muerta de la estática. (Lindsay, Historical development of the Dowden, hutchinson & Ross, 1975, pág. 109)

Tanto para él, como para otros filósofos de la época, el concepto de fuerza era algo inherente al cuerpo. La fuerza puede ser determinada por la magnitud del efecto que produce, por lo tanto, Leibniz dice que las fuerzas están en la proporción compuesta de los cuerpos a la altura que produce la velocidad, es decir, la altura desde la cual, al caer, son capaces de adquirir tales velocidades, o más la altura que los produciría, pero no generalmente a las velocidades mismas (Lindsay, Historical development of the Dowden, hutchinson & Ross, 1975). Para Leibniz la fuerza era algo muy importante, daba indicaciones de que el paso de la metafísica a la dinámica era la llave total de su sistema (Ruiz, 2015).

En el ensayo de Coronado (2003) se encuentra un extracto de una carta que Leibniz le escribe a Remond en 1714 se puede apreciar el carácter metafísico de su trabajo:

(...) cuando yo buscaba las últimas razones del mecanicismo y de las leyes del movimiento, me sentí sorprendido al ver que era imposible encontrarlas en las matemáticas y que era menester volver a la metafísica. Esto es lo que condujo a las entelequias, y a lo material y a lo formal, y por último a comprender, después de varias correcciones y esbozos en mis concepciones, que las mónadas o sustancias simples son las únicas sustancias. (Coronado, 2003, pág. 12)

En congruencia con lo anterior, Leibniz se apoya de las experiencias que realizaron Galileo, Huygens, Descartes, entre otros, para desarrollar su concepto de fuerza viva, sin embargo acude a una descripción metafísica del mundo que es necesario detallar.

1.1 El concepto fuerza en la enseñanza de la física

A pesar de que Newton, Leibniz y otros filósofos mencionen la “fuerza” para explicar el movimiento, hay una concepción distinta de cada una de ellas; esto implica ubicar la mirada de mundo que cada uno de ellos tenía y que están implicadas en el concepto. Sin embargo, en los libros de textos se presentan, por lo general, definiciones asociadas quizás de forma incorrecta a los planteamientos de los autores.

Un ejemplo muy común es el que se asocia a Newton y su noción de fuerza asumida con relación a algunos efectos que podemos observar de forma usual; es decir explicamos una fuerza de acuerdo a lo que esta hace o produce. En relación a la experiencia propia evidenciamos que las fuerzas pueden producir cambios en el movimiento de algún objeto, también es posible que este objeto se acelere o se frene si ya está en movimiento e incluso debido a la fuerza es posible cambiar su dirección de movimiento, puesto en otros términos, una fuerza puede producir un cambio de velocidad (rapidez o dirección, o ambas), o sea una aceleración. De esta forma, cuando observamos un cambio en un movimiento podríamos advertir el efecto de una fuerza. Así es muy común encontrar en los libros de texto definiciones que hacen referencia a la fuerza como: Algo que puede cambiar el estado de movimiento de un cuerpo (su velocidad). (Willson & Buffa , 2003)

Sin embargo, como afirman algunos investigadores, en el aula los estudiantes tienen diferentes concepciones de fuerza, por ejemplo los profesores Ayala, Malagón y Guerrero , en el artículo *Elementos para introducir el concepto de energía mecánica sin recurrir al concepto de trabajo* afirman que:

Los estudiantes suelen hablar de una fuerza que se transmite y de una fuerza de movimiento, cosa que el maestro ve como un error y no como una forma diferente a la newtoniana de abordar el movimiento de un sistema. Los estudiantes, también, acostumbran asumir que un cuerpo se encuentra en condiciones de equilibrio cuando su velocidad es cero, al asociar velocidad cero con ausencia de "fuerza de movimiento" y a este hecho con equilibrio. (Ayala; Malagón; Gerrero, 1998, pág. 5)

Autores como Solano, Jiménez, y Marín (2000) plantean la importancia entre las diferentes correspondencias que se pueden hallar entre las ideas establecidas históricamente del concepto de fuerza y las diferentes formulaciones o ideas de los estudiantes. Esto puede

aclarar el panorama que es afrontado en relación a la validación y formulación de las diferentes teorías científicas y procesos de aprendizaje de la mecánica clásica.

También hay autores como Sanjay y Zollman (2004) que afirman que el dominio del concepto de fuerza, por parte de los estudiantes, ayuda a una comprensión más efectiva frente a conceptos referentes de la mecánica; desde esta perspectiva es importante la formulación de que el movimiento o el cambio está ligado a algo que lo genere (Fuerza).

Entonces, el maestro debería tener criterios para reconocer y abordar los significados que dominan sus estudiantes, que podrían estar vinculados a la formulación de otros conceptos como el de energía. Pero para esto es necesario que acuda a elementos que brinda la historia de la ciencia.

1.1 El problema de investigación

Se reconoce que el estudio de la historia podría evidenciar que las construcciones científicas son un proceso de trabajo conjunto, que no surgen por azar o gracia divina. Por el contrario, la producción científica ha estado ligada en su totalidad al contexto social y cultural propios de la actividad humana, que permean las diferentes comunidades científicas de distintas épocas. Además surge de unas necesidades propias, que urgen de una solución ante la imposibilidad de ser respondidas por la ciencia actual (Nersseian, 1995).

Las propuestas de Newton y de Leibniz plantean tan solo dos perspectivas, tal vez las más comúnmente difundidas por las comunidades científicas en relación al concepto e idea de fuerza, y es de aclarar que para el interés particular del presente trabajo, se realiza un análisis histórico que asume como epicentro las discusiones propuestas por Leibniz. Esto por la cercanía con la noción de fuerza que podrían tener los estudiantes al iniciar el abordaje del estudio del movimiento de los cuerpos. Se considera que este análisis histórico tiene implícito un posible campo de motivación y reflexión propuesto para maestros que asuman el conocimiento como una construcción social y por ende histórico. Entonces, la exploración del concepto de Leibniz podría allegar criterios para pensar su enseñanza y posibles vínculos con concepciones alternativas de los estudiantes.

En congruencia a lo anterior es importante incluir la historia en la formación de maestros en ciencias y en particular en la enseñanza de la física, ya que reconocer el proceso de

construcción histórico del conocimiento implica la acepción y análisis de teorías que en su momento fueron juzgadas y tal vez invalidadas pero se constituían como formas de organizar experiencias propias de un individuo particular (Leibniz). Del mismo modo el maestro podría asimilar los conceptos alternativos de sus alumnos como formas de organización legítimas y los estudiantes podrían ver el valor de sus ideas, mostrando al mismo tiempo cómo nociones semejantes en un proceso de transición continúan o no vigentes en la historia.

Puesto que la construcción que se analiza es la noción de “fuerza” a partir de la visión particular que propone Leibniz, será necesario indagar sobre aquellos elementos que le permiten fundamentar su concepción así como reconocer sus implicaciones en un proceso de descripción del movimiento.

Las consideraciones anteriormente expuestas llevan a formular las preguntas que orientaron este trabajo:

¿Qué elementos de la cosmovisión o metafísica de Leibniz configuraron su concepción de fuerza? ¿Cómo intervienen estos elementos en la descripción del movimiento de los cuerpos?

A partir del análisis histórico-crítico del concepto fuerza según Leibniz, ¿qué reflexiones para la enseñanza de la física se pueden derivar?

En consecuencia, los objetivos de este trabajo son:

Objetivo general

- Elaborar un análisis histórico de algunos planteamientos expuestos por Leibniz correspondientes al concepto de fuerza, que abran la posibilidad de un diálogo interpretativo y reflexivo con el autor y las implicaciones para la enseñanza de la física, particularmente para abordar el movimiento de los cuerpos.

Objetivos específicos

- Identificar elementos conceptuales que permiten la organización particular de la visión leibniziana en relación al concepto de fuerza.

- Caracterizar el evento de caída de los cuerpos que permita la formalización de una imagen particular y convergente conceptualmente con las organizaciones propuestas por Leibniz.
- Reflexionar sobre las implicaciones de éste estudio para la enseñanza de la física y la formación docente.

1.2 Referente teórico metodológico

Asumir un rol como docente titular en instituciones de educación formal demanda de una responsabilidad que implica tanto formación disciplinar como pedagógica; pero además de esto, es requisito fundamental para el docente en ciencias reflexionar sobre una imagen de ciencia que esté en la misma vía del quehacer científico y la práctica docente. Para este trabajo se asume la imagen de ciencia como una construcción cultural, producto de prácticas sociales en ambientes particulares y que resuelven necesidades o problemas específicos. Dicha imagen que logra configurar el docente también es producto de interacciones sociales y culturales que a lo largo de su vida han permitido organizar el “mundo” o las experiencias de maestro; esto necesariamente se exterioriza en las aulas de clase. De esta forma si asumimos la imagen de ciencia como absoluta, acabada, establecida e inmóvil; estaremos movidos a llevar al aula contenidos, leyes y teorías, en otras palabras, un cúmulo de información ajena a las experiencias, tanto del maestro como de los estudiantes, y por qué no decirlo alejado tal vez aún de las mismas visiones de los autores de dichas teorías.

Es aquí donde radica la importancia y el énfasis del presente trabajo que a lo largo de estas páginas se intentará hacer un reconocimiento a la inminente necesidad del diálogo con autores (para este caso particular Leibniz), reconociendo la importancia de la historia en el proceso de construcción del conocimiento científico. Para esto se acude al análisis de fuentes originales y(o) traducciones de las mismas, como forma o herramienta de construcción para la formación de la imagen que el maestro se hace del “mundo”, no dejando de lado la formación disciplinar (en el área de la física) por profundizar aún en las visiones filosóficas del autor; sino que por el contrario se fortalece esta área ya que el maestro tendrá la oportunidad de evidenciar el cómo, cuándo, dónde y por qué se han originado teorías que a

lo largo de la historia han permanecido o no en medio de la constante validación de las mismas por las comunidades científicas.

Lo anterior implica en primera medida realizar un estudio documental de las fuentes primarias producto del trabajo de Leibniz, que para este caso particular el interés estará enfocado en la construcción conceptual de la “fuerza”. Posteriormente, un análisis histórico-crítico que permita identificar los aspectos relevantes que configuran la construcción de dicho concepto en el trabajo de Leibniz, como son las ideas de espacio y tiempo. Finalmente, el estudio permite realizar un proceso de reflexión que vincule la práctica docente y las posibles implicaciones sobre la imagen de ciencia que el maestro construye a lo largo de dicho análisis.

En consecuencia surge la necesidad de aclarar de qué forma se hace el análisis histórico-crítico, pero sobre todo cuál es la importancia de realizar este tipo de inmersiones en la historia del conocimiento y sus procesos de construcción a partir de cosmovisiones particulares, para este caso la propuesta por Leibniz.

1.2.1 Análisis histórico y la recontextualización “herramienta y necesidad del maestro”

Ayala (2006) plantea que el estudio de la historia y la filosofía de las ciencias en el proceso de formación de los maestros es de gran importancia, ya que incide en la idea que tienen de ciencia que ellos configuran. Haciendo uso de la historia, el maestro logra argumentar su trabajo si comprende las necesidades intelectuales, sociales, políticas, entre otras, en las que estuvo el científico; es decir, si une esto con la actividad científica y los diferentes propósitos que dieron origen al conocimiento científico. Para la autora, desde la historia se reconoce la ciencia como una actividad; y por tanto orienta al maestro en su labor permitiéndole pensar en los elementos que cruzan la construcción de explicaciones sobre el mundo y cómo los conceptos, las teorías o las leyes son resultados de esa actividad (Ayala, 2006).

Establecer un vínculo entre los planteamientos de Leibniz y las preocupaciones de la práctica docente que se han planteado anteriormente, implican un proceso de recontextualización (Castillo, 2008). Esto hace posible la construcción de nuevos significados o sentidos a las construcciones teóricas que se privilegian en las clases de

ciencia. Además, se amplía el horizonte para la construcción de organizaciones y nuevas ideas para abordar los fenómenos y que estos sean más factibles de entender.

Es así que, a partir del estudio de fuentes primarias, es posible analizar planteamientos que se encuentran en las obras de los científicos; de esta forma se puede considerar que la historia de las ciencias tiene un papel importante en la organización de la experiencia como forma de producción de conocimiento y por ende en los procesos de enseñanza en los cuales está inmerso el maestro como afectado directo de dicha actividad de recontextualización en función de su propia formación. La recontextualización es reconocida como un escenario que posibilita la construcción de conocimiento y procesos de investigación, siendo estas significativas para el maestro (Castillo, 2008)

Por otra parte, si se concibe que el maestro no es simplemente un transmisor de productos terminados, si no que elabora actividades que le permitan indagar sobre la naturaleza, establece un diálogo con la historia de un hecho científico, entonces podrá realizar actividades análogas a las realizadas por el científico pero con intereses particulares. De esta forma resulta como implicación en la enseñanza de algunos conceptos y(o) teorías que los estudiantes organicen, analicen y comprendan fenómenos en lugar de repetir por procesos de memorización descontextualizados y sin ningún sentido. (Ayala, 2006)

Según la profesora María Mercedes Ayala (2006), la recontextualización de saberes es una actividad que realiza el investigador según sus intereses y conocimientos. Es un diálogo con los autores en busca de elementos para el planteamiento, o solución de un problema, o la construcción de una imagen de una clase de fenómenos.

Los procesos de recontextualización le dan al maestro un giro en su discurso, ya que aumenta su conocimiento y los conceptos los puede tomar con mayor apropiación y comprensión, entonces el maestro además de brindar al aula lo que ofrecen los libros de textos (donde se realiza una contextualización sencilla), nutre sus conocimientos y alimenta los procesos de la enseñanza al llevar el concepto en términos que presuponen imágenes más claras para el maestro y por ende la posibilidad de desenvolvimiento más fluido en el aula de clase.

Así pues, la recontextualización puede ser entendida como un cierto análisis histórico que posibilita los procesos de significación y construcción de sentidos, cuyas fuentes se encuentran tanto en los planteamientos que los científicos han desarrollado en torno a las problemáticas y fenómenos que llevaron a la construcción de conceptos, y leyes que estructuran las teorías científicas, como en las elaboraciones de aquellos que se encuentran inmersos en la formulación de problemas, construcción de fenómenos, y estructuración de explicaciones (Castillo, 2008, pág. 80)

La recontextualización puede entonces ser una herramienta para que el maestro enriquezca su conocimiento. En primera instancia hay que reconocer al conocimiento como una actividad humana, un proceso realizado en un espacio y tiempo específicos. Desde ese punto se puede pensar la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de propiciar el paso de una forma de ver el mundo a otra (Malagón, Ayala, & Sandoval , 2013)

De esta forma, si se asume el estudio de la historia como un recurso necesario para la adquisición del conocimiento y la enseñanza del mismo; cuando el docente se interese y además se comprometa con el estudio de la historia será un paso obligado abordar los documentos originales. Desde estos se permite el reconocimiento de aspectos sociales y culturales en medio de los cuales han surgido las teorías y no sólo el conocimiento de las mismas, de las ecuaciones y fórmulas propuestas por los libros de textos. Esto da la posibilidad al lector de situarlas en un contexto, según unas necesidades específicas históricamente establecidas. Este ejercicio implica una construcción de un discurso de las experiencias y la información brindada por el estudio de los originales y además que se establezca una relación con el contexto de la enseñanza de las ciencias.

En este sentido, durante el desarrollo de este trabajo se acudió a algunas fuentes primarias de Leibniz. Estas se abordaron con la intención de reconocer los elementos que involucró en su idea de fuerza. Algunos de los trabajos abordados fueron: En los textos del autor como: “La monadología”, “Principios de la naturaleza y la gracia”, “Escritos de dinámica”, “Polémica Leibniz – Clarke”, “Nuevo sistema de la naturaleza” y la “Teodicea. Ensayos sobre la bondad de Dios, la libertad del hombre y el origen del mal”.

1.2.2 Otras fuentes

En relación a investigaciones que han estudiado aspectos del objeto de estudio de esta investigación y particularmente los asociados con los procesos de enseñanza del concepto de fuerza, se presentan los siguientes antecedentes que han contribuido con el desarrollo de la presente investigación.

Como primer antecedente, en el año 2006, en el programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico de la Universidad Pedagógica Nacional, se realiza un trabajo de grado titulado *Construcción y significado de la energía mecánica* por Liliana Tarazona Vargas. Este retoma el concepto de energía mediante el análisis de los estudios realizados por Galileo, Descartes y Leibniz. Se reconocen los conceptos y su contextualización, se afirma que no se pueden dejar de lado ya que responden a intereses particulares de las diferentes épocas, dando sentido a leyes y principios planteados por cada autor. De esta forma la importancia frente a la contextualización en el aula prevalecerá sobre los formulismos que, en ausencia de los anteriores, carecen de sentido y significado. Frente al presente proyecto de investigación, este trabajo contribuye en referencia a la importancia del análisis histórico de los conceptos para la enseñanza de la ciencia.

Como segundo antecedente se presenta una propuesta del año 1994, en el programa de Doctorado de la Universidad Sevilla en España, esta tesis se titula *La ley de continuidad en G.W. Leibniz* por Manuel Luna Alcoba. El objetivo de este trabajo es mostrar que la noción de continuidad en Leibniz se vincula con el abordaje de la noción del espacio, tiempo y fuerza. Lo anterior en alguna medida se relaciona con los intereses del presente trabajo, aporta definiciones, interpretaciones y recursos bibliográficos. Por otra parte, ya que la motivación de esta investigación es el análisis de originales de Leibniz se posibilita un contraste con las interpretaciones propias, a partir del análisis y las propuestas de Luna (1994).

Capítulo 2: Aspectos asociados al proceso de construcción de la noción de fuerza según Leibniz

Con el fin de realizar un análisis del trabajo de Leibniz y de su cosmovisión, que para el caso particular del presente trabajo se enfoca en aquellos aspectos que permiten reconstruir la idea o noción de “fuerza”, y que él destaca para dar explicación al mundo que lo rodea. Algunos de estos elementos están involucrados en el estudio sobre la naturaleza, por ende, su composición y comportamiento; es así que se hace necesario mencionar la forma en la que Leibniz postula la composición de dicha naturaleza mediante su idea de sustancia.

La idea de sustancia es el primer reto para Leibniz, ya que para él todo es un continuo de sustancia necesita postular un agente individualizador de la naturaleza. Este agente debe dar cuenta de la corporeidad y el comportamiento de la materia mediante la composición de todas sus partes; tales partes deben tener una característica especial y es que la temporalidad no las afecte, sino que permanezcan iguales en el tiempo, además han de ser únicas e irrepetibles de acuerdo con el principio de los indiscernibles¹. Así, Leibniz acude a la definición de la “Mónada” como elemento constitutivo de las sustancias que satisface sus características.

Siguiendo la misma línea de constitución del todo, es importante mencionar la propuesta que hace Leibniz del espacio, en la cual éste es concebido como relativo, no absoluto, mostrando la realidad tal y como se muestra en la percepción, asumiendo un espacio no isotrópico, diferenciado por cada una de las características de las mónadas que lo conforman; por lo cual el espacio es el orden de las cosas simultáneas, siendo éste continuo sin ningún tipo de vacío posible.

Esta imagen de mundo, cuerpos constituidos de mónadas que se mueven en un mar de mónadas, lleva a Leibniz a preguntarse por la magnitud que permite dar cuenta de la constancia de los cuerpos a pesar de su movimiento.

Leibniz introduce entonces el concepto de fuerza para explicar los fenómenos relacionados con el movimiento. Analiza dicho movimiento a partir de los efectos que se pueden observar en los diferentes cuerpos, define qué es la posición del cuerpo y cómo aunque ésta cambie el cuerpo permanece. Entonces para Leibniz la fuerza es un elemento

¹ El principio de la identidad de los indiscernibles consiste en que no hay, ni es posible que haya en el universo dos cosas, o sustancias, que sean absolutamente iguales en todas sus propiedades. Afirma Leibniz en su *Discurso de Metafísica* que "no es cierto que dos sustancias se asemejen enteramente y sean diferentes sólo en número". "No hay en la naturaleza dos seres reales y absolutos indiscernibles entre sí" (Leibniz, 1686/1942, pág. 10)

que juega un papel fundamental en los fenómenos como causa del movimiento y de la permanencia de los cuerpos cuando existe algún tipo de movimiento o al transcurrir el tiempo. En esa búsqueda de la cantidad que permite describir al cuerpo mantenerse idéntico a pesar de los cambios de estados, Leibniz describe las características de las mónadas. Esta cantidad que permanece idéntica Leibniz la denomina “*vis viva*” o fuerza viva definida por el producto de la masa y el cuadrado de la velocidad ($m \cdot v^2$); y es esta relación la que permite establecer una permanencia constante en relación de la posición con el cuerpo.

A continuación se propone analizar de forma más detallada cada uno de los aspectos mencionados que permitieron a Leibniz proponer una organización del universo (imagen propia del universo).

2.1 La mónada

La mónada es un elemento fundamental dentro de la cosmovisión de Leibniz. “La Mónada de que hablaremos aquí, no es otra cosa que una substancia simple que forma parte de los compuestos; simple, es decir, sin partes” (Leibniz, 1889, pág. 9). Estas unidades mínimas fundamentales no tienen materia ni extensión puesto que son indivisibles, las mónadas son nociones que dan cuenta de la composición o manifestación del todo a lo que Leibniz llama los verdaderos Átomos de la Naturaleza (Leibniz, 1889)

Esta sustancia simple posee una serie de características necesarias que fundamentan la organización del todo; además de dar razón de la interacción y la permanencia de los cuerpos ante un cambio de movimiento. Dentro de estas características encontramos que las mónadas son eternas, no se descomponen, están sujetas a sus propias leyes, obedecen unas instrucciones intrínsecas o preestablecidas dadas por la mónada increada.

Estos argumentos muestran la importancia que Leibniz propone ante la idea de Dios como mónada suprema, que ordena o establece las instrucciones que son asignadas para que sucedan las cosas, sin dejar de lado el principio de la armonía preestablecida.

De acuerdo con las descripciones propuestas por Leibniz en *La monadología*, la “mónada” se propone como una sustancia simple o unidad fundamental de las sustancias compuestas o cuerpos (los cuerpos compuestos son un agregatum de simples o mónadas). Sin embargo, las

mónadas no pueden ser representadas con base a formas o extensiones que den cuenta de una magnitud, éstas no se pueden dividir y por lo tanto no son constituidas por materia. Esta característica puede vincularse a la idea de punto como constitutivo de la línea, que aún sin extensión conforma una figura extensa. De aquí que esta característica de las mónadas se vincule la noción del diferencial en el cálculo.

Otra de las características primordiales de las mónadas propuesta por Leibniz es su eternidad; esto es, la mónada no muere, sino que cambia su percepción y este cambio es denominado “apetición”, como lo explica en *Principios de la naturaleza y de la gracia*:

Una mónada, en sí misma y en el momento, no puede ser discernida de otra sino sólo por las cualidades y acciones internas, las cuales no pueden ser otra cosa que sus percepciones -es decir, las representaciones de lo compuesto o lo que está fuera, en lo simple- y sus peticiones -es decir, tendencias de una percepción a otra- que son los principios del cambio. Porque la simplicidad de la substancia no es obstáculo a la multiplicidad de las modificaciones, que deben hallarse juntas en la misma substancia simple y deben consistir en la variedad de las relaciones con las cosas que está fuera." (Leibniz G. , 1982, pág. 597)

Sin embargo, a pesar de que las mónadas están dotadas por todas las características Leibniz establece diferencias entre las mónadas: “Asimismo, cada mónada necesita ser diferente de las demás, porque no hay jamás en la naturaleza dos seres que sean perfectamente idénticos. Y en que no sea posible hallar una diferencia interna, o fundada sobre una denominación intrínseca”. (Leibniz, 1889, pág. 11)

En consecuencia, cada mónada tiene su conciencia propia y representa al universo, esto no implica que una se parezca a otra ni influya sobre ella. Esta diferenciación establece una multiplicidad de relaciones y afecciones que producen cambios producto del llamado “principio interno”². Esta diferencia entre dichas acciones Leibniz la denomina “percepción” (un estado de interacción no consciente, pero si preestablecido por las especificaciones

² Este principio define las diferentes especificaciones que producen un grado de interacción entre las mónadas; interacciones que son diferentes.

propias de cada mónada). Esto por ninguna razón acepta la divisibilidad, de esta forma hay cambios en la interacción, pero no en la caracterización de la mónada en sí.

En relación con la percepción como diferencia en la interacción entre las mónadas y su forma de reflejar el universo, Leibniz propone una organización jerárquica que permite la clasificación de las mónadas con base en su accionar.

Cada mónada tiene su conciencia propia y representa al universo, sin por eso parecerse una a otra ni influir sobre ella. Los cuerpos compuestos son un agregatum de simples o mónadas. Estas se dividen en categorías, según el poder y cualidad de sus proporciones. Las mónadas sin percepción constituyen los cuerpos inertes; los animales son mónadas de percepción vaga y confusa. En los seres racionales considera el cuerpo que es una serie de mónadas inferiores y limitadas, y el alma que es una serie de mónadas de representación muy viva”. (Leibniz, 1889, pág. 6)

En primera medida se puede señalar lo que Leibniz denomina “simple mónada” haciendo alusión a la materia inerte; ésta contiene una percepción “débil” atribuida a la falta de dominio sobre su accionar (no hay memoria ni razonamiento en su actuar), a menos de que otra lo incite a otra actividad. Leibniz señala que este tipo de percepción es análogo al letargo que podemos sufrir en el cual perdemos la memoria o simplemente el cuerpo pierde la sensibilidad y por ende las percepciones sensoriales “(...) En este estado el alma no difiere sensiblemente de una simple mónada; pero como este estado no es duradero y el alma se sustrae a él, ella es algo más.” (Leibniz, 1889, pág. 14)

La segunda clase de mónadas son aquellas que presentan mayor actividad y por ende contienen percepciones y memoria; éstas permiten asociar la búsqueda de las verdades de hecho³ en diferentes acontecimientos, esta es propia de los animales, las plantas, etc. Para ejemplificar podemos vincular el crecimiento de la raíz de una planta de páramo (frailejón), normalmente crece hasta los 12 centímetros (esto debido a la memoria de que ha sido dotada), pero si cambiamos su habitat podría o no cambiar su extensión ya que ésta ha sido dotada de

³ Hay dos clases de verdades: las de Razonamiento y las de Hecho. Las verdades de Razonamiento son necesarias, y su opuesto es imposible, y las de Hecho son contingentes y su opuesto es posible. Cuando una verdad es necesaria, se puede hallar su razón por medio de análisis, resolviéndola en ideas y verdades más simples, hasta que se llega a las primitivas. (Leibniz, 1889, pág. 18)

cualidades que le permiten asimilar su entorno de acuerdo a unas especificaciones propias de su especie. De manera similar un animal reacciona frente a la sensación de hambre por memoria y no por conciencia o reflexión, asimismo las plantas reaccionan frente a los cambios de temperatura o luminosidad (presentando pigmentaciones o decoloración) no por conciencia sino por memoria.

La tercera clase de mónadas son aquellas cuya percepción es aperceptiva (tiene conciencia) tiene consideraciones en su actuar o es persuadido mediante la razón para reaccionar frente a situaciones particulares (más allá de la memoria).

Pero el conocimiento de las verdades necesarias y eternas es el que nos distingue de los simples animales y nos hace tener la Razón y las Ciencias, elevándonos al conocimiento de nosotros mismos y de Dios. Y esto es lo que es llamado en nosotros Alma Razonable o Espíritu. (Leibniz, 1889, pág. 17)

Por consiguiente, esta clase de mónadas son propias del hombre que diferencia su accionar de los animales mediante la reflexión de reconocer todas sus percepciones como propias y percibirse como único. Estas mónadas, también llamadas espíritus consiguen aspirar a las verdades de razón.

Así los seres vivos están compuestos por varias mónadas simples, que unidas forman el cuerpo, y una única mónada que incluye la memoria, vinculando la razón. Ésta última es denominada por Leibniz como la mónada dominante, que percibe vivamente las percepciones de las mónadas inferiores, relacionando por lo tanto las percepciones de las mónadas del resto del universo. Si la mónada principal es del segundo tipo, es decir, posee memoria y por lo tanto sentimiento, “A este cuerpo se le denomina animal y a su mónada se le llama alma” (Leibniz, 1889, pág. 27). Si en cambio esta alma se eleva a la razón, es decir, alcanza el tercer nivel, pasa a denominarse espíritu.

El cuarto tipo de mónada es la mónada infinita, es decir, Dios, que contiene en ella percepciones absolutamente nítidas de todo aquello que ocurre en el universo. Propiamente dicho, la mónada infinita no tiene una perspectiva sino que percibe simultáneamente el universo de manera completa e intuitiva. “Es así que la última razón de las cosas debe estar

en una sustancia necesaria, en la cual, la relación de los cambios sea eminente, como en el manantial, y a esto es a lo que llamamos Dios (Leibniz, 1889, pág. 20)

Respetando esta caracterización y en congruencia con el establecimiento de la continuidad planteada por Leibniz, las mónadas se vinculan entre sí de forma ordenada obedeciendo a una organización superior que establece mediante la idea de Dios como la mónada suprema. De acuerdo con lo anterior las mónadas son seres capaces de accionar y por ende un reflejo del comportamiento del universo mismo, una forma por medio de la cual el mundo y aun Dios puede expresar una diferenciación interna y cualitativa sin dejar de ser entes homogéneos.

“De donde se sigue que, no siendo la percepción otra cosa que la grandeza de la realidad positiva separada de todo límite objetivo, Dios es absolutamente perfecto; y de aquí que donde no hay límites, es decir, en Dios, la perfección es absolutamente infinita” (Leibniz, 1889, pág. 20)

Podemos afirmar que los compuestos o sustancias compuestas están en concordancia con los simples o sustancias simples ya que, ante la imposibilidad del vacío y en congruencia con la continuidad, toda la materia está ligada y cualquier efecto que se realice sobre algún elemento afectará a todos los demás. Para ejemplificar consideremos una caja llena de esferas en contacto de tal forma que tanto las filas como las columnas apiladas estén perpendicularmente unidas, si golpeo una de las esferas, ésta ejercerá una acción aun sobre las esferas más alejadas (ver *Ilustración 1*) de tal manera que cada cuerpo está afectado no solamente por aquéllos que le tocan, y no sólo se resiente de algún modo por lo que les suceda a éstos, sino que también por medio de ellos se resiente de los que tocan a los primeros, por los cuales es tocado inmediatamente. Acorde a esto, entre las esferas existe una comunicación de la misma forma que existe una comunicación (interacción) entre las mónadas independientes a la distancia, por lo que podemos afirmar que cualquier suceso en el universo afectará a todos los cuerpos.

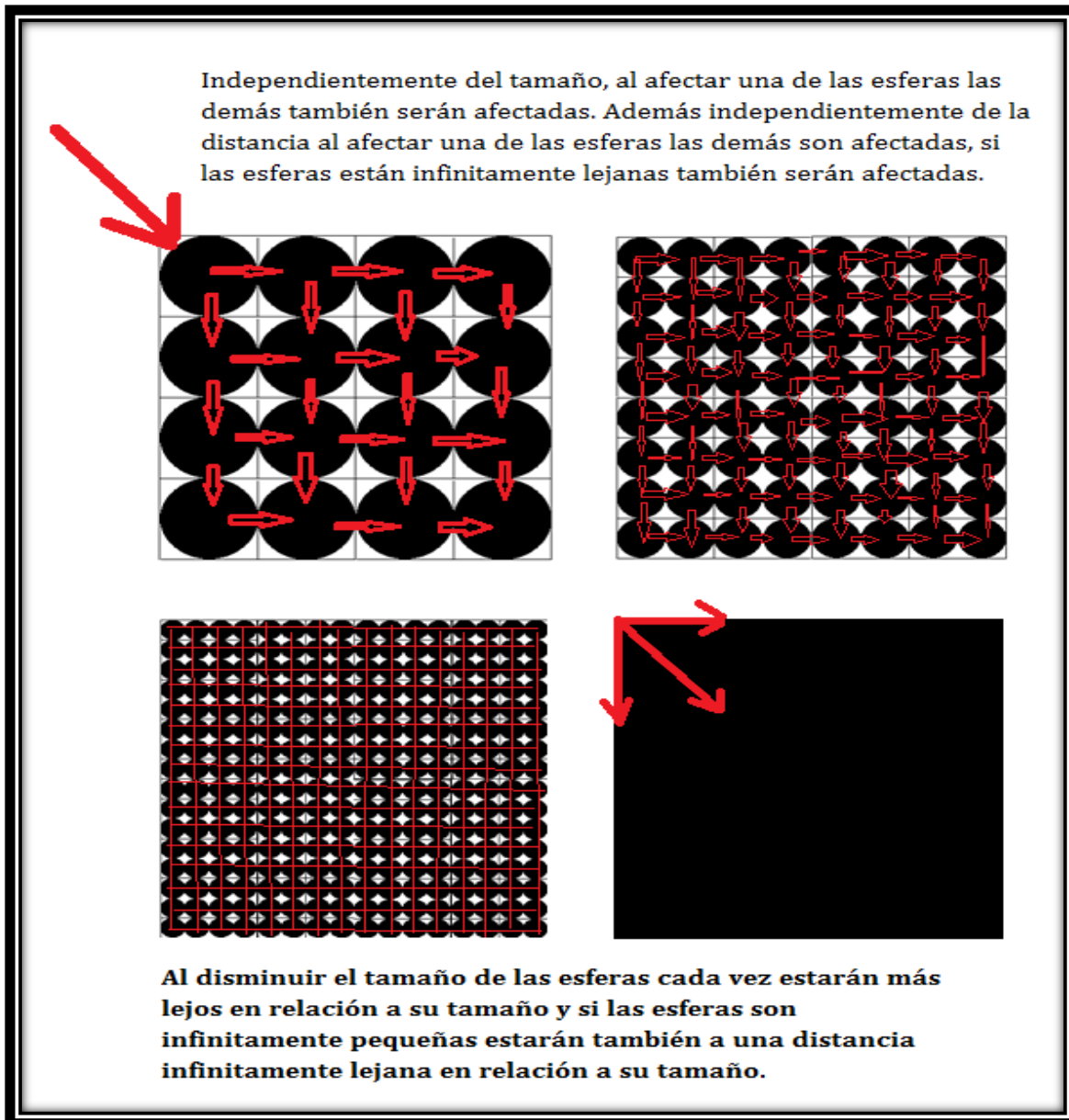


Ilustración 1. Representación de las sustancias compuestas (Fuente: elaboración propia)

2.1.1 Cuerpos

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones en relación a las mónadas, cuando Leibniz habla de cuerpo o de materia se debe tener presente que es una simple denominación. Para él la materia es un simple agregatum de partes formado por una colección de mónadas (Leibniz, 1889, pág. 6). El cuerpo, o materia, es extenso de forma únicamente de carácter

fenoménico⁴ pues la mónada es inextensa. Esto quiere decir que la extensión (cuerpo) es la manera en que la mónada puede representarse (exteriorizarse) en las sustancias compuestas.

En congruencia con los grados de jerarquización que propone Leibniz existirán tres tipos de cuerpos, que se podrían enmarcar en tres “grupos” generales: las cosas, los animales y los seres humanos (Leibniz, 1889, pág. 6 - 17). Para aclarar esta clasificación, se deben asumir las cosas como sustancias compuestas por simples mónadas de percepción débil. Esta percepción se refleja en relación con su accionar o actividad, que debe siempre ser inducida por la interacción con un cuerpo externo que cambie su estado de acción de forma involuntaria.

Por otra parte, los animales son sustancias compuestas por mónadas de segundo orden jerárquico, esto implica una verdad de hecho, quiere decir que las percepciones tienen memoria y esta memoria guía el accionar; dicho accionar puede ser estable o repetitivo, por ejemplo, la pigmentación en las plantas, la sensación de hambre, el crecimiento, etc. Esto no implica una acción voluntaria ya que responde a una memoria y no a la razón o estado de conciencia para accionar o interacción con otros cuerpos de cualquier orden jerárquico.

Finalmente hay una categoría especial propuesta por Leibniz debido a la posibilidad de poseer percepciones superiores, alma y razón; esta categoría la ocupa el ser humano o espíritu. El hombre/espíritu como una organización de mónadas de tipo uno, dos y tres posee conciencia y es capaz de persuadir o ser persuadido en su accionar, de esta forma el hombre o espíritu persigue las verdades de razón que le permite llegar a procesos de reflexión.

2.2 Espacio y tiempo

Al seguir la ruta que se ha establecido para abordar las consideraciones que Leibniz plantea sobre el concepto de fuerza se hace necesario abordar los conceptos “espacio y tiempo” con base en el principio de continuidad. En congruencia con este, Leibniz define lo extenso como un continuo cuyas partes obedece a un orden; en palabras de Leibniz “la

⁴ Con este término nos referimos fundamentalmente a la realidad tal y como se muestra en la percepción. Todo objeto perceptible es fenómeno; la realidad perceptible es la realidad fenoménica. Un perro, un árbol, una piedra son fenómenos, y nuestro cuerpo también; Dios y el alma no son fenómenos. (Olleta, s.f.)

extensión es el orden de las coexistencias posibles” (Leibniz, 1889, pág. 161); en términos más comunes, si se tiene un cuaderno sobre una mesa; tanto el cuaderno como la mesa estarían en un mismo tiempo, sobre la misma extensión y esta será la relación de coexistencia. Lo anteriormente mencionado presupone una relación inherente entre las nociones de espacio y tiempo, puesto que la relación de coexistencia entre las partes del continuo solo es posible en relación al orden correlativo y simultáneo.

Si no hubiera creaturas, el espacio y el tiempo no existirían más que en las ideas de Dios. El tiempo y el espacio son ciertos órdenes universales de cosas existentes, según los cuales en el caso del tiempo, una cosa es anterior o posterior a otra, o bien en el caso del espacio, más próxima a otra o más alejada de ella. Por tanto, no son substancias ni accidentes sino algo ideal, pero fundado en la verdad de las cosas (Vaughan, 2007).

La idea de tiempo únicamente es admisible para Leibniz mediante las relaciones de sucesión temporal; de esta forma si hay hechos, eventos o fenómenos temporales, esto es, si la sustancia/cuerpo manifiesta cambios. En consecuencia carecería de sentido establecer la noción de un tiempo (o espacio) sustancial que esté presente con antelación e independencia a los eventos y sustancias materiales. Es así como se superponen la tesis de la relatividad (o más precisamente, de la racionalidad) del tiempo (o espacio) y la tesis de su irrealidad e idealidad (Rada, 1980, pág. 69).

En consecuencia, el tiempo y el espacio juegan un papel importante en la manera como las sustancias individuales (las “mónadas” leibnicianas) expresan su coordinación originaria. De cualquier forma, lo que importa ahora es que lo que para los hombres cobra sentido con la palabra “tiempo” no es otra cosa diferente a la posibilidad de relacionar; el tiempo no es una sustancia, ni tampoco una propiedad de las sustancias, esa inmaterialidad y carácter conceptual que permite afirmar que no es algo real (aunque no es inexistente por este razonamiento) es una noción o idea que permite organizaciones espaciales en relación al cambio (Vaughan, 2007). Así como lo expone Leibniz en su *Monadología* con una noción de tiempo constantemente extinguida o terminada presupone un problema para dar explicación a los distintos instantes de tiempo que parecieran jamás existir lo cual Leibniz

soluciona a partir de la afirmación en relación a los conceptos de tiempo, extensión y movimiento como ideas.

Reconozco que el tiempo, la extensión, el movimiento, y lo continuo en general, del modo que se les toma en matemáticas, no son más que cosas ideales, es decir que expresan las posibilidades como los números. (Leibniz, 1889, pág. 160)

En consecuencia después de que se ha apartado la noción de independencia, que desde la ontología se asume para el tiempo como anterior a cualquier suceso, se presupone que sólo hay tiempo si existen eventos que cambian. En otras palabras, quiere decir que únicamente si un evento (X) sucede luego (o previamente) de un evento (Y) se abre la posibilidad de afirmar que ‘el tiempo fluye’. La anterior afirmación trae consigo como consecuencia implícita la relación temporal entre hechos o eventos; por lo tanto, no se admite la idea de tiempo si no está conjuntamente asociado a un cambio. Este tipo de organización o parámetro establecido por Leibniz permite abordar con mayor profundidad el término de extensión, así “el espacio es el orden de las cosas simultaneas y el tiempo el orden de las no simultaneas” (Otálora, 1989, citado en Tarazona, 2006, pág. 41)

Al proponer un orden en el espacio, Leibniz defiende su idea sobre la identidad de los indiscernibles⁵, puesto que este orden no demanda precisamente una igualdad en los puntos (lugares) del espacio, al contrario, refiere una completa diferenciación entre cada uno de ellos puesto que dos cuerpos nunca pueden ocupar un mismo punto de una extensión en forma simultánea y el orden al que se refiere Leibniz es el de los cuerpos que están situados en la extensión.

La extensión y la duración son ideas relacionales en función de la sustancia compuesta (cuerpo) que dependen; siendo el tiempo y el espacio medidas absolutas de ellas que comparten sus características (ausencia de vacío, ser propiedad de una sustancia y continuidad). Frente a la anterior reflexión no es posible considerar el tiempo y espacio como un contenedor vacío constituido por intervalos con especificaciones idénticas, ya que

⁵ Dos cosas son idénticas si y solo si comparten las mismas propiedades. (Enciclopedia Universal. 2012., 2018)

concebir una extensión o una duración de vacíos significaría alterar la estructura misma de la naturaleza en la cual se presentan siempre hechos relacionales.

Pero el espacio y el tiempo, tomados juntos, hacen el orden de las posibilidades de todo un universo, de suerte que estos ordenes (es decir el espacio y el tiempo), enmarcan no solo lo actual sino también lo que podría ser colocado en su lugar (...) y esta envoltura de lo posible con lo actual crea una continuidad uniforme e indiferente a toda división (Luna, 1994, pág. 193).

2.2.1 Lugar, sitio y posición

Con relación al lugar, Leibniz establece dos definiciones particulares como consecuencia, o necesidad, por definir las características del punto específico en el cual se sitúa una sustancia, así: “Lugar es el orden del continuo de los que existen al mismo tiempo o extensión formal” (...) “El lugar está constituido por puntos o lugares simples” (Luna, 1994, pág. 193)

De esta forma surge la idea de lugar propio caracterizado como esencial de cada punto, que no puede ser compartido con otro; en relación al orden que se establece no puede haber dos lugares idénticos siendo el espacio un producto de la difusión de este.

El sitio solo podría originar el espacio si se convirtiera en un continuo y esto solo es posible mediante la relación que establece con la sustancia, dando origen a la concepción de “positio” o posición. “la posición es el modo de diferenciar también los que por si no pueden diferenciarse, ya que dos puntos por sí nada tienen que los diferencie, pero se diferencian por la posición” (Luna Alcoba, 1994). Por lo tanto, es posible hablar del espacio en términos del sitio únicamente cuando la sustancia se relaciona con el sitio y esta relación es la posición de la sustancia en el espacio. Esta posición es la forma de diferenciar todo aquello que de forma cualitativa sería imposible; por ejemplo, dos cuerpos de igual forma, tamaño y color únicamente se podrían diferenciar uno del otro en relación con su posición en el espacio.

2.3 La acción

Siguiendo la ley de continuidad, Leibniz afirma que una sustancia o las sustancias no pueden determinar o alterar la forma de actuar de otra u otras, metafísicamente hablando; sin embargo, Leibniz enuncia que por el hecho de existir ya está el actuar. Actividad que se encuentra en el interior de la mónada y esto debe estar limitada al pensamiento y la percepción de la mónada.

Leibniz señala que la acción “Es el estado de la cosa inmediatamente después del cual se produce la mutación⁶ de otro presente” (Luna Alcoba, 1994, pág. 232). Esto quiere decir la mónada en su interior se comporta de carácter dual, así cuando el cuerpo está en movimiento -en ‘acción’- hay un cambio en las sustancias por el hecho de que la percepción de éste cambia, y toda acción exige la pasión.

Cuando la mónada está en el accionar hay claridad⁷ en las percepciones y cuando ésta padece⁸ hay oscuridad confusión en las percepciones, entonces cuando las percepciones de la mónada se hacen más claras, actúa la sustancia y cuando se hacen más confusas, padecen. Es así que, al manifestarse una acción la pasión no toma partido y viceversa; siendo estas dos manifestaciones una sola dependiendo del carácter protagónico propio de las interacciones particulares. Pero cuando la acción no es protagónica, esto no quiere decir que la mónada deje de actuar.

Como síntesis se puede afirmar que todas las mónadas tienden a la acción, para dar claridad a la anterior argumentación se propone la siguiente analogía⁹ (*Ilustración 2*)

⁶ Leibniz entiende por mutación el aspecto lógico del movimiento, el hecho de que se da el paso de un contradictorio a otro. En este sentido, la generación no es tanto un movimiento como el fin de un movimiento (Luna Alcoba, 1994)

⁷ Las sustancias tienen facilidad en su accionar ya que por sus características preestablecidas saben por ejemplo que si se exponen a una caída el conjunto de mónadas descienden hasta encontrar un obstáculo

⁸ Encontrando un obstáculo las sustancias o el cuerpo se confunde en su accionar ya que desea seguir el movimiento pero el obstáculo tiene mayor “fuerza” que el deseo.

⁹ En este caso solamente se toma en cuenta la tendencia natural de los cuerpos a caer.

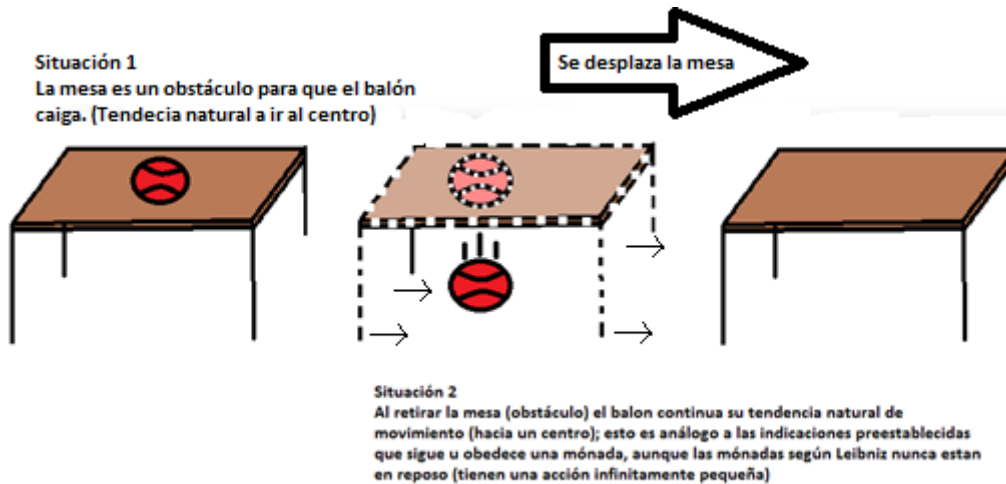


Ilustración 2. La acción de caer. (Fuente: elaboración propia)

En la *ilustración 2* se muestran dos situaciones; en la situación 1 hay un balón ubicado en la superficie de la mesa, en la situación 2 se retira la mesa y el balón sigue su tendencia natural a caer hasta encontrar un nuevo obstáculo; esta tendencia natural a caer de los cuerpos es análoga a la reacción espontánea o características preestablecidas de las mónadas que propone Leibniz.

En relación con estas situaciones, el pensamiento Leibniano establecería que los dos cuerpos inertes (el balón y la mesa) están compuestos por infinitas mónadas, las cuales por sus percepciones saben cómo desenvolverse ante su entorno (características preestablecidas). La naturaleza del universo, según Leibniz, es que exista acción a menos que algo se lo impida, lo que él denomina obstáculo o protagonismo de la pasión (no implica reposo, únicamente un accionar infinitamente pequeño). Es así que cuando el balón se encuentra sobre la mesa, la cual sería el obstáculo que impide la acción¹⁰ natural espontánea de las mónadas, entonces las percepciones del compuesto del balón padecen (obstáculo) hay oscuridad y confusión en ellas (protagonismo la pasión¹¹). Esto no quiere decir que deje de existir movimiento, sino que éste se presenta de una manera infinitamente pequeña. Por tal motivo, si se retira el obstáculo las mónadas saben cómo proceder y es descender (reacción espontánea); es así que

¹⁰ Reacción espontánea de las mónadas en función de sus características preestablecidas por lo tanto la pasión pierde su nivel protagónico.

¹¹ Las mónadas intentan su accionar preestablecido pero no lo realizan debido a los obstáculos presentes.

las percepciones de sus mónadas se hacen más claras, hasta que se encuentre con un nuevo obstáculo que le impida su accionar.

2.3.1 El movimiento

Para el presente trabajo es necesario entender el movimiento desde la visión propuesta por Leibniz un poco aislada de la propuesta común que se difunde (Cambio de posición). Es de saberse que Leibniz bajo su formación retoma elementos establecidos en la teoría aristotélica; en consecuencia el movimiento hace referencia a las diferentes ubicaciones de una sustancia/cuerpo en la denominada extensión además del cambio en la composición y forma de una sustancia/cuerpo de acuerdo a las diferentes percepciones de las mónadas; sin embargo el enfoque e interés se centrará en las formas explicativas que propone Leibniz para asumir un cambio en la ubicación dentro de la extensión.

Éste cambio surge de la imposibilidad de que dos cuerpos ocupen el mismo lugar al mismo tiempo. En estos términos y asumiendo la visión propuesta tanto del tiempo como del espacio, de tal manera que no se pueda dar cuenta de alguna de las dos ideas sintener que recurrir a la otra; surge la necesidad de establecer un término que permita medir esta relación inherente entre espacio y tiempo (movimiento). Este cálculo del movimiento se establece como el cociente entre la extensión (espacio) y el tiempo que dura un cuerpo en cambiar de una posición a otra recorriendo el continuo de dicha extensión. Luna en su trabajo doctoral afirma que Leibniz enuncia que el movimiento es doblemente ideal, éste es extensivo e intensivo, homogéneo y ordenado al ser el cociente de dos magnitudes continuas: el espacio y el tiempo. (Luna Alcoba, 1994)

$$\text{movimiento} = \frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}}$$

De esta forma se afirma que el movimiento no es sólo una relación de espacio o por lo menos no se puede asumir de esta manera sin acudir al continuo del tiempo; el movimiento es por consiguiente el vínculo ideal entre cualquier tipo de cambio que sufra una sustancia/cuerpo y el inevitable e inseparable cambio o variación del tiempo.

Por otra parte, Leibniz establece una serie de características en congruencia con la tesis de la monadología. Dentro de la idea de movimiento y recordando un poco la caracterización que se ha hecho de las mónadas y por ende de la constitución de las sustancias/cuerpos, para Leibniz no es admisible la idea o noción del reposo; ya que puede existir movimientos infinitamente pequeños pero nunca la ausencia del mismo. Además, de acuerdo con el principio de continuidad, el movimiento es también continuo, esto determina el recorrido por la totalidad de la extensión en los infinitos instantes de tiempo y no es posible pasar de una ubicación a otra sin el proceso anterior en cualquier movimiento. “El movimiento es así pues extensivo en primera medida ya que sigue existiendo sin tener fin; al igual que el espacio y el tiempo el movimiento no tiene contrario porque el reposo es un movimiento infinitamente pequeño”. (Lindsay, 1975, pág. 118)

En consecuencia el movimiento cumple con la ley de continuidad, ya que Leibniz (1714) afirma que un cuerpo en movimiento pasa por todos los instantes y puntos; las mutaciones, de esta forma el movimiento no está ligado al lugar, el tránsito de un contradictorio a otro (movimiento), que en términos aristotélicos retomados por Leibniz y para el interés de la presente propuesta (analizando las fuerzas que intervienen en un cuerpo que cae libremente) serían arriba – abajo, se realiza siempre por todos los grados intermedios.

Dentro del razonamiento propuesto para la explicación del movimiento Leibniz argumenta los cambios en los grados de velocidad que se perciben cuando, por alguna razón, se ve un movimiento más rápido que otro, en función de la cantidad de intervalos de tiempo que son propios de cada movimiento particular. De esta forma para analizar un movimiento y sus grados de velocidad será necesario medir la relación que existe entre el tiempo transcurrido en recorrer el continuo de una determinada extensión E , de esta forma si en algún caso el movimiento emplea una menor cantidad de intervalos de tiempo en recorrer el continuo E ; este tendrá mayor cantidad de grados de velocidad o viceversa.

Con el fin de ejemplificar la situación anteriormente establecida y reconocer la forma en que Leibniz argumenta los grados de velocidad; se propone el análisis de un cuerpo que cae libremente desde una determinada altura H . Para tal fin se tomarán cuatro medidas de tiempo (Duración 1, Duración 2, Duración 3, Duración 4) que para simplicidad denominaremos $D1$,

D2, D3 y D4; además emplearemos las reglas propuestas para un cuerpo que cae libremente establecidos por Galileo Galilei y retomados por Leibniz. (Leibniz, 1710; pág.62)

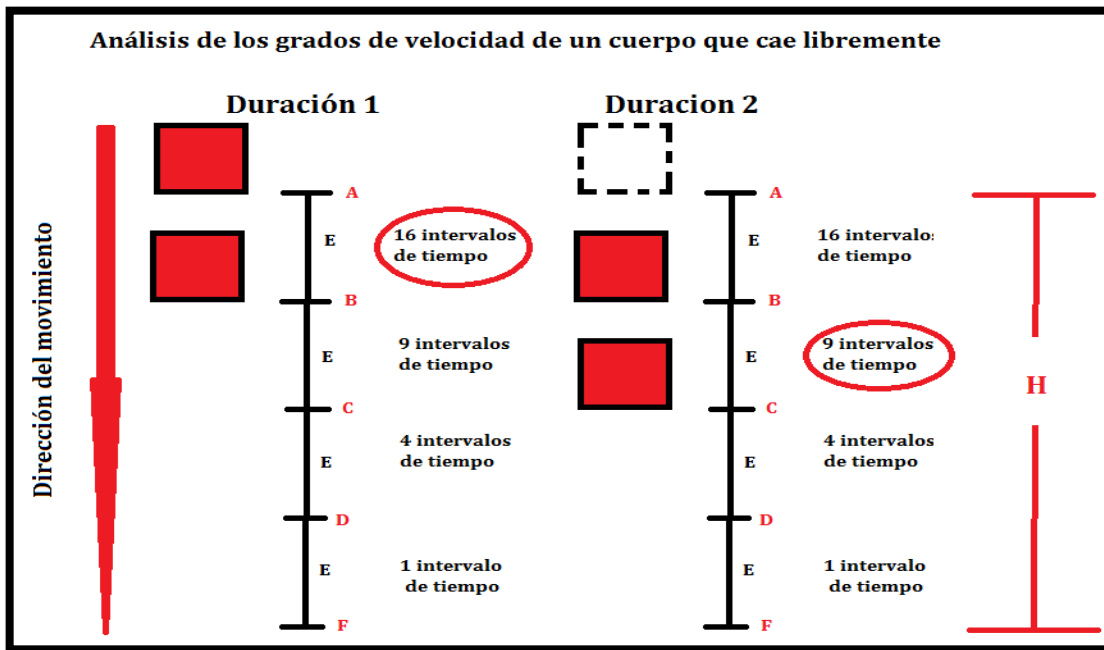


Ilustración 3a. Análisis de los grados de velocidad de un cuerpo que cae libremente. (Fuente: elaboración propia)

El cuerpo inicialmente suspendido se deja caer libremente desde A hasta B recorriendo el continuo de una extensión E, empleando una duración de 16 intervalos de tiempo (*Ilustración 3a*). En el continuo de este movimiento se realiza la medición del tiempo transcurrido desde B hasta C y se obtienen 9 intervalos de tiempo para recorrer el continuo de una extensión E. Continuando con el análisis de dicho movimiento se obtiene que al recorrer el continuo establecido desde C hasta D invierte 4 intervalos de tiempo. Finalmente, la medición en intervalos de tiempo para ir de D hasta F recorriendo el continuo E es de 1. Por las anteriores afirmaciones se puede establecer que hay un incremento en los grados de velocidad; es así que en el movimiento empleado para recorrer el continuo E (AB) hay menos magnitud en los grados de velocidad que en el movimiento empleado para recorrer el continuo E (BC); a su vez hay menos grados de velocidad que en el movimiento empleado para recorrer el continuo E (CD) y por ende hay más grados de velocidad en el movimiento realizado para recorrer el continuo E (DF).

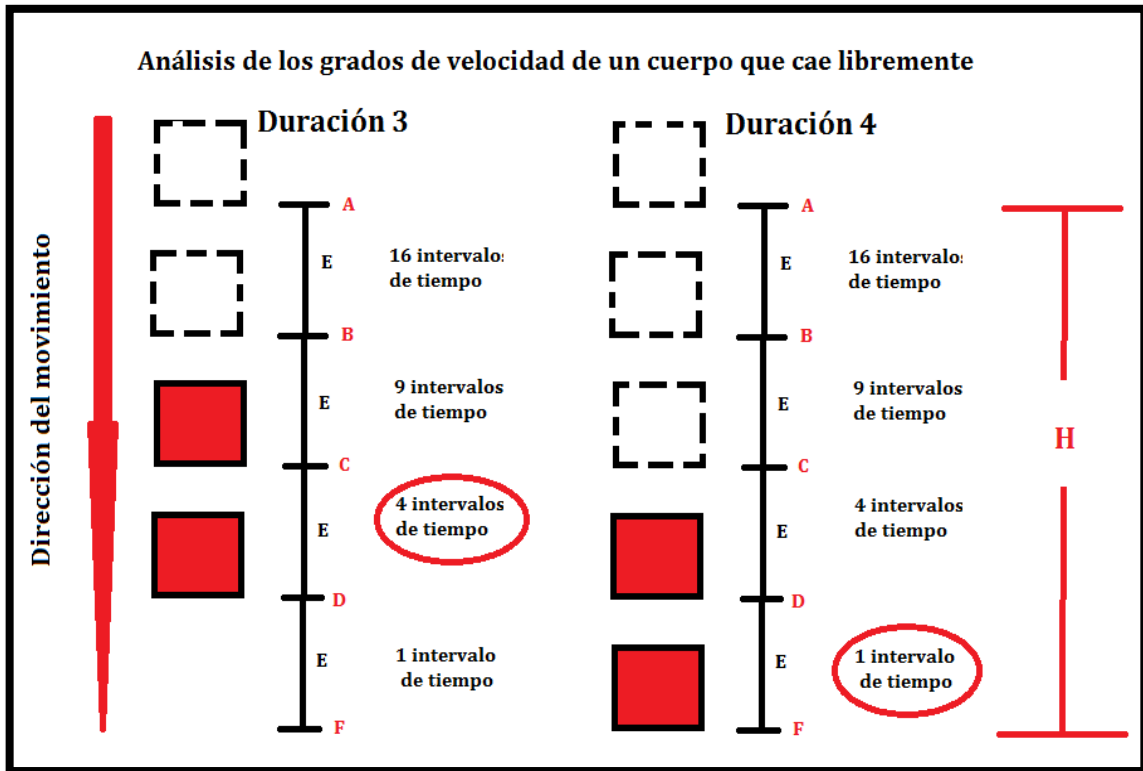


Ilustración 3b. 1 Análisis de los grados de velocidad de un cuerpo que cae libremente. (Fuente: elaboración propia)

De esta forma es más fácil establecer una segunda categoría del movimiento propuesta como intensiva, porque su magnitud y variación poseen también una gradación continua y en medio de esta continuidad Leibniz propone la idea de *conatus*¹² como el comienzo del movimiento en donde este es infinitamente pequeño y posterior a este surge el ímpetu ya como una forma de movimiento mayor que relaciona la masa del cuerpo y su velocidad; estos términos se profundizarán con mayor detalle en el siguiente apartado, ya que son característicos de lo que se denominará fuerza viva y fuerza muerta.

2.4 La fuerza: entre la cantidad de movimiento y la *vis viva*

Según Luna (1994, pág. 239), en el trabajo de Leibniz, “La fuerza es por definición expresión de la unidad en la multitud, es decir, armonía preestablecida”.

¹²Conato: Para Leibniz como el movimiento es continuo, el espacio es infinitamente divisible. Este conato es una característica, propiedad o fuerza voluntaria inherente de los cuerpos (cosas) por suerte del movimiento instantáneo que poseen todas las cosas, incluso cuando están “estáticas”. (Luna Alcoba, 1994, pág. 56)

Leibniz da cuenta de la permanencia de la identidad de los cuerpos en medio de algún tipo de movimiento. El movimiento para Leibniz implica cualquier tipo de cambio de composición, forma o lugar, producto de las diferentes percepciones de las mónadas. Pero hay unas inquietudes en la época sobre la permanencia de los cuerpos, a pesar de que sufrían cambios por interacción o por el paso del tiempo. En este contexto, Leibniz considera necesario definir una cantidad que identifique al cuerpo a través de los cambios que experimenta; ésta es la fuerza viva o vis viva (mv^2).

Coronado (2003) para dar cuenta de esta preocupación de Leibniz y del problema que implicaba para ese momento (1696) retoma la siguiente cita del *Nuevo sistema de la naturaleza* de Leibniz:

Añadiré una reflexión que me parece importante para dar mejor a entender la realidad y el uso de mi sistema. Sabéis que Descartes creyó que se conservaba en los cuerpos la misma cantidad de movimiento. Se ha demostrado su error; pero yo he explicado que es cierto que se conserva siempre la misma fuerza motriz, que él había confundido con la cantidad de movimiento. Sin embargo, los cambios que se verifican en el cuerpo, como consecuencia de las modificaciones del alma, le desconcertaron porque parecían transgredir esta ley. Creyó salir del paso ingeniosamente diciendo que había que distinguir entre el movimiento y la dirección, y que el alma no podía aumentar ni disminuir la fuerza motriz, pero sí cambiar la dirección o determinación del curso de los espíritus animales, y que de esta manera acontecían los movimientos voluntarios. Es cierto que no se metió a explicar cómo el alma se las compone para cambiar el curso de los cuerpos, siendo este cambio tan inconcebible como la afirmación de que les da movimiento, a menos que no se recurra conmigo a la armonía preestablecida; pero es conveniente recordar que existe otra ley de la naturaleza, descubierta y demostrada por mí. Y que Descartes no conocía; y es que se conserva no sólo la misma cantidad de fuerza motriz, sino también la misma cantidad de dirección, cualquiera que sea el lado que se tome en el mundo.... Esta ley que es tan bella y tan general como la otra, no merecía tampoco ser violada, y ello

se evita con mi sistema, que conserva la fuerza y la dirección, y, en una palabra, todas las leyes naturales de los cuerpos, no obstante todos los cambios que en ellos se operan como consecuencia de los del alma. (Leibniz, 1696 citado en Coronado, 2003, pág 11-12)

Descartes y otros, asumiendo esta problemática conciben que la cantidad de movimiento sea siempre conservada por Dios. Sin embargo, Leibniz propone una breve demostración del uso incorrecto de esta cantidad en problemas mecánicos; donde expone que es el producto de la masa por la velocidad del cuerpo ($m \cdot v = Q$), en donde se denomina la cantidad de movimiento con la letra Q.

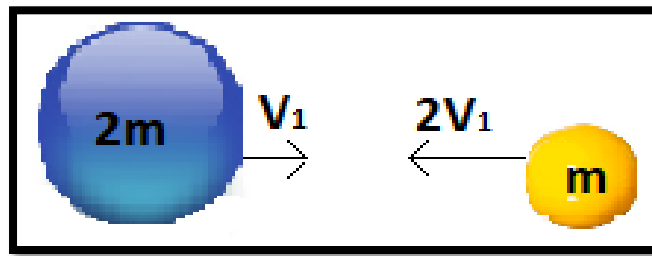


Ilustración 4. Cantidad de movimiento (Fuente: elaboración propia)

Descartes propone en sus *Principios de Filosofía*:

Así cuando hay una parte de materia (m_1) que se mueve dos veces más rápido (v_1) que otra parte y esta otra parte (m_2) es dos veces el tamaño de la primera, tenemos razón en pensar que hay tanto movimiento en el cuerpo pequeño como en el grande y que cada vez en la medida en que disminuye el movimiento de una parte aumenta en proporción el de alguna otra. (Gottfried Wilhelm Leibniz (1710). Traducción de Juan Arana y Marcelino Rodríguez Donís 1991, pág. 27)

Como para Descartes la cantidad de movimiento se conserva en el universo, cuando un cuerpo cambia su cantidad de movimiento otro se verá afectado, de modo que la cantidad de movimiento de ambos sea la misma, dando cuenta de una relación de acoplamiento entre los elementos de un sistema. Esta idea de conservación del movimiento permite identificar dos cantidades que lo determinan, siendo las que definen el cuerpo las cuales son la masa y velocidad.

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

Como es la cantidad de movimiento la que se conserva, si los dos cuerpos chocan (como las que se muestran en la *ilustración 4* entonces ambas cambiarían su cantidad de movimiento, pero este cambio en la cantidad de movimiento de ambos sería equitativo. Si uno de los cuerpos se mueve con el doble de rapidez que el otro, $2v_2=v_1$, debe existir una relación entre los cuerpos de modo que se mantenga la igualdad en la cantidad de movimiento, entonces uno de los cuerpos, el menos rápido, debe ser dos veces mayor que el otro, $2m_1=m_2$. Así Descartes demuestra la conservación del movimiento, la cual es la cantidad de movimiento, mv , permite establecer relaciones entre cuerpos y diferenciarlos.

Para algunas situaciones como en los choques perfectos entre bolas de billar, son aceptadas las consideraciones propuestas por Descartes, pero cuando dos cuerpos con estados de movimiento diferente chocan, la medida del cambio de estado en cada cuerpo no depende únicamente de la variación de sus velocidades, sino que se requiere introducir la masa puesto que identifica a los cuerpos con relación al cambio de estado de movimiento; estableciéndose la igualdad, opuesta, entre los cambios. (Laborda, 2002)

Para Leibniz es indispensable introducir el concepto de fuerza para explicar los fenómenos relacionados con el movimiento y ofrecidos al estudio por medio de la observación. Leibniz dice "Por lo tanto, para poder decir que algo se mueve, es preciso no sólo que cambie de situación respecto a las otras cosas, sino también que haya en lo que se mueve una causa del cambio, esto es, una fuerza, una acción" (González, 1989; pág.152) Debido a la interacción y permanencia de los cuerpos cuándo existe algún tipo movimiento o al transcurrir el tiempo. Por lo cual Leibniz asegura que la fuerza debe ser concebida como constitutiva de las sustancias, puesto que ésta es la que da la identidad a los cuerpos en el cambio.

Leibniz demuestra que los planteamientos de Descartes se encuentran incoherentes y no coinciden con los resultados que se provienen de las experiencias propuestas por Galileo acerca de la caída de los cuerpos que caen libremente.

Por otra parte, la afirmación de este ilustre varón, según la cual las fuerzas de un cuerpo de 4 libras, con grado de velocidad uno, trasladadas a un cuerpo de una libra, producirán sólo una velocidad de 2, con la que puede elevarse hasta 4 pies, y no, como quieren los cartesianos, una velocidad de 4, porque con ella habría de elevarse hasta 16 pies, es algo que no comprendo bien

cómo puede ocurrir. ‘De modo que no se conserva la misma cantidad de movimiento, pero se conserva la misma cantidad de fuerza, que se debe estimar por el efecto que puede producir’. (Gottfried Wilhelm Leibniz (1710). Traducción de Juan Arana y Marcelino Rodríguez Donís 1991, pág. 39)

A partir de la **Ilustración 5** podemos mostrar la anterior citación, la velocidad de A al llegar al suelo va ser el doble de la velocidad de B. Entonces la cantidad de movimiento de A es $(m_A)(v_A) = (1)(2) = 2$ y el de B es $(m_B)(v_B) = (4)(1) = 4$. Aquí se puede ver desigualdad entre A y B. De esta manera si un cuerpo adquiere el doble de velocidad que otro, sobre éste se debió realizar un trabajo mayor al trabajo o fuerza aplicada sobre el otro. Ahora Leibniz plantea que si la fuerza está dada por (mv^2) , para el cuerpo A sería $(m_A)(v_A)^2 = (1)(2)^2 = 4$, y para el cuerpo B sería: $(m_B)(v_B)^2 = (4)(1)^2 = 4$. De manera que la fuerza alcanzada por los cuerpos, dada la consideración de igualdad asumida por Leibniz, es la cantidad mv^2 .

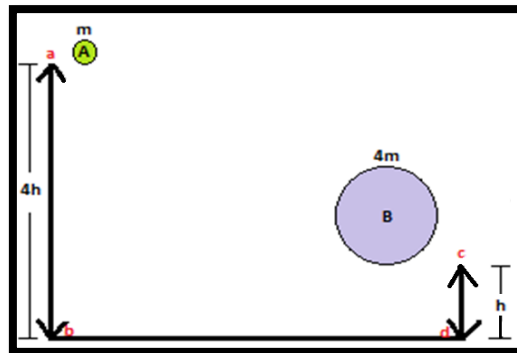


Ilustración 5. Vis viva (Fuente: elaboración propia)

Leibniz plantea que, así como en el movimiento la fuerza forma un continuo (Luna Alcoba, 1994, pág. 239), a la fuerza se le asigna la causa principal del cambio. Esta se le atribuye como algo que está más allá de lo sensible, es el origen de lo posible y su deducción se hallará por medio del efecto futuro que se produzca en el cuerpo. La solución de Leibniz acerca de que es lo que se conserva en medio del cambio (movimiento) no es el producto de la masa por la velocidad; lo que sí se conserva es la misma cantidad de fuerza, la masa por la velocidad al cuadrado, y ello debe estimarse por el efecto que puede producir el cuerpo.

Leibniz establece que la fuerza es una propiedad innata de las mónadas es característica de las mismas, donde estas interactúan en los diferentes sitios de manera igual, esta cantidad que permanece idéntica Leibniz la denomina “vis viva” o fuerza viva la cual está definida por el producto de la masa y el cuadrado de la velocidad ($m \cdot v^2$); y es esta relación la que permite establecer una permanencia constante en relación con las posiciones del cuerpo.

$$f_{viva} = m * v^2$$

En un movimiento con velocidad constante es evidente que el cuerpo realiza una serie de cambios (cambio en la posición, es decir en la configuración espacial); cuando el cuerpo está en reposo no es evidente que el cuerpo realice cambios, pero esto no significa que no se encuentren (cambio en el tiempo) en ausencia de causas externas, entonces la causa del cambio, independiente de los estados, radica en el cuerpo mismo. Por consiguiente, debe considerarse el poder de cambio o fuerza inmanente del cuerpo y en cuya ausencia todo estado de la serie presente no se diferenciaría del estado de reposo.

Al hacer el cálculo de la fuerza viva en los diferentes estados en un mismo cuerpo, lo concebido como fuerza no permanece constante, puesto que el cuerpo puede pasar por diferentes posiciones, entonces las ideas de conservación llevan a reconocer la importancia del sistema, es decir poner en consideración todos los cuerpos que interactúan, pues es en ésta donde se reconoce la constancia, dicha internación apoya al concepto leibniano de armonía preestablecida.

Leibniz en la búsqueda de la caracterización de esta fuerza manifiesta que esta debe ser de carácter dual (Laborda, 2002) donde la *vis viva* se presenta cuando el cuerpo está en movimiento y la otra se encuentra cuando el cuerpo está en reposo y es denominada fuerza muerta o “*vis mortua*”; esta fuerza inmanente ínsita al cuerpo a estar en movimiento estando este en reposo, es así que al manifestarse una de las fuerzas la otra no toma partido y viceversa; siendo estas dos manifestaciones una sola ya sea vis viva o vis mortua dependiendo del carácter protagónico propio de las interacciones particulares.

Leibniz llama *fuerza muerta* al conatus, ya que su alcance máximo queda reducido a la instantaneidad, en donde existe un “equilibrio” oculto en el cuerpo. La relación de la fuerza

muerta con la fuerza viva es, pues, la del conatus con respecto al ímpetu, es una relación continua. Toda fuerza tendrá algo de viva y algo de muerta. (Laborda, 2002, pág. 109)

La noción de fuerza que propone Leibniz explicada a partir de la *vis viva* y la *vis mortua* responde al planteamiento de la ley de continuidad y además responde a la conservación. En los estudios de Leibniz la conservación no solo está en la física sino que también responde a lo metafísico, porque cuando Leibniz resuelve el problema de la conservación no es la conservación de una magnitud específica, lo que él está resolviendo es el problema de la conservación en general, ya sea de la fuerza, de la identidad personal o del mundo. (Luna Alcoba, 1994)

La conservación no depende de la continuidad, porque entonces se tendría una cantidad homogénea en el mundo y siendo así solo obedecería a una ley, a una serie, es decir, el mundo sería un cuerpo. La conservación de la misma cantidad (fuerza viva) satisface la necesidad de que la espontaneidad de una fuerza no interfiera con la otra esto quiere decir que también obedece a la armonía preestablecida (Laborda, 2002). Leibniz afirma que la fuerza viva o muerta se conserva de la misma forma como se conserva el cuerpo y porque se conserva el cuerpo; siendo esto posible gracias a su naturaleza y lo más importante es dicha fuerza viva o muerta es constante, no en el cuerpo, sino en todo el Universo ya que si Dios la produjo entonces debe conservarse (Beltrán, 2015).

Capítulo 3: A propósito de un cuerpo que cae libremente

En este capítulo se intenta explicitar la concepción de fuerza a la que Leibniz acude para dar cuenta del movimiento de los cuerpos, siendo más precisos, para dar cuenta de la permanencia de la identidad de los cuerpos en el cambio.

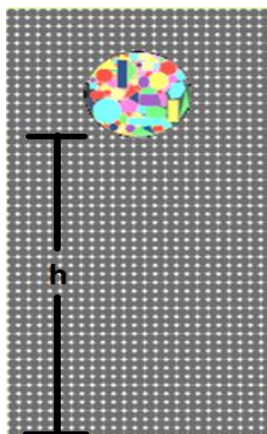


Ilustración 6. Caída de un cuerpo (Fuente: elaboración propia)

Un ejemplo que es posible relacionar para mencionar el carácter protagonista de la fuerza según el estado de movimiento de un cuerpo es un evento de caída (**Ilustración 6**). Para este caso imaginemos un cuerpo o sustancia compuesta, temporalmente suspendido a una altura (h) determinada, que se dejara caer libremente ¿cómo analizar el movimiento del cuerpo durante su recorrido, desde el momento en que se suelta el objeto hasta el instante preciso de llegada al suelo? Para dar respuesta a este interrogante realizaremos un análisis detallado del evento (cuerpo que cae libremente) intentando recopilar las concepciones de Leibniz expuestas en el capítulo anterior:

Según los planteamientos leibnicianos las mónadas ordenan el movimiento de acuerdo con sus percepciones. Ya que el universo está compuesto de infinitud de estas sustancias independientes, todas ellas diferentes unas de otras y con distinto nivel de perfección y grado de actividad, cada mónada representa o refleja las cosas de manera diferente según su percepción. Al ser el cuerpo materia inerte, sus mónadas (recordando la jerarquización que Leibniz propone para ellas) tienen una percepción débil en el momento de accionar; es decir, van a operar de una manera en particular: el conjunto de mónadas no va a poder disponer qué recorrido harán, ya que hay uno preestablecido por la naturaleza, a menos de que algo externo se lo impida y(o) cambie su forma de accionar.

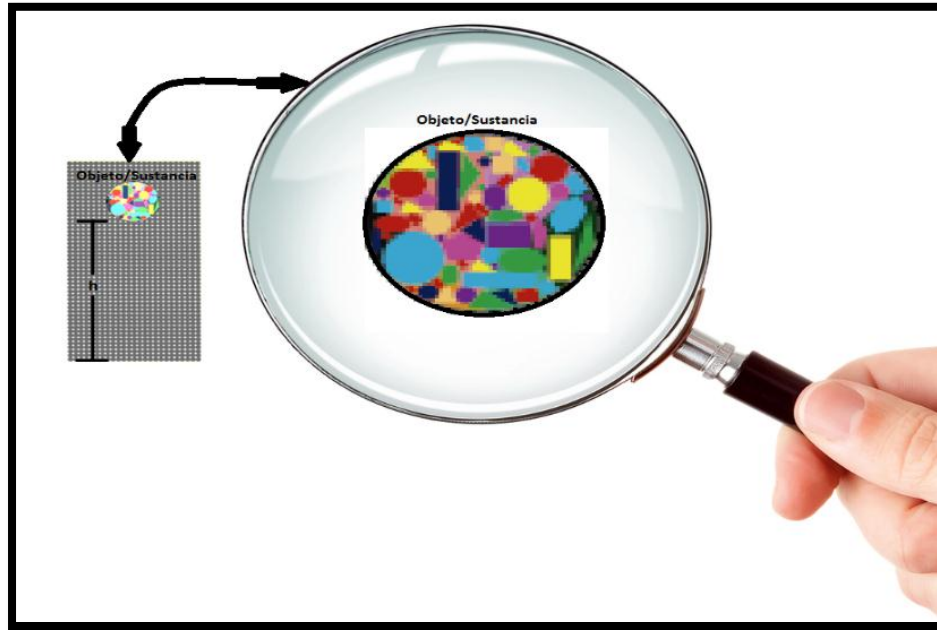


Ilustración 7. El cuerpo que cae (Fuente: elaboración propia. Lupa tomada de: <https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-mano-con-la-lupa-image22797343>)

El anterior diagrama (*Ilustración 7*) es un intento por establecer una imagen (en términos de representación) de la configuración de la idea de mónada (sustancia simple) propuesta por Leibniz en la monadología. La mónada es una noción intangible por lo cual se hace necesario en detalle hacer varias aclaraciones sobre la imagen que se ha propuesto y la intencionalidad pedagógica de la misma, agregando que tanto los colores como los tamaños y las formas de lo que parece “componer” el cuerpo/sustancia tienen un propósito frente al cual se generan algunas limitaciones.

En primera medida, la forma redondeada tiene como fin configurar un objeto que, de acuerdo con el principio de continuidad, no tiene ningún tipo de espacios vacíos internos puesto que está compuesto por una cantidad infinita de mónadas, y esta configuración solo hace referencia a una muy particular que es continua con la configuración propia del universo.

Continuando, se aclara que tanto las formas como los colores diferenciados en las partes internas del objeto no hacen alusión a ningún tipo de “forma” de las mónadas, ya que éstas no la poseen. La intención de estas representaciones es establecer unas relaciones de

comportamiento (acción) diferentes para todos los casos, esta diferencia refiere las percepciones de las mónadas y su consecuente respuesta.

Finalmente, las “partes” de las que se compone el objeto hacen alusión a mónadas, pero en ninguna medida es posible decir que el objeto es la suma de sus partes ya que esto iría en contravía con el principio de continuidad establecido por Leibniz. Para resumir, las anteriores aclaraciones y establecer la intención del gráfico, se afirma que el círculo es la organización de las mónadas y las diferencias entre los “compuestos” son los comportamientos o acción de las mónadas en respuesta a una configuración específica (cosa, animal o persona) en este caso el cuerpo que cae.

Ahora es necesario pensar en caracterizar el espacio donde cae el cuerpo.

3.1 Configuración del espacio en el que cae el cuerpo

Para el análisis de caída es necesario considerar la idea de espacio que Leibniz caracteriza (aunque el recurre al termino de extensión). Como se ha dicho, para Leibniz el espacio es considerado como relativo, no absoluto y no isotrópico, el espacio es continuo, sin ningún tipo de vacío posible; además es el orden de las cosas simultaneas (Otálora, 1989, pág. 49)

De esta forma el espacio se propone como algo ideal, con una existencia relacional e inherente con la existencia misma de los cuerpos, en estos términos no hay posibilidad de hablar de espacio si se argumenta la ausencia de los cuerpos, esto en congruencia con el principio de continuidad. Por otra parte pensar en medir esta extensión nos remite a la idea de sitio, ya que en términos de Leibniz este es la medida de la extensión que condiciona el evento o fenómeno que se desee analizar (para este caso particular un evento de caída) y puesto que estamos hablando de un cuerpo que cae libremente; esa organización o conjunto de mónadas compondrán el cuerpo que a su vez ocupa una cantidad de lugares en el espacio (es esto lo que Leibniz denomina el sitio) de esta forma es posible hablar del espacio en términos de la posición únicamente cuando la sustancia se relaciona con el sitio, ya que es la posición la que diferencia los lugares en los que se encuentra cada mónada.

Lo anterior señala toda una organización de mónadas, en primera medida las que son visibles como forma de sustancia/cuerpo que se deja caer cuyas indicaciones preestablecidas

responden a percepciones que se traducen en colores, formas, texturas, etc. Y aquellas que no son visibles ya que sus percepciones responden a esta indicación preestablecida de “invisibilidad” como son las mónadas que conforman el aire.

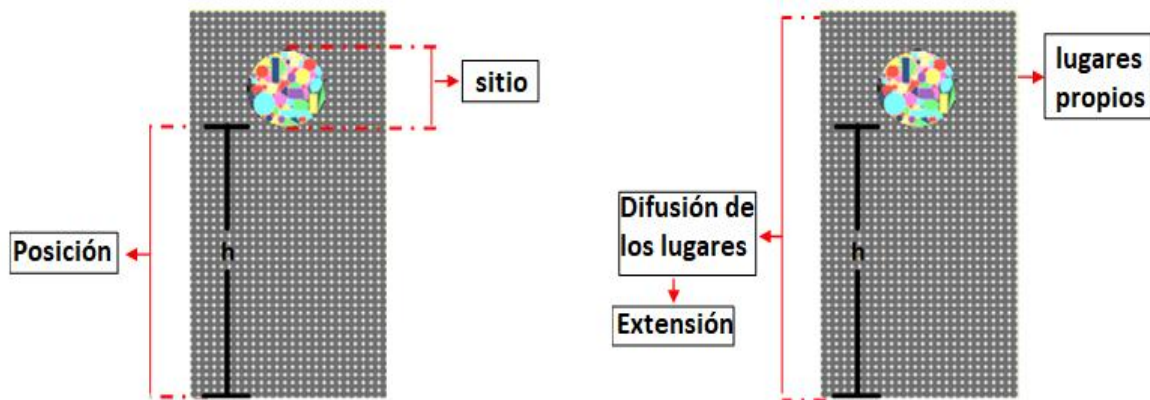


Ilustración 8. Lugar, sitio, posición en la caída (fuente: elaboración propia)

Bajo el mismo enfoque de análisis nos podemos referir al tiempo que tarda en caer la sustancia/cuerpo, de la misma forma que al espacio; este es una idea que se relaciona de forma inevitable con la sustancia de tal forma que para medir el tiempo se habla del instante en el que el cuerpo dure en dicho lugar, sitio y posición, no es admisible la idea de tiempo y mucho menos el transcurso del mismo, si no hay un cuerpo que cambie de posición. De esta forma si no hay forma de medir la extensión no habrá forma de medir el tiempo y simplemente no habrá movimiento, caso que es absurdo en la teoría leibniziana ya que existen movimientos infinitamente pequeños; pero en ningún caso hay ausencia total del movimiento aun cuando el cuerpo este suspendido (antes de caer).

Bajo estas condiciones para un primer momento, el cuerpo tiene unos lugares, unos sitios y unas posiciones específicas por el hecho mismo de existir; así el cuerpo actúa por naturaleza según las condiciones que se le permita, por lo tanto todas las relaciones descritas inicialmente (sitio - instante) en los que se pueden encontrar las sustancias son diferentes; dichas diferencias conforman una de las razones que expone Leibniz para negar la existencia del reposo ya que esta relación (sitio - instante) está en constante cambio por el tiempo que perdura la sustancia/cuerpo en dicho lugar.

Centrando la atención en la organización de las mónadas de la sustancia/cuerpo las mónadas en su interior se comportan de acuerdo a dos características (pasión y claridad. Ver acápite 2.3); así cuando el cuerpo va a empezar un movimiento existe en las percepciones una ‘pasión’ que serían análogas a un deseo por iniciar el movimiento y esto ya implica un accionar por ende un movimiento (esta es una de las características preestablecidas de las mónadas) por otra parte cuando el cuerpo inicia dicho movimiento existe un cambio en las sustancias por el hecho de que el cuerpo emprende un accionar y entonces en las percepciones hay claridad de cómo actuar por lo tanto se organizan de tal forma que las percepciones permitan manifestaciones propias de un cuerpo que cae.

La anterior es otra de las razones por las que no se admite la idea del reposo, ya que cuando el cuerpo se encuentra estático su naturaleza lo incita a moverse entonces en medio de ese padecer en el que se encuentran las percepciones de las mónadas se van creando pequeños movimientos no perceptibles para el observador pero en el instante mismo en que se quite el obstáculo en el que se encuentre la sustancia esta empieza su accionar sin ninguna dificultad.

De acuerdo con lo anterior, las mónadas corresponden a lo que Leibniz denomina verdades de razón, esto atribuye a las mónadas un accionar consiente de acuerdo a cada una de las disposiciones a las que sea sometida por interacción y exteriorizando dichas percepciones en un constante proceso de “claridad – confusión” (deseo de hacer y saber que hacer). La claridad o el accionar sin dificultad de las mónadas es el movimiento de caída, por ser éste una de las características preestablecidas de las mónadas ya que bajo estas disposiciones las mónadas saben que deben caer hasta encontrar un nuevo obstáculo que las sumerja en un nuevo estado de confusión (accionar infinitamente pequeño).

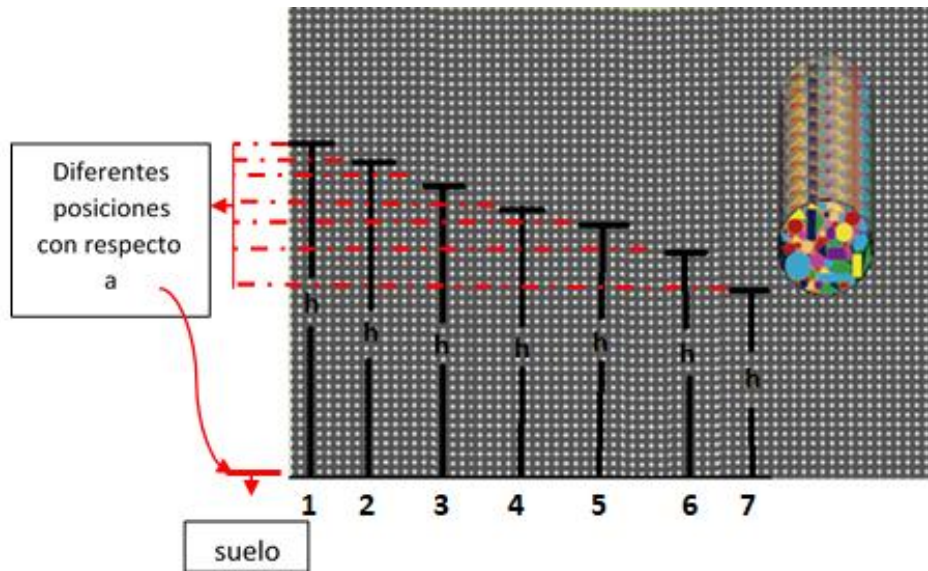


Ilustración 9. Análisis espacial de la caída (fuente: elaboración propia)

En consecuencia, cuando el cuerpo empieza a caer libremente (como se muestra en la **Ilustración 9**) cambia sus lugares específicos, aquellos en donde se encontraba organizada cada mónada de la sustancia compuesta mientras se encontraba en “padecimiento”, esto quiere decir que cambia su sitio. Las mónadas actúan de forma inmediata respondiendo a sus instrucciones preestablecidas, dadas por la mónada suprema, además obedeciendo al principio de razón suficiente¹³, esto quiere decir que hay una explicación racional para cada evento. Entonces la sustancia compuesta al tener sus percepciones claras sabe que debe ubicarse en otros lugares de la extensión del espacio en donde está ocurriendo el evento, cambiando su lugar de forma instantánea respondiendo al movimiento recto de un cuerpo que cae libremente ya preestablecido por la naturaleza.

Si se pudiera frenar el movimiento del cuerpo, éste quedaría estático por infinitos instantes. Se puede afirmar que el cuerpo está ocupando infinitos lugares en la extensión del espacio, seleccionado dichos lugares es lo que adjetivamos como sitio; cuando se quiere dar una medida cuantificable del sitio sólo se puede establecer con respecto a otro (suelo). Leibniz plantea que la magnitud del sitio del cuerpo será en proporción con la altura (h) respecto al suelo y es a esto lo que llama posición. En la **ilustración 9** están manifiestas las diferentes posiciones en las que pudo estar el cuerpo en los diferentes instantes, siendo esto

¹³ todo lo que ocurre es por alguna razón y cuando parece que los acontecimientos o las cosas no tienen explicación es porque la razón aún no se conoce. (Di Castro Stringher, 2006)

una simple aproximación ya que como se dijo anteriormente son infinitos lugares como infinitos instantes de tiempo respetando el principio de continuidad.

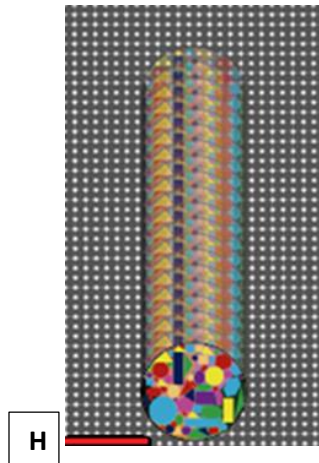


Ilustración 10. Sucesión de posiciones en la caída (fuente: elaboración propia)

Cuando la sustancia compuesta llega a la superficie del suelo, como se muestra en la **Ilustración 10**, éste va a impedir que el cuerpo continúe el movimiento perceptible y quede en un supuesto reposo (en términos de Leibniz es el padecimiento). En ese momento las percepciones de las mónadas dejan de ser claras y empiezan a tener confusión en el accionar, pero no existe un reposo absoluto ya que durante los instantes que permanece el cuerpo en ese sitio van cambiando; además cuando el cuerpo se encuentra estático su naturaleza lo incita a moverse. Entonces, en medio de ese padecer en el que se encuentran las percepciones de las mónadas se van creando pequeños e infinitos movimientos no perceptibles para el observador, pero en el instante mismo en que se desaparezca el obstáculo en el que se encuentre la sustancia esta empieza su accionar sin ninguna dificultad que sería seguir cayendo.

3.2 Configuración de la noción de fuerza en la caída según Leibniz

En la búsqueda de qué es lo que permanece constante en medio del accionar de las mónadas, Leibniz le otorga otra característica fundamental a sus compuestos: la fuerza, la caracterización de esta fuerza manifiesta que ésta debe tener un doble comportamiento, una

se presenta cuando el cuerpo está en movimiento perceptible, la vis viva, y la otra se encuentra cuando el cuerpo está en “repose” y es denominada fuerza muerta o vis mortua. Esta fuerza inmanente incita al cuerpo a estar en movimiento mientras esté en “repose”, es así que al manifestarse una de las fuerzas la otra no toma partido y viceversa; siendo estas dos manifestaciones una sola ya sea vis viva o vis mortua dependiendo del carácter protagónico propio de las interacciones particulares. (Ver acápite 2.4)

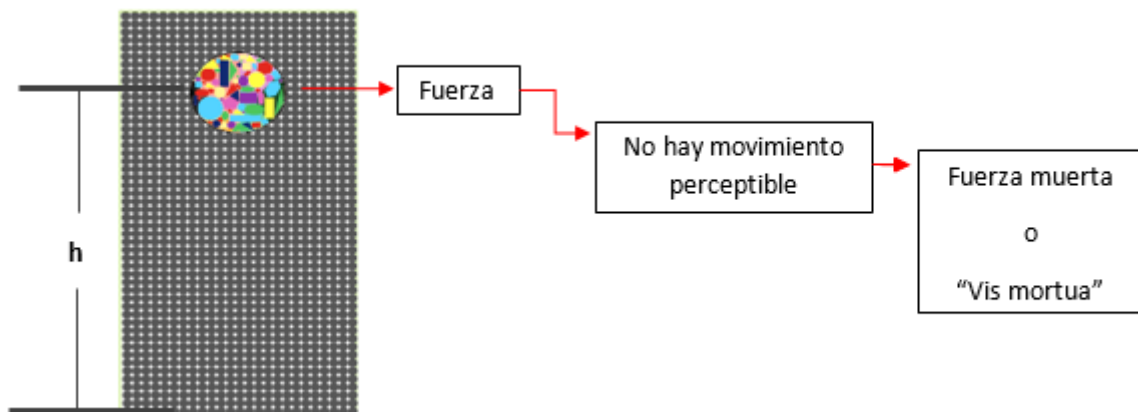


Ilustración 11a. La fuerza muerta en la caída. (Fuente: elaboración propia)

Desarrollando lo que nos muestra la **Ilustración 11a**, cuando el cuerpo está en el sitio donde la posición es el punto (h) antes de iniciar el evento de caída, la fuerza muerta de las sustancias compuestas es la que tiene el protagonismo. Como se mencionó anteriormente, aún en el “repose” la fuerza viva no deja de existir, es la otra forma de manifestarse la fuerza. De esta forma el movimiento natural del cuerpo será caer libremente y será su accionar en el momento que se le permita a la sustancia cumplir con lo ya preestablecido por la mónada suprema. Antes de que el cuerpo inicie dicha caída se encuentra detenido, entonces como las sustancias están incitadas a que se produzca la caída, la fuerza vis mortua en este período crea movimientos infinitamente pequeños, preparando al cuerpo para que, en el instante mismo de quitar el obstáculo que detiene al cuerpo, empiece un movimiento perceptible, la caída del cuerpo inicia sin ninguna dificultad.

Cuando se empieza el movimiento perceptible, la fuerza llamada en ahora vis viva es quien tiene el protagonismo en el evento (**Ilustración 11b**)

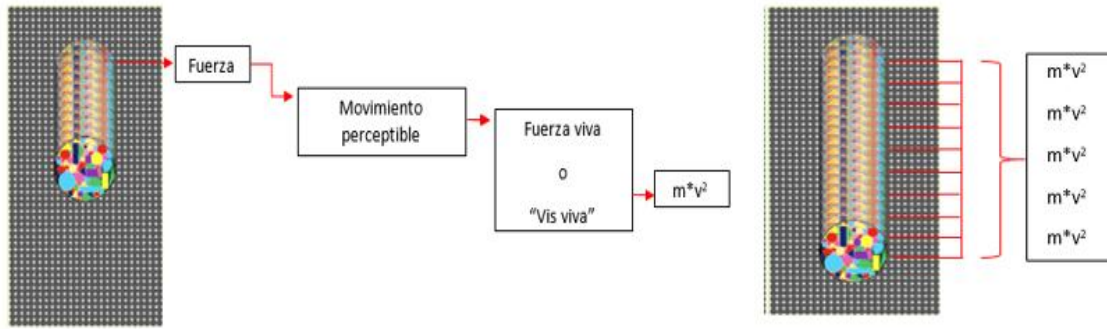


Ilustración 11b. Fuerza viva en la caída (fuente: elaboración propia)

Si se pudiera frenar el movimiento del cuerpo y quedara estático para el análisis en infinitos instantes y se midiera la magnitud de la fuerza, en ese caso la fuerza viva o vis viva sería el producto de la masa y la velocidad al cuadrado y como la velocidad depende de la posición según el sitio donde se encuentre el cuerpo; la magnitud de dicha fuerza $m \cdot v^2$ varía según los lugares en los que se encuentre la sustancia (**Ilustración 11b**). Es así que cuando el cuerpo se encuentre en el punto máximo desde donde se analiza el evento, la cantidad de la fuerza viva en el momento en que inicia el movimiento es igualmente máxima y entre más cerca sea la posición del cuerpo con respecto al suelo dicha magnitud se ira convirtiendo en cero.

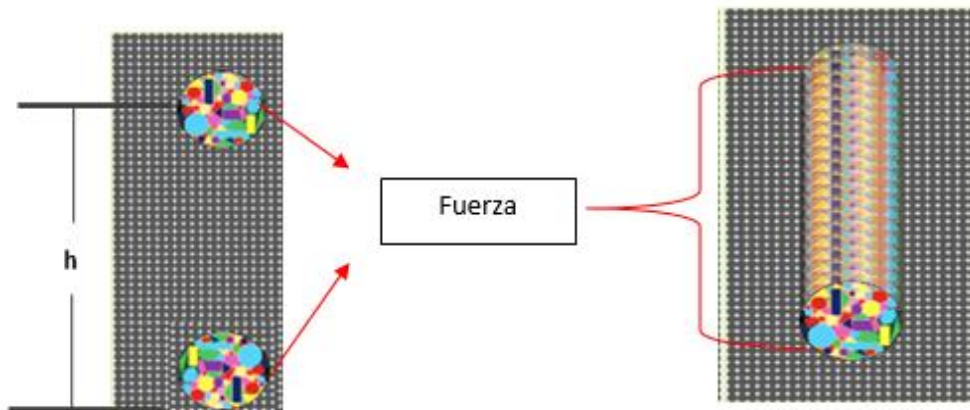


Ilustración 12. Fuerza en el cuerpo (fuente: elaboración propia)

Con las anteriores representaciones y explicaciones, se puede evidenciar la noción de fuerza que se asume desde un evento de caída según la perspectiva de Leibniz que es posible analizar a partir de organizaciones lógicas que enlazan la experiencia del investigador con los elementos conceptuales proporcionados por el autor analizado.

Reflexiones finales

Desde el punto inicial en el que se propone este trabajo, hay un horizonte al que se dirige dado los objetivos propuestos. Es así que en procura de esta meta y en congruencia con lo que se ha propuesto a lo largo de esta recontextualización, se evidencian alcances plausibles, motivaciones, aciertos y desaciertos en el transcurso de la ruta seguida. En este apartado se propone mencionar las contribuciones en relación al análisis conceptual de la fuerza.

El reconocimiento de organizaciones experienciales propias de un contexto particular alejado históricamente, pero que se trae a diálogo como herramienta, permite al profesor en formación construir una formalización propia, teniendo como base su conocimiento adquirido mediante la organización de experiencias establecidas, ya sea de forma sensorial o cultural, que le permiten la elaboración de una imagen de ciencia y concebir los criterios propuestos en las obras de Leibniz con una intencionalidad pedagógica.

Se reconoce que las mónadas, como constitutivos de todo lo que está y define el mundo de Leibniz, es el elemento fundante de su trabajo. Sería posible pensar la imagen de la mónada y sus posibles organizaciones muy cercana a lo que se representa en los libros de texto como un tejido celular o un cúmulo de esferas de las cuales estarían constituidos los cuerpos y que además, serían todas diferentes entre sí, como trató de representarse en las ilustraciones expuestas en el documento. ¿Cómo se relaciona esta noción con las nociones de movimiento o fuerza que comúnmente empleamos?

El apropiamiento que Leibniz tiene respecto a qué es la fuerza en el cuerpo, en términos de aquello que da cuenta de la permanencia de la identidad de los mismos, no solo incitó gran cantidad de controversia en la época, sino que gracias a esto se instaura como antecedente para otros trabajos en el campo de la física.

Los elementos que caracterizan el trabajo de Leibniz para definir la fuerza implicaron un cambio de paradigma en el mundo ya que para él el movimiento es algo relativo de los cuerpos, no es un absoluto, lo verdadero es la fuerza; una fuerza intrínseca del cuerpo que llevó después justamente a la energía, una entelequia como lo plantea Aristóteles, que constituye el origen de su manera de ser o el comportamiento y esta es la causa de todo

movimiento. Leibniz a partir de esto funda sus leyes sobre lo que es real para las causas de la naturaleza y esto es la fuerza.

A partir de esto en busca de la caracterización de la fuerza (causa del movimiento) Leibniz manifiesta que esta debe ser de carácter dual definida como Fuerza viva o *vis viva* y esta se encuentra íntimamente impulsada por una fuerza muerta o *vis mortua* y esta se manifiesta según el estado de movimiento del cuerpo; donde si el cuerpo se encuentra en movimiento perceptible la fuerza es llamada viva (energía cinética) y esta depende de la velocidad que lleve el cuerpo y si el cuerpo permanece en reposo la fuerza será muerta (energía potencial) y está ligada con la posición – altura “reposo del cuerpo”.

Al ser intrínseca al cuerpo esta se gana o se pierde respectivamente según la situación o movimiento del cuerpo en el que va llegar o se encuentre el cuerpo; dicha correlación se evidencia una conservación en la fuerza o en la energía y es esto la fuerza en el cuerpo la que da cuenta de la permanencia de la identidad de los mismos en medio de algún tipo de cambio lo que de manera matemática expone como $m \cdot v^2$ siendo esta magnitud la que expresa el efecto que produce el cuerpo en algún movimiento y ese efecto es el que nos muestra dicha conservación.

Finalmente se puede afirmar que el presente análisis histórico dio un enriquecimiento tanto del vocabulario, como de las interpretaciones del universo siendo significativas y desencadenantes de nuevos saberes y organizaciones propias del investigador; de tal forma que lo que en alguna medida ha sido capaz de plasmar será más fácil de verbalizar. Esta mejora discursiva será evidente ya que se derivan dos “conocimientos” exteriorizados; uno será el interpretativo de las obras de Leibniz y esas organizaciones tal vez un poco aisladas en principio y por otra parte el “conocimiento” argumentativo y propositivo frente a la enseñanza de la física.

Un primer aspecto en las implicaciones para la enseñanza de la física el maestro logra una comprensión del concepto donde este se logra asumir algunas concepciones de una forma diferente y con una mayor claridad; por ejemplo, es más claro reconocer la idea de la conservación de la energía, en términos de una característica del cuerpo dada por su movimiento y por su posición en el espacio, particularmente en el evento de caída analizado. Entonces se reconoce el carácter protagónico de la energía potencial o energía cinética en

diferentes instantes de movimiento; que si bien no han sido postulados por el pensamiento leibniciano, este se convierte en una herramienta útil para la asunción de dicho conocimiento. De este modo la fuerza de movimiento o energía es una forma de explicar situaciones donde es posible descubrir aproximaciones que expresan la significación que tienen estas ideas en una forma particular de explicar eventos.

No se puede desconocer que hay otras ideas de fuerza como la newtoniana (que no fue tema central en la investigación pero merecen ser estudiadas en otra investigación) o la idea de fuerza en el cuerpo que permiten explicar algunos efectos como plantea Leibniz; estas dos ideas tal vez son las más comúnmente difundidas por las comunidades científicas en relación al concepto e idea de fuerza y están vinculadas con las concepciones de los estudiantes.

Otro aspecto para la enseñanza en términos las concepciones de los estudiantes es la idea de fuerza en el cuerpo resulta significativo ya que se identifica en el aula por parte de los estudiantes nociones relacionadas con estos dos conceptos de fuerza que podrían entrar en la explicación de múltiples eventos, pero en la mayoría de los casos el maestro solo acepta la idea newtoniana, como se aludió en el capítulo 1 a los profesores Ayala, Malagón y Guerrero que exponen “Los estudiantes suelen hablar de una fuerza que se transmite y de una fuerza de movimiento cosa que el maestro ve como un error y no como una forma diferente a la newtoniana de abordar el movimiento de un sistema” (Ayala; Malagón; Guerrero, 1998, pág. 5). También teniendo en cuenta lo que exponen Vilanova, Mateos y García (2011, pág 75) a pesar de que posiblemente los profesores admitan que es necesario ayudar al estudiante a construir nuevos significados durante el proceso de enseñanza, el docente a partir de las ideas previas de los estudiantes si no van en concordancia con los contenidos los detecta como ideas erróneas e invita al estudiante que las modifique ya que lo que importa no es la capacidad del alumno para construir significados sino que haya incorporado el conocimiento “objetivo” específico de la disciplina. Por lo tanto, el maestro puede corresponder y logra tener los criterios para reconocer y abordar los significados que dominan sus estudiantes donde podrán estar vinculados a la formulación de otros conceptos como el de energía, argumentado su trabajo por medio de los estudios históricos.

Un tercer aspecto es la formación del maestro desde la investigación, es un maestro que no sólo privilegia la disciplina. Ya que la investigación permite al maestro no sólo conocer

los problemas de una disciplina (leyes y teorías), o los problemas que encuentre en el aula sino que lo orienta a pensar en los elementos que se superaron en la construcción de explicaciones sobre el mundo y cómo los conceptos, las teorías o las leyes son resultados de esa actividad. También es posible reconocer los vacíos o inconsistencias que se presentan al asumir un tiempo y espacio absolutos y otras discusiones que después del presente análisis pueden abordarse desde otro marco conceptual diferente al inicial.

Referencias bibliográficas

- Ayala , M. M., Garzon, M., & Malagón , J. F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. *Memorias del Congreso Nacional de enseñanza de la física, Universidad Pedagógica Nacional*, 39 - 54.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições, 1(49)*, 19 - 37.
- Ayala, M. M., Malagón, J. F., & Gerrero, G. (1998). Elementos para introducir el concepto de energía mecánica sin recurrir al concepto de trabajo. *Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias(4)*, 1 - 8.
- Bautista , G., & Rodriguez, L. D. (2007). La ciencia como una actividad e construcción de explicaciones. *Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, Universidad Pedagógica Nacional*, 65 - 73.
- Beltrán, E. (2015). Del memorable error de Descartes: Crítica leibniziana a la mecánica cartesiana. *Revistas Estudios, (31)*, 1 -12.
- Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *nodos y nudos, 3(25)*, 73 - 80.
- Coronado, G. (2003). Leibniz y la crítica de la física cartesiana como punto de partida hacia la metafísica de las mónadas. *Filosofía Universidad de Costa Rica*, 11 - 23.
- González, Á. (1989). *Sobre los principios de la filosofía* (Vol. 4). (E. López , & M. Graña, Trans.) GREDOS.
- Leibniz (1991). *Escritos de dinámica (1710)*. Traducción de Juan Arana y Marcelino Rodríguez Donís 1991.. Madrid: I. Tecnos S.A.
- Laborda, A. P. (2002). *Tiempo e historia: Una filosofía del cuerpo*. Madrid; Ediciones Encuentro S.A.
- Leibniz (1889) *La monadología. Opúsculos. (1720) 2a ed.* Traducción de Antonio Zozaya. Madrid, Dirección y administración Plaza del Progreso
- Leibniz, G. W. (1698 - 1906). *Correspondencia epistolar de Leibniz*. Obtenido de: <http://www.oriodemiguel.com/files/traduccion/corr.pdf>. Recuperado el 03 de 10 de 2017
- Leibniz, G. (1982). *Principios de la naturaleza y de la gracia. Fundados en razón*. 597 - 606. (E. d. Olaso, Trad.) Buenos Aires: Charcas. Recuperado el 12 de 04 de 2018
- Leibniz, G. W. (1686). *Discurso de metafísica*. (A. C. Piñán, Trad.) Obtenido de <http://libroesoterico.com/biblioteca/metafisica/Leibniz%20Discurso-de-Metafisica.pdf>

- Leibniz, G. W. (1695). Nuevo sistema de la naturaleza. *Nuevo sistema de la naturaleza*. Obtenido de TARINGA: <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18768722/Nuevo-sistema-de-la-naturaleza-Leibniz-1695.htm>. Recuperado el 02 de 20 de 2018
- Leibniz, G. W. (1710). *Teodicea. Ensayos sobre la bondad de dios, la libertad del hombre y el origen del mal*. Edición electrónica de www.philosophia.cl/ Escuela de Filosofía Universidad ARCIS. Recuperado el 25 de 01 de 2018
- Leibniz, G. W. (1695). *Nuevo sistema de la naturaleza*. Obtenido de: <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18768722/Nuevo-sistema-de-la-naturaleza-Leibniz-1695.html>. Recuperado el 14 de 03 de 2018
- Lindsay, B. (1975). Energy: Historical development of the concept. Dowden, hutchingon & Ross. 99 - 138.
- Luna Alcoba, M. (1994). *La ley de continuidad en G.W. Leibniz*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Malagón, J. F., Ayala, M. M., & Sandoval, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias. En J. F. Malagón, M. M. Ayala, & S. Sandoval, *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización un sentido para la enseñanza de las ciencias* (págs. 21-26). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Nersseian, N. J. (1995). Should Physicists preach what they practice? Construtive modeling in doing and learning physics. *Sciece Education (4)*, 203 - 226.
- Otálora, J. H. (1989). *En la controversia Vis viva- cantidad de movimiento. Hacia una comprension racional del concepto de energía y su principio de conservación*. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .
- Rada, E. (1980). *La polemica Leibniz - Clarke*. Madrid: TAURUS.
- Ruiz Gómez, L. (ene./jun. de 2015). Fuerza primitiva y fuerza derivativa en G. W. Leibniz. Modificación y limitación. *Tópicos (México)*(48). 1-28
- Sanjay, R., & Zollman, D. (2004). "The effect of distracters on student perfomance on the force concept inventory". *Department of Physics, Kansas State University*, 19. 72(116),
- Solano, I., Jiménez, E., & Marín, E. (2000). Análisis de la metodología utilizada en la búsqueda de "lo que el alumno no sabe" sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(18) 309 - 328.
- Tarazona, L. (2006). *Construcción y significado de la energia mecanica*. Tesis especialización. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional
- Vaughan, N. (Mayo - Agosto de 2007). ¿Por qué Leibniz requiere del tiempo absoluto? *IDEAS Y VALORES. Revista Colombiana de Filosofía*, 56(134), 23-44.
- Willson, J., & Buffa, A. (2003). *Física 5° Edición*. Prence Hall: Pearson.

Enciclopedias consultadas

- Enciclopedia Universal (2012). Obtenido de: http://enciclopedia_universal.esacademic.com/158111/identidad_de_los_indiscernibles (11 de 04 de 2018)
- Nicola Abbagnano, D. d.. (1974) *Diccionario de filosofía. Fondo de Cultura Económica, 2ª Ed.* Disponible en: <http://www.filosofia.org/enc/abb/materia.htm> (14 de 03 de 2018)
- Olleta, J. E. (s.f) *DICCIONARIO DE PSICOLOGÍA CIENTÍFICA Y FILOSÓFICA. Explicación de los principales conceptos, tesis y escuelas en el área de la Psicología.* Disponible en : <http://www.e-torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Fenomeno-Fenomenico.htm> [15-03-2018]