

## **CARACTERIZACIÓN DE LAS IMÁGENES A LA LUZ DE LOS ESCRITOS CIENTÍFICOS**

### **Resumen**

Las imágenes nos rodean en la cotidianidad. Estamos inmersos en un mundo donde la iconografía se ha desarrollado a pasos agigantados, asimismo, las ciencias en general y específicamente en la educación científica poseen un vocabulario específico, con simbologías, connotaciones e imágenes propias lo que establece un canal de comunicación específica para los que se encuentran inmersos en ella. Este lenguaje iconográfico va mucho más allá de una simple ilustración, puesto que las imágenes brindan información del fenómeno en estudio, además, en la mayoría de los textos científicos, los autores se hacen valer de las imágenes para hacerse entender en el desarrollo de leyes, teorías, sin embargo, en el bagaje de éstas se consigue una tipología variada. En el presente artículo se pretende caracterizar las imágenes científicas desde la visión de los escritos científicos. Para ello se realizó un análisis hermenéutico de cuatro textos de autores connotados en el desarrollo de teorías físicas como lo son Isaac Newton, Michael Faraday, Stephen Hawkins y Albert Einstein-Leopold Infeld. En el mismo se muestra que existen cinco tipos de imágenes; el dibujo, el dibujo esquematizado, las gráficas, los diagramas y la fotografía, pudiéndose extrapolar a otros libros de carácter científico-didáctico a nivel universitario como el de Serway y Jewett (2009).

Flor Arnal Bandres.  
Magister en Educación,  
Mención Educación en  
Física.

Correo electrónico:  
flornal@gmail.com

Rafael Mata Caraballo.

Universidad Pedagógica  
Experimental Libertador,  
Instituto Pedagógico Rafael  
Alberto Escobar Lara.  
Departamento de Física.  
Maracay, Venezuela.

### **Palabras Clave**

Imágenes, Física, Ciencia, Conocimiento Científico

## **CHARACTERIZATION OF IMAGES IN LIGHT OF SCIENTIFIC WRITINGS**

### **Abstract**

The images surround us in our daily lives. We are immersed in a world where iconography has developed by leaps and bounds. Likewise, the sciences in general and scientific education specifically have a specific vocabulary, with symbologies, connotations and own images which establishes a specific channel of communication for those who are immersed in it. This iconographic language goes much beyond a simple illustration, since the images provide information of the phenomenon under

study. In addition, in most scientific texts, authors make use of the images to be understood in the development of laws and theories. However, in the baggage of these, a varied typology is achieved. This article aims to characterize scientific images from the perspective of scientific writings. For this, a hermeneutical analysis of four texts by authors known in the development of physical theories as Isaac Newton, Michael Faraday, Stephen Hawkins and Albert Einstein-Leopold Infeld was carried out. This shows that there are five types of images: The drawing, the schematic drawing, the graphs, the diagrams and the photograph, which can be extrapolated to other books of scientific-didactic character at university level as the one by authors Serway and Jewett (2009).

### **Keywords**

Images, Physics, Science, Scientific Knowledge.

### **Introducción.**

El lenguaje constituye un sistema de comunicación para que un grupo de seres realicen vínculos. Dentro de la generalidad del lenguaje, se encuentra el lenguaje científico, lo cual forma una vía de interrelación para los que se aprehenden de la ciencia. Dentro de este ámbito, la iconografía forma parte de esta realidad científica, valiéndose de diversas imágenes que coadyuvan a afianzar el conocimiento científico y sobre todo a apropiarse de él, y más aún cuando nos encontramos en una realidad social donde se le ha dado tanta importancia a la imagen como un medio potencialmente práctico para expresar ideas y pensamientos.

Lo que hace repensar el papel no solo que ha transitado la imagen en la ciencia en general, si no también en la educación científica en lo particular. Es por ello que, en la presente investigación, se presenta una breve caracterización sobre la imagen, y lejos de querer mostrar o parcializar una definición en particular, el objetivo es mostrar algunas ideas, las cuales se muestran consonancia con el estudio, con la intención no de definir, más bien establecer unos parámetros para el cual se delimita esta investigación.

Posteriormente, se plantea la parte central, donde se realiza un estudio hermenéutico sobre la caracterización de las imágenes desde la visión de los escritos de cuatro científicos destacados en el estudio de la Ciencia como lo son Isaac Newton, Michael Faraday, Einstein e Infeld y Stephen Hawking, para revisar las imágenes que presentan y cuál es la relación de su discurso y la presentación de la imagen.

### Preámbulo a la Imagen Científica.

Primero, es importante destacar que existen múltiples definiciones sobre las imágenes, no obstante, se considera que la idea no consiste en generar un listado de definiciones, sino más bien mencionar algunas que puedan coadyuvar en la que nos acompañará a lo largo del recorrido de la investigación. Según el Diccionario de la Real Academia Española (2016) la palabra imagen proviene del latín *imāgo*, *-īnis* y la define como “Figura, representación, semejanza y apariencia de algo”.

Por su parte, Betancur, Osorio y Sánchez (2006) señalan que

La imagen es un texto. Y es, además, un texto con anclajes muy fuertes en la cultura de este tiempo...es condicionante y condicionada: es fruto y planta generadora a la vez...como resultado de una construcción simbólica de un observador es propia y subjetiva (p.94)

Las imágenes son representaciones visuales de objetos o situaciones sobre una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, dramatizaciones, entre otros). Sin embargo, luego de evaluar el que se asocia más con esta investigación asumo la postura de Peirce citado en Nöth (2005), el cual comenta que las imágenes pueden considerarse como signos que luego se interpretan según sus creencias, vivencias, intelectualidad, entre otras, específicamente menciona que la imagen como signo:

puede también ser el mero pensamiento o una idea. Por lo tanto, una imagen mental puede también ser un signo. En este sentido, lo que es importante es que el signo como imagen en el papel o como imagen mental sea la *primereidad*, algo que viene primero a la mente que entonces lo relaciona con un objeto como la *segundidad* y un interpretante como la *terceridad* (p.20)

Así mismo, Ugas (2010), escribe dos definiciones derivadas del latín y el griego que, aunque parecen estar separadas, son abarcadores de lo que se pretende denominar como imagen en este documento:

proviene del griego *eikon*, que significa ícono, imagen, cuadro o representación que sustituye al objeto mediante su significación, representación o analogía. Y del latín *Imago* (lo que la persona tiene en la mente, en la imaginación), y este del verbo “*imitari*” que significa imitar (p. 11)

En consonancia con estos autores, se derivan algunos aspectos a destacar en primer lugar es indicar la imagen como un signo o ícono, de allí abre la posibilidad de no solo restringir a la imagen a la escrita, bien sea digital (multimedia o no) o papel, si no a la que se concibe mentalmente, de manera que se puede reproducirla como una idea “gráfica” pero básicamente concebida mediante la visualización captada en alguna oportunidad mediante el sentido de la vista, sentido que se

privilegia en esta investigación, aunque se puede vincular con otros sentidos como el caso de las experiencias de laboratorio (vista-tacto, primordialmente pero pueden suscitarse combinación con el resto de los sentidos), materiales educativos computarizados, software, entre otros (vista-oído).

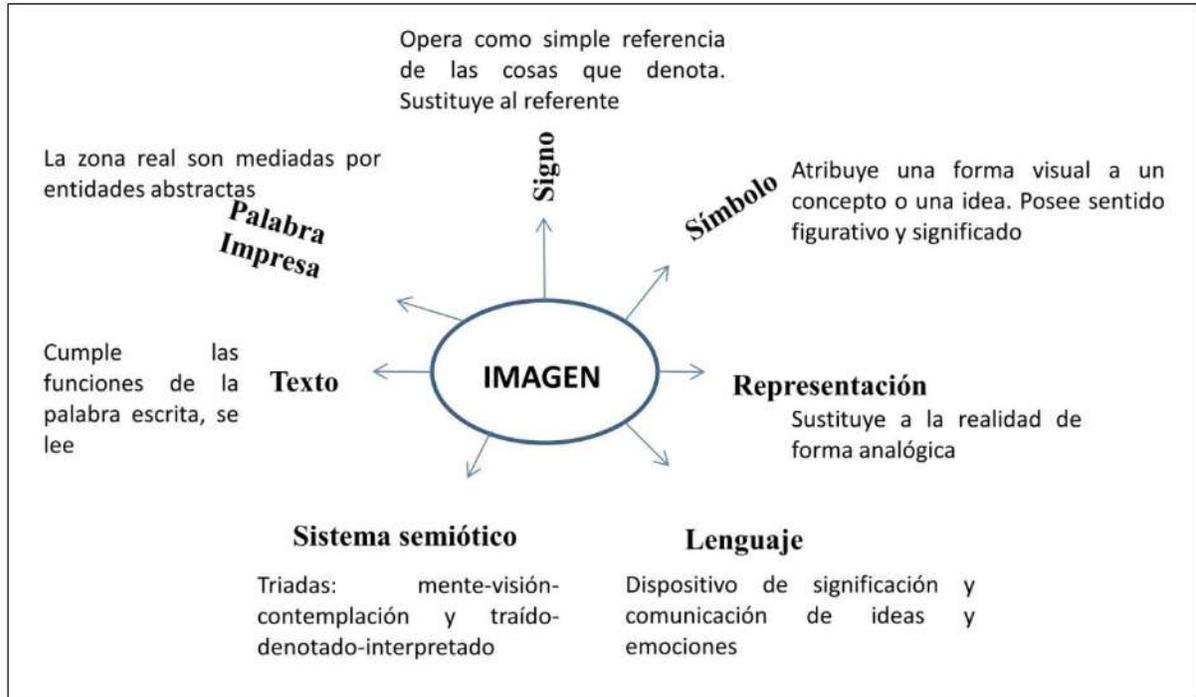
Es por ello que se puede englobar, en primera aproximación al signo obtenido principalmente por la vista-cerebro o vista-mente, ya que como se verá más adelante el proceso visual per se no tiene gran cabida, o al menos para esta investigación, es más valioso la vinculación con el cerebro que implica procesos que llevan más allá que una percepción, si no por el contrario incluyen reflexiones, contrastes, interpretaciones establecimiento de semejanzas, evocaciones, análisis, extrapolaciones, reducciones y muchos otros más.

Todos estos procesos que cada vez más, con el paso del tiempo, se van afianzando, profundizando, transformando en algunos mejor constituidos y más abarcadores o simplemente en otros, también depende de la capacidad de desarrollo visual que se va enfocando, con esto quiero decir la capacidad de leer imágenes ya que esto es una destreza que se va mejorando con la práctica, es decir, se va desarrollando. De allí que la importancia educativa cobra fuerza al valorar la relevancia que se tienen en las instituciones educativas, específicamente aquellas encargadas del estudio de la ciencia como tal y específicamente en la Física, puesto que los docentes pueden generar estrategias que permitan la maduración en cuanto al procesamiento de la información obtenida de las imágenes como herramienta cognoscitiva/comprendida en la física.

La imagen si se toma como estrategia para el aprendizaje se dice que permite la codificación visual de la información, si se usa el término ilustración la imagen se queda corta puesto que no solo es ilustrar es algo más allá, permite también la construcción del conocimiento científico

El autor venezolano Gabriel Ugas Fermin en su libro llamado *Prolegómenos a una pedagogía de la imagen* (2010), destaca al menos siete posibles vertientes como se puede tomar a la imagen, bien sea, como concepto, como signo, como símbolo como representación, como lenguaje, como sistema semiótico, como texto o como palabra impresa, a continuación, se pretende recoger su idea mediante un esquema, lo cual es interesante ya que permite subrayar lo plurivalente de la imagen:

Gráfico 1: Representaciones de la Imagen. Con información tomada de Ugas (2010)



En el esquema que precede se puede distinguir la versatilidad de la imagen. Sin embargo, nos corresponde realizar un análisis de las imágenes científicas, aquellas que pueden o no tener características similares al resto de las imágenes pero que es importante resaltar las características que éstas poseen, Hernández (2010) las describe, no obstante, se tomarán, solo las características:

- Son pragmáticas (principalmente comunican conocimiento científico)
- Objetividad
- Exactitud
- Significación Unívoca (no posee ambigüedades)
- Son coherentes (sin contradicciones)
- Poseen normalización y convencionalismo
- Principalmente tienen carácter didáctico
- Esquematismo (simplicidad, sencillez y economía de medios)
- Focalización (para realzar algún elemento específico)
- Múltiples técnicas de representación plástica

Se puede evidenciar que, muchas de estas características, son constitutivas del lenguaje científico per se y, en consonancia, debe ser así puesto que la imagen como lenguaje iconográfico forma parte del lenguaje científico en general. Así que la imagen puede ser tan rigurosa como lo puede ser un texto altamente especializado, de manera que la imagen no forma parte de una mera ilustración es más allá forma parte del lenguaje científico.

Es por ello, que tal cual, como el lenguaje científico, las imágenes científicas pretenden ser unívocas, el que la construye espera que el que las lee interprete el significado de sus elementos constitutivos y de su estructura en los mismos términos en que él lo ha construido.

Por otro lado, entre los tipos de imágenes científicas se tienen; las ilustraciones tradicionales, fotografías, videos, ilustraciones digitales, imágenes obtenidas con aparatos o diagnóstico, diagramas, gráficas científicas.

### **Una Aproximación clasificatoria de la imagen desde la visión de los escritos científicos:**

Es casi inevitable el caer en una clasificación en torno a la imagen que permita describir, a grosso modo, las potencialidades de las imágenes desde una visión basada en los escritos científicos, esto con la finalidad de destacar la importancia que tiene la imagen en el discurso científico.

Es importante hacer notar la suma relevancia que se tiene, como profesor de Física, la imagen que se percibe directamente mediante el sentido de la vista, puesto que es *la realidad en vivo*, es decir, por ejemplo el experimento demostrativo, cuyo papel es realmente importante en la construcción del conocimiento científico, ya que las experiencias “en laboratorio” generan en primera aproximación un impacto cognitivo en la persona que se adentra a la ciencia, sin embargo este apartado se le dedica a las imágenes plasmadas en algún medio escrito o computarizado, o como la denomina Villafañe (2006) “imágenes creadas” las cuales son un vehículo de comunicación en el cual se necesita un material a observar, no obstante a lo largo del discurso de esta investigación opciones como la *imagen de la realidad en vivo* (Imágenes naturales) o la imagen pensada, no se descartan.

Como se puede notar en lo escrito anteriormente y en muchas otras investigaciones que se pueden consultar (Hernández, 2010; Perales y Jiménez, 2002) se pueden obtener múltiples clasificaciones sobre los tipos de imágenes, sin embargo, a continuación se realiza una hermenéutica basada en la exploración y análisis de textos originales de científicos que han escrito libros en diferentes épocas de la historia moderna de la ciencia, específicamente de la Física y evidentemente está guiado por mi experiencia como Profesor de Física. Para realizar este apartado se tomaron en cuenta los siguientes textos y sus autores:

Cuadro 1: Cuadro resumen de los textos analizados.

Autor	Título	Año de publicación/Año de edición
Stephen W. Hawking	Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros	1990/2001
Albert Einstein y Leopold Infeld	La Física una Aventura del Pensamiento	1938
Michael Faraday	Experimental Researches in Electricity. Volumen II	1844
Isaac Newton	Principios Matemáticos de la Filosofía Natural 1. Libro I	1687/1987

Basados en los mismos, se realiza un proceso hermenéutico en cual se visualizan las imágenes de cada texto, esto con la intencionalidad de estratificarlas según las características de cada una de ellas y, de esta manera argumentar dicha clasificación, de manera tal que no solo se clasifica, si no también se destaca a lo largo de este recorrido la relación de la imagen-texto y como los autores insertan la imagen con el discurso que están llevando en la obra. De esta manera se destacan la siguiente clasificación:

- El dibujo
- El dibujo esquematizado
- Las gráficas
- Los diagramas
- La fotografía

Es posible y seguramente existen otras alternativas, sin embargo, fueron las encontradas a lo largo de la lectura y relectura de imágenes en estos cuatro libros. No obstante, más adelante se considerarán otro tipo de imágenes que cobran relevancia en el ámbito de la educación en Ciencias, específicamente en la Física, pero que por razones obvias (quizás) no se consiguen en estos, tal como es el caso de los videos, experimentos, simulaciones, software, entre otros.

Ahora bien, es importante responder ¿Por qué estos textos?

En el desarrollo de la Física son innumerables los científicos que han plasmado sus ideas en escritos, de hecho, el publicar sus análisis es lo que ha permitido su reconocimiento en las grandes esferas científicas. En primer lugar, se trató de escoger autores que me permitieran tener una visión general a lo largo de la historia tal como se verá en este recorrido, de esta manera se buscaron científicos connotados que hayan configurado teorías, engranado las mismas, o plasmaran propuestas teóricas.

Isaac Newton (1642-1727) ha sido uno de los más impresionantes científicos en el desarrollo de la Física, sobre todo en el ámbito de la Óptica y la Mecánica, escritor

del libro Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, libro en el que plantea todo un tratado sobre la Mecánica Clásica y la Teoría de la Gravitación Universal, en palabras de Stephen Hawking (1990) “seguramente el libro más influyente jamás escrito en el campo de la Física” (p.170), de manera tal que forma un eje vertical en el desarrollo de la misma.

Michael Faraday (1791-1867) otro científico influyente en el área no sólo de la Física, sino de la Química, configuró la Teoría de Campo Electromagnético; uno de los aspectos más destacados de Faraday es su gran capacidad en desarrollos científicos no siendo este un hombre de estudios a priori. Su entusiasmo por la experimentación lo llevó a escribir las obras tituladas “Experimental Researches in electricity” plasmadas en varios tomos, fue incesante al escribir otros libros de gran aporte experimental.

Albert Einstein (1879-1955) y Leopold Infeld (1898-1968), alemán y polaco respectivamente, el primero su mención no necesita tanta presentación para demostrar la relevancia que tiene en el estudio de la Física y en desarrollo de teorías actuales, su mención es la del físico más destacado del siglo XX, con la creación de la Teoría Especial y General de la Relatividad, el efecto fotoeléctrico, entre otros, tiene libros escritos en individual, pero en esta ocasión se une a Infeld quien escribe igualmente libros a nivel individual y con otros autores, también escribió con Einstein el libro “La evolución de la Física”

Por último, no menos importante, pero si más reciente Stephen Hawking (1990) quien desarrolla la Teoría del Big Bang, la Teoría de los Agujeros Negros, entre otros planteamientos contemporáneos. Escritor de varios libros asociados a estas áreas temáticas de orden teórico.

Es innegable la influencia que han tenido estos autores en las constituciones de las ideas físicas, en vista de ello, se seleccionaron como ejemplo de científicos con publicaciones, no quiere decir que pudiesen o no escogerse otros, o incorporarse algunos, no obstante, a efectos de esta investigación se realiza una caracterización preliminar en base a estos cuatro textos.

En otro orden de ideas, para realizar esta caracterización, se realizó una hermenéutica de las imágenes plasmadas en el libro, con su texto cercano a las mismas, no obstante no se destacaron las imágenes mentales propias de la teoría que los caracteriza, por ejemplo, para Isaac Newton, la imagen de los cuerpos (masas) son consideradas partículas o masas puntuales lo que conllevaba al reduccionismo propio de la época moderna, de manera tal que este aspecto subyace a la teoría newtoniana, no obstante, no se consideraron para cada uno de los textos, más bien se destacaron aquellas insertas visualmente. Lo mismo pudiese comentarse para cada uno de los autores. Ahora bien, a continuación, se desarrollará cada uno de los tipos de imágenes:

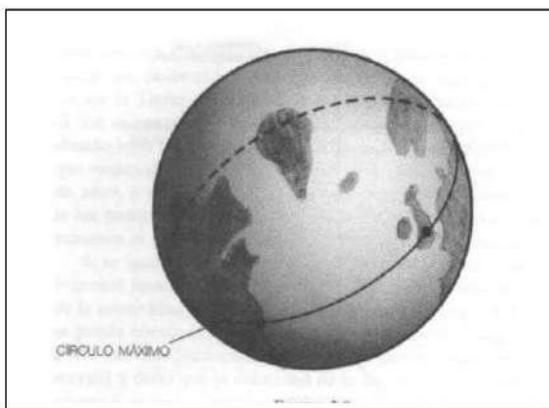
## El dibujo.

El dibujo científico constituye una de las praxis más antiguas cuando a nivel de imagen se habla, es práctico, en primer lugar, porque desde la antigüedad constituye uno de los medios de comunicación más efectivos; en segundo lugar, por su practicidad a la hora de la elaboración.

El dibujo pretende capturar la realidad físicamente, de manera tal que con algunas limitaciones se pueda representar la naturaleza misma, una de las potencialidades del dibujo es que permite representar segmentos de la realidad o de una idea, profundizar en algunas partes de mayor importancia, inclusive simplificar, y/o eliminar partes.

En el dibujo científico, además se permite destacar aspectos, con algún tipo de señalización, pueden ser palabras, frases cortas que permitan la identificación de algo, por ejemplo, se muestra la imagen tomada del libro de Hawking (1990), en el mismo se señala la geodésica de la Tierra o también llamado círculo máximo, y durante el texto el autor hace una explicación basada en ese aspecto destacado. Pero en este caso el dibujo tiene la finalidad de identificación.

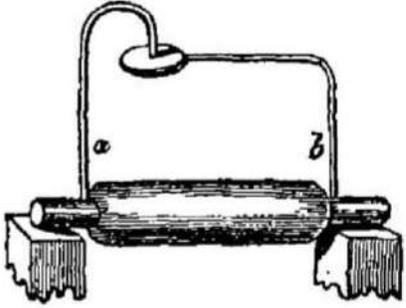
*Gráfico 2: Dibujo que identifica la geodésica de la Tierra. Tomado de Hawking (2001).*



Otra finalidad del dibujo es plasmar un proceso, un prototipo, un dispositivo que el autor esté planteando de manera que el lector visualice lo que el autor le está describiendo, en muchas ocasiones la imagen es imprescindible para comprender al mismo. Muchos ejemplos asociados con esto se consiguen en los tomos de Investigaciones experimentales en electricidad (Experimental Researches in Electricity) de Michael Faraday, puesto que en el mismo el autor plasma en sus escritos reportes asociados con su actividad experimental.

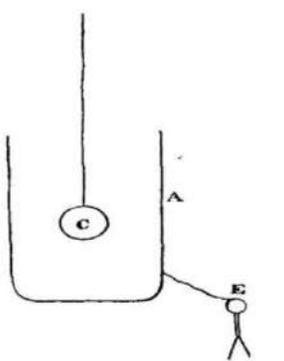
A continuación, se muestra un fragmento (traducido) del texto original y la imagen que lo acompaña:

Cuadro 2: Dibujo y fragmento de texto tomado de *Experimental Researches in Electricity* (1844).

<p>..una hélice fue fijada alrededor del levantador, uno de los extremos <i>a</i> del alambre se levantaron en forma de gancho, como en la figura; El otro, <i>b</i>, después de levantarse se dobló en un ángulo recto, y tenía una pequeña circular gruesa. Una placa de cobre fijada a ella... Esta placa y el final se amalgamaron...</p>	 <p>El diagrama muestra un alambre que se eleva desde la izquierda, se curva hacia arriba y a la derecha formando un gancho, etiquetado con la letra 'a'. Desde el punto más alto de esta curva, el alambre continúa hacia la derecha y luego se dobla hacia abajo en un ángulo recto, etiquetado con la letra 'b'. El extremo inferior de 'b' está conectado a una placa horizontal que se extiende a la izquierda y derecha. Debajo de esta placa, se ven dos bloques de material que parecen ser de amalgama o cobre, uno a cada extremo de la placa.</p>
---	--

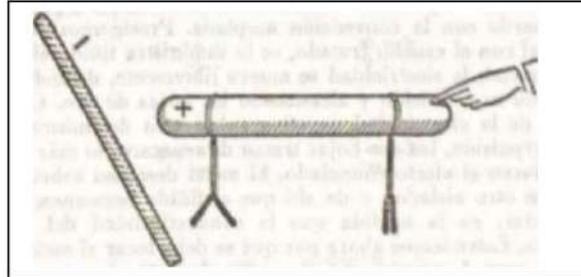
Otro ejemplo del mismo estilo se evidencia más adelante con el libro del mismo autor:

Cuadro 3: Dibujo y fragmento de texto tomado de *Experimental Researches in Electricity* (1844).

 <p>El diagrama muestra un cubo de hielo en forma de U invertida. Dentro del cubo, hay una bola circular etiquetada con la letra 'C'. Una línea vertical que representa un alambre desciende desde la parte superior del cubo y se conecta con la bola 'C'. Desde la parte inferior derecha del cubo, una línea etiquetada con la letra 'A' se extiende hacia la derecha y se conecta con un símbolo que representa un electrómetro de hoja de oro, etiquetado con la letra 'E'. El símbolo del electrómetro es un círculo con una línea que apunta hacia abajo y una línea que apunta hacia la izquierda.</p>	<p>En el diagrama <i>A</i> representa un peltre aislado siendo un cubo de hielo de diez y media pulgadas de alto y siete pulgadas de diámetro, conectado a un alambre con un el electrómetro de hoja de oro <i>E</i>, y <i>C</i> es una bola de latón redonda aislada por un hilo seco de seda blanca, de tres o cuatro pies de largo, para quitar la influencia de la mano se sostiene desde el cubo de hielo abajo. Que <i>A</i> se descargue perfectamente, Entonces dejemos que <i>C</i> ...</p>
--	--

Cabe destacar que dicho autor, utiliza prácticamente dibujos como vehículo comunicacional, así como otros autores como el caso del libro *Una Aventura del Pensamiento* en el mismo se utilizan dibujos para que el lector visualice lo que el autor quiere explicar, por ejemplo, en la figura adjunta Einstein e Infeld (1958) destacan que “Supongamos que se conserva la barra de caucho cerca del metal y que al mismo tiempo se toca el conductor con un dedo” (p.68), en el texto previamente destacaba cual es la barra de plástico y la de metal.

Gráfico 3: Dibujo tomado del libro *La Física Una Aventura del Pensamiento* (1938).

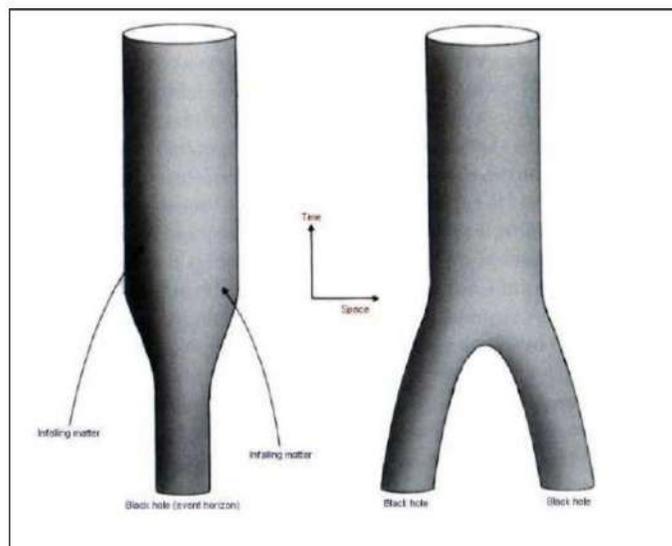


Se puede evidenciar que el dibujo para este conjunto de autores se usa para identificar y mostrar elementos que consideran que ayudan a explicarse mejor en lo que están planteando por escrito.

### El dibujo esquemático.

Esta alternativa de imágenes es aún más interesante puesto que tiene la sencillez de un dibujo, pero tiene la abstracción de lo que el autor desea plantear, normalmente viene acompañado de frases cortas, letras, o algún mecanismo que coadyuve en la explicación del mismo. En muchas ocasiones no representa un objeto físico de la naturaleza, sino más bien son abstracciones explicativas del autor para hacer entender su planteamiento.

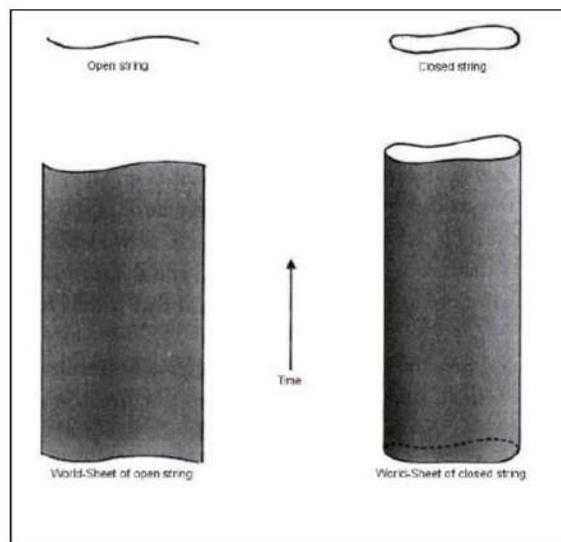
Gráfico 4: Dibujo esquemático. Tomado de Hawking (2001).



En el texto de Stephen Hawking es muy común conseguir este tipo de imágenes, veamos en la figura adjunta, en la parte superior, la relación del autor en cuanto a

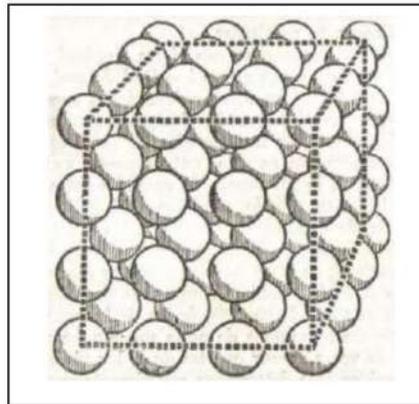
figura-texto se tiene “el área aumentará siempre que algo de materia o radiación caiga en el agujero negro (figura 7.2). O si dos agujeros negros chocan y se quedan unidos formando un único agujero negro, el área del horizonte de sucesos del agujero negro final será mayor o igual que la suma de las áreas de los horizontes de sucesos de los agujeros negros originales (figura 7.3)” (p.95). En el mismo se evidencia la abstracción de la manifestación de los agujeros negros en algunas particularidades. Otro ejemplo, se plantea para identificar en la Teoría de Cuerdas, los tipos de cuerdas, abiertas o cerradas.

*Gráfico 5: Dibujo esquemático sobre los tipos de cuerdas, abiertas y cerradas. Tomado de Hawking (2001).*



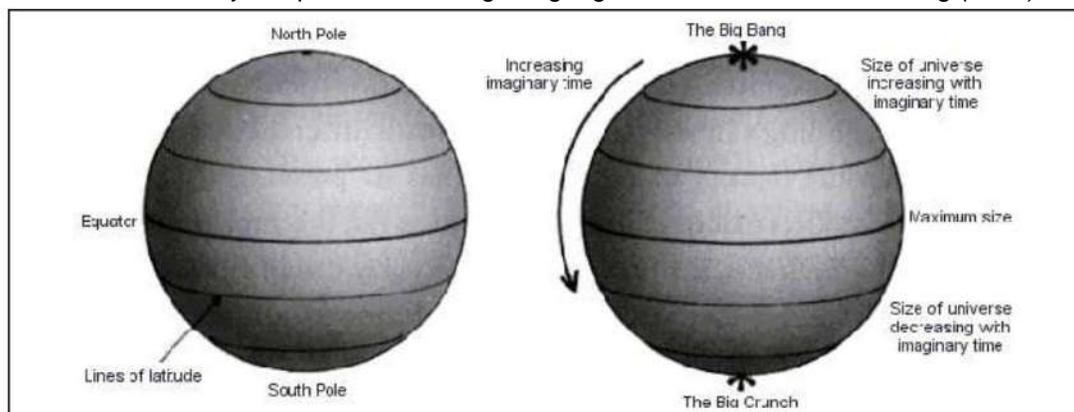
En este orden, la siguiente imagen se encuentra en el libro de Einstein e Infeld (1958), cuando utiliza la imagen esquemática para dar una visión al lector de la idea de redes cristalinas, como se muestra en la figura subsiguiente. Se entiende que es un modelo y además es un dibujo, por lo tanto, es inacabado, el autor lo utiliza para destacar ciertos elementos, lo cual constituye una ventaja del dibujo en general, permite distinguir elementos y también suprimirlos.

Gráfico 6: Dibujo esquemático de Redes Cristalinas. Tomado de Einstein e Infeld (1958).



Existen otros dibujos esquemáticos que son utilizados para establecer comparaciones, analogías que bien pueden o no coadyuvar en el proceso de comprensión de la naturaleza física (aspecto que no se discutirá al menos por el momento). El mismo autor nos muestra una imagen con características similares a lo que planteo.

Gráfico 7: Dibujo esquemático del big bang-big crunch. Tomado de Hawking (2001).



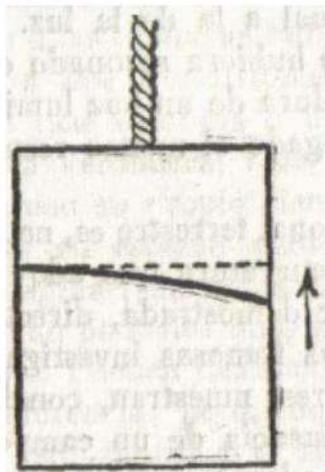
En el mismo, Hawking compara la imagen del modelo terrestre con el big bang- big Crunch del Universo: Considero que sin la imagen es poco probable tener una idea de lo que el autor plantea, por eso le invito a leer el texto:

Estas historias pueden imaginarse mentalmente como si fuesen la superficie de la Tierra, donde la distancia desde el polo norte representaría el tiempo imaginario, y el tamaño de un círculo a distancia constante del polo. Norte representaría el tamaño espacial del universo. El universo comienza en el polo norte como un único punto. A medida que uno se mueve hacia el sur, los círculos de latitud, a distancia constante del polo norte, se hacen más grandes, y

corresponden al universo expandiéndose en el tiempo imaginario (figura 8.1). El universo alcanzaría un tamaño máximo en el ecuador, y se contraería con el tiempo imaginario creciente hasta un único punto en el polo sur (p.125)

En el Libro *La Física una Aventura del Pensamiento* se puede adicionar a las finalidades del dibujo esquemático, por ejemplo, un aspecto importante es la imagen para plantear un pensamiento, o lo que se llama un experimento mental (aspecto cotidiano en Einstein), en el mismo se quiere inferir mediante un dibujo lo que pasaría en dado caso de llevarse a cabo. Un ejemplo de ello se presenta en el mismo libro en la relación texto-imagen

*Cuadro 4: Dibujo y fragmento de texto tomado de Experimental Researches in Electricity.*

<p>El observador exterior, que cree en el movimiento acelerado del ascensor, argüirá: el haz luminoso penetra por la ventana desplazándose horizontalmente y en línea recta hacia la pared opuesta. Pero el ascensor se mueve hacia arriba, cambiando de posición durante el tiempo que tarda la luz al pasar de una a la otra pared. El rayo no iluminará, por esto, el punto exactamente opuesto al de su entrada, sino uno algo inferior. La diferencia entre éstos, aunque muy pequeña, es real y en consecuencia resulta que la luz se desplaza respecto al ascensor sobre una línea curva, como la de la figura 70 y no sobre la recta punteada de la misma figura. (p.189)</p>	
---	---

Es indiscutible el apoyo que presenta la imagen para englobar todos los elementos que tiene el experimento pensado, es muy común usar este tipo de imagen en las ciencias para hacerse entender sobre lo que desea plantear.

### **Diagramas.**

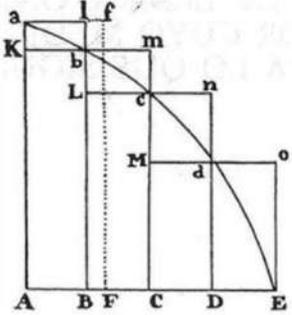
Es un grupo de imágenes abarcadoras puesto que permite la visualización de modelos, idealizaciones, pero en el mismo se conjugan otros elementos aparte de la imagen per se. En el caso de los diagramas, posee un nivel de abstracción superior al caso de los dibujos, bien sea esquemáticos o no. Su nivel de visualización requiere no solo la visualización del mismo, es algo más allá, requiere en muchos casos conocimientos previos que en consonancia con el escrito-diagrama pueda amalgamarse y por lo tanto apprehenderse.

Es un tipo de imagen muy común en el estudio de la Física, por cuanto permite inclusive involucrar el lenguaje matemático dentro de su sistema, tal es el caso de los Diagramas de cuerpo libre (para estudios de las fuerzas), abstracciones geométricas, extrapolaciones de lo natural a lo matemático, entre otras que se destacan a continuación.

Comenzaré destacando dentro del grupo de los diagramas y de los textos invitados en la caracterización de la imagen, con el libro Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, originario de 1687, en donde todo su fundamento está basado en la geometrización de la naturaleza, todas las imágenes que constituyen el planteamiento del autor son diagramas geométricos, y es entendible que así sea pues se considera que para la época de Newton ya la explicación de los fenómenos naturales estaba adquiriendo rigurosidad y su fundamento era la matemática.

En este texto, la explicación de las leyes, corolarios, escolios, lemas, proposiciones y problemas tiene su fundamento en imágenes matematizadas, que como comenté hace unos párrafos requiere de conocimientos preliminares para conocer lo que el autor en la imagen implícita e inserta en el texto pretende comunicar. Por otro lado, me doy cuenta de que, para la relación imagen-texto, es imprescindible la imagen se puede demostrar que en la gran mayoría el texto sería incomprendible leerlo sin la imagen adjunta al mismo. A efectos de sustentar lo planteado se mostrarán al azar algunas imágenes-diagramas con el texto adjunto:

Cuadro 5: Dibujo y fragmento de texto tomado de Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.

	<p><b>LEMA II:</b> “Si en una figura AacE comprendida entre las rectas Aa, AE, y la curva acE se inscriben varios paralelogramos Ab, Bc, Cd, etc. construidos sobre bases iguales AB, BC, CD, etc. y con lados Bb, Cc, Dd paralelos al lado Aa de la figura; y se completan los paralelogramos aKbl, bLcm, cMdn, etc., si entonces se disminuye la anchura de estos paralelogramos y se aumenta infinitamente el número de ellos: digo que las razones últimas que se dan entre la figura inscrita AKbLcMdD, la circunscrita AalbmcndoE y la curvilínea AabcdE son razones de igualdad...” (p. 157)</p>
---	---

Cuadro 6: Dibujo y fragmento de texto tomado de Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.

<p><b>PROPOSICIÓN XI. PROBLEMA VI</b>  <i>Si un cuerpo gira en una elipse, hallar la ley de la fuerza centrípeta tendente al foco de la elipse.</i></p> <p>Sea S el foco de la elipse. Trácese SP secante tanto del diámetro DK de la elipse en E como de la ordenada Qv en x y complétese el paralelogramo QxPR. Es evidente que EP es igual al semieje mayor AC dado que trazada desde el otro foco H la línea HI paralela a la propia EC, por ser iguales CS, CH, son iguales</p>	
--	--

Considero que, aunque son numerosos los ejemplos a lo largo de la *Principia* en sus libros, los lectores de este trabajo pueden coincidir conmigo en la necesidad de la incorporación de la imagen, puesto que su lectura sería inentendible; por otro lado, se necesitan conocimientos al menos básicos de geometría, tal como es el caso que se presenta a continuación:

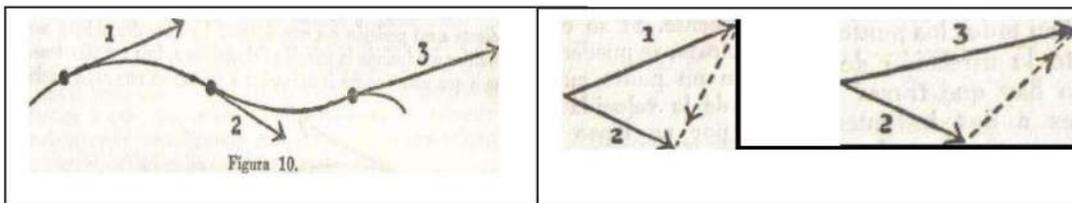
Cuadro 7: Dibujo y fragmento de texto tomado de Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.

	<p><b>PROPOSICIÓN LVIII. TEOREMA XXI</b>  <i>Si dos cuerpos se atraen mutuamente con fuerzas cualesquiera, y giran también en torno al centro común de gravedad, digo que con las mismas fuerzas y en torno a uno cualquiera de los dos cuerpos en reposo se puede describir una figura semejante e igual a las figuras que describen los cuerpos uno en torno a otro con los movimientos mencionados.</i></p> <p>Giren los cuerpos S, P en torno al centro común de gravedad C, progresando de S a T y de P a Q: desde el punto dado s trácense sp, sq siempre iguales y paralelas a SP, TQ; y la curva pqv, descrita por el punto p al girar en torno al punto inmóvil s... (p.330)</p>
--	---

Otra clase de diagramas comúnmente utilizados en la física y que se pueden reflejar en los textos analizados son los asociados a aquellos propios de los vectores para denotar cantidades físicas (velocidad, trayectoria, fuerza, campo, entre otros muchos). Para ilustrar el presente comentario se puede mencionar en Einstein e Infeld (1958), por ejemplo, dos imágenes consecutivas para explicar la extrapolación de velocidades en un punto y la incorporación del cambio de velocidades, estos diagramas se encuentran originalmente separadas en el texto, no obstante la idea es mostrar, en primer lugar el tipo de imagen a la que corresponde y en segundo lugar como de un diagrama se puede extrapolar a otro que permite simplificar elementos, e incorporar otros.

En estos ejemplos, observe que la primera figura se muestra la trayectoria con los vectores velocidad en tres puntos 1, 2, 3 y en la segunda se sustrae la trayectoria y se realizan sumatorias de velocidades para resultantes de la velocidad 1-2 y 2-3

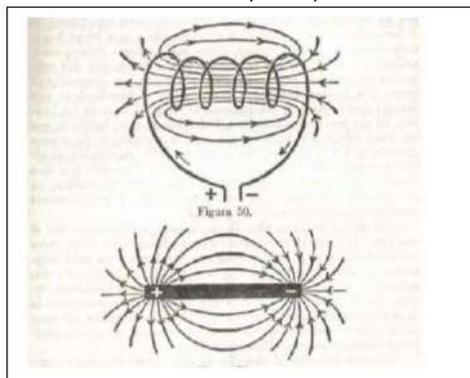
Gráfico 8: Adición de velocidades. Tomado de Einstein e Infeld (1958).



Cabe destacar que al ver la imagen poco muestra en principio, solo alguien adentrado a los principios físico-matemáticos (al menos básicos) puede darle significado a lo que se plantea.

Otra forma común en la representación de diagramas es la realidad de una situación física (experimentos) con abstracciones propias de algún modelo, teoría, en fin, elementos no observables, un ejemplo de esto se encuentra en el mismo autor, cuando pretende explicar la analogía existente entre el campo magnético producido por un solenoide y el de un imán recto, las cuales se pueden visualizar en la figura adjunta.

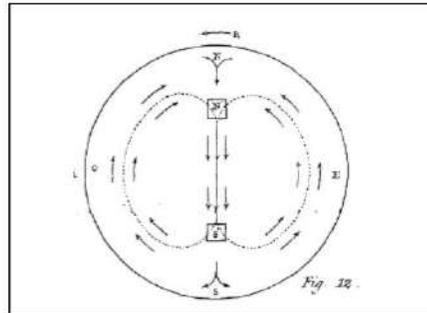
Gráfico 9: Analogía entre las líneas de campo magnético producidas en un solenoide y en un imán recto. Tomado de Einstein e Infeld (1958).



Detallemos que en el diagrama superior existe un solenoide conectado a una corriente (realidad) e inserto en las líneas de campo magnético (abstracción, realidad inobservable), en la otra imagen tenemos un imán (realidad) e igualmente las líneas de campo, Muchas veces estas abstracciones llevan implícitas convenciones, reglas, entre otras cuya rigurosidad no se exponen normalmente en un dibujo pero que el lector las conoce previamente.

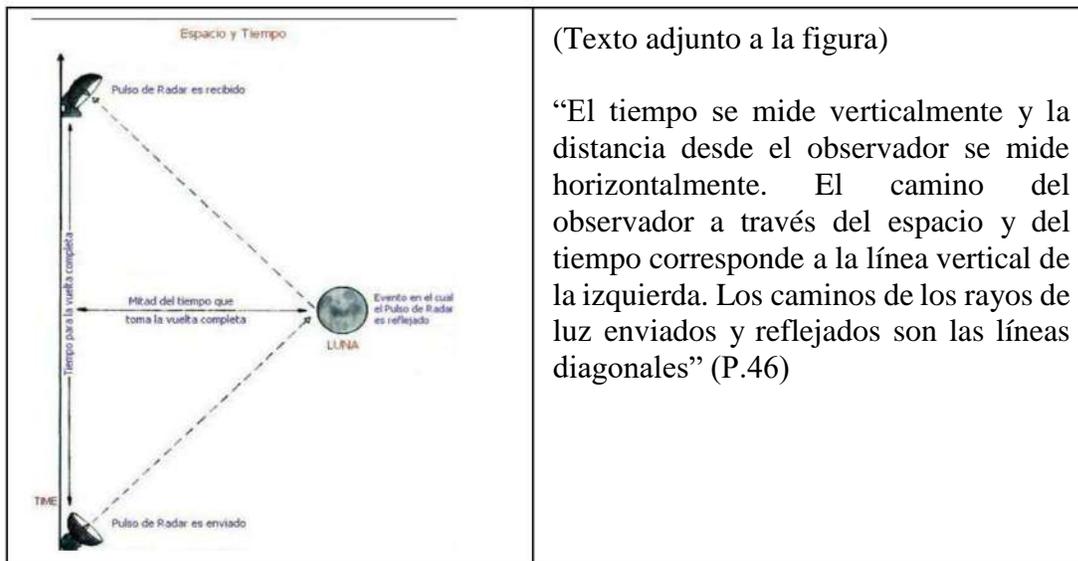
Un ejemplo similar se tiene en el libro de Michael Faraday, igualmente para representar algunas convenciones propias del modelo que el autor plantea dentro de su texto.

Gráfico 10: Ejemplificación de uso de convenciones. Tomado de Faraday (1844).



Otra forma de diagramas interesantes se puede conseguir en el libro de Hawking (2001) en donde se utilizan las combinaciones de imágenes, letras, incorporando sistemas de referencias, y otros elementos propios del estudio de las ciencias. Veamos:

Gráfico 11: Ejemplificación de diagramas (combinación letras-números-dibujos). Tomado de Hawking (2001).



### La fotografía.

Son muchas las bondades que presenta la fotografía como apoyo a la aprehensión de los conocimientos científicos, para comenzar es parte per se del desarrollo tecnológico, por lo que el mismo dispositivo para elaborar las fotografías tiene gran

relevancia en el estudio, pero, por otro lado, por ser éste un dispositivo de este tipo, los avances tecnológicos que ha sufrido a lo largo de la historia es realmente vertiginoso.

La fotografía permite captar la realidad de manera “fiel” a lo que observamos, es un testigo de lo que vemos, esto con el propósito de que una situación dada la podemos mirar las veces que se desee y con seguridad le presentará al observador detallar aspectos cada vez que se observe, por todo esto constituye una herramienta más potencial a la hora de plantear algún aspecto científico, porque es el reflejo de la realidad.

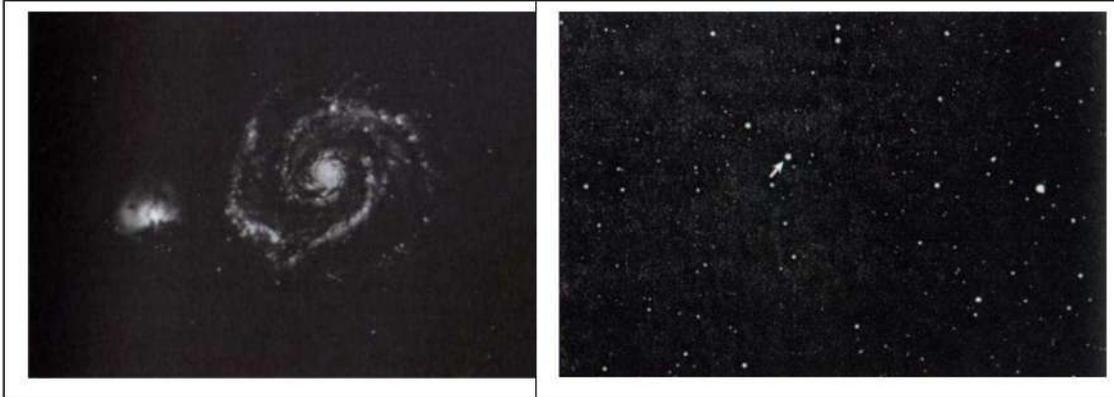
Actualmente las potencialidades de la fotografía han barrido los límites del pensamiento humano y han alcanzado otras dimensiones, me refiero a que la fotografía permite no solo tener una imagen del meso mundo, por el contrario ha superado esta barrera y ahora podemos obtener imágenes del micro y del macro mundo, sobre todo estas imágenes han cobrado fuerza en las últimas décadas puesto que nos permiten ir más allá de nuestros sentidos, en el micro mundo se puede tener informaciones relevantes con el uso del microscopio, la cámara de niebla, entre otros y en el macro mundo con el uso de telescopios cada vez más sofisticados. Otros tipos de imágenes con otro tipo de radiación electromagnética distinta a la luz como lo son aquellas utilizadas por la ciencia para el estudio de los seres vivos y su comportamiento tal como es el caso de placas RX, tomografías, resonancias magnéticas y otros muchos.

Se pudiese pensar que la fotografía capta en la estática un mundo en constante movimiento, no obstante, el uso de fotografías consecutivas o con ayuda de otros elementos como el caso de un estroboscopio, tal como se iniciaron los estudios del movimiento de los seres vivos, fases de la Luna, lo cual consistía en fotografías consecutivas (iniciación al video)

En el caso de la fotografía se pueden ubicar dentro de los textos consultados de Stephen Hawking (2001) y Einstein e Infeld (1958), esto posiblemente se deba a que aunque el fundamento de la cámaras fotográficas datan de siglos atrás con la invención de la cámara oscura, necesitó toda una tecnología para plasmarlo al papel fotográfico, quizás no era tan accesible como lo tenemos hoy en día, lo mismo ocurrió con los dispositivos como el microscopio y el telescopio cuyas tecnologías no son tan nuevas pero si la proyección de la imagen al papel, es decir su reproducción.

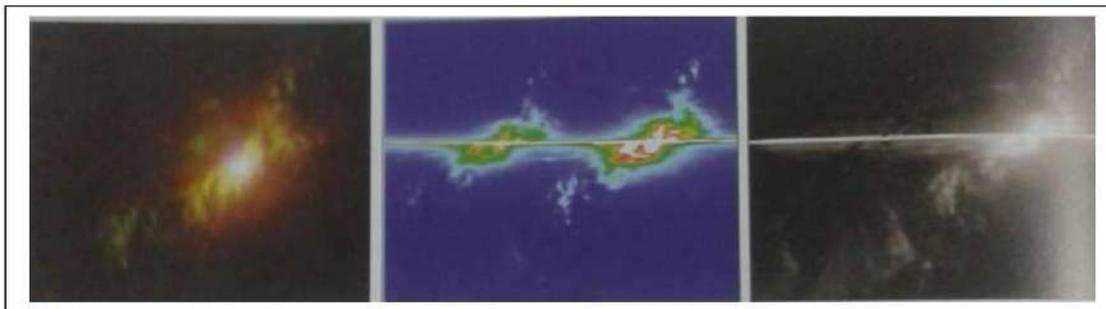
Inclusive si comparamos el trabajo del mismo autor Hawking para los libros Historia del Tiempo (1990) y el Universo en una Cáscara de Nuez (2001) se pueden evidenciar la diferencia tecnológica de las imágenes y las fotografías presentadas. A fin de mostrar tal afirmación, veamos las fotografías presentadas por un telescopio en la Historia del tiempo:

Gráfico 12: Imágenes captadas por un telescopio, en la primera se tiene una fotografía de una Galaxia en Espiral y en la segunda la fotografía de Cygnus X-1, que se cree que consiste en un agujero negro y una estrella ordinaria, girando cada uno alrededor del otro. Tomado de Hawking (1990).



Ahora bien, miremos tres fotografías adjuntas en el libro el Universo en una Cáscara de Nuez:

Gráfico 13: Imágenes de la Galaxia NGC 4151. En la segunda se presenta luz generada por el agujero en el centro de la misma y la última la tasa de emisiones de oxígeno. Tomado de Hawking (2001).

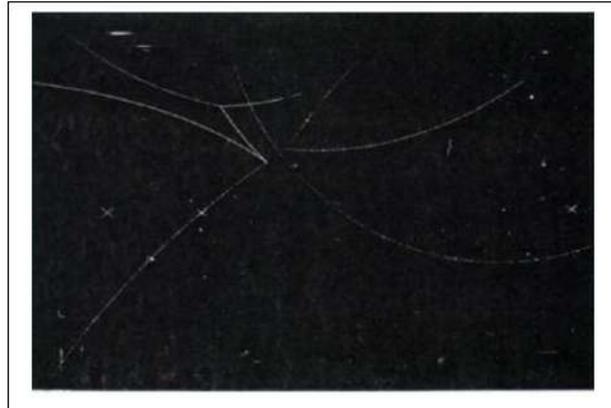


En la primera imagen se presenta la Galaxia NGC 4151 revelada por la cámara planetaria de campo grande, en la segunda se destaca la línea horizontal a través de la imagen lo cual representa la luz generada por el agujero en el centro de 4151 y la tercera representa la imagen que muestra la tasa de emisiones de oxígeno, indicando que NGC 4151 contiene el agujero negro de cerca de cien millones de veces la de masa de sol. La idea no es la utilización del libro Universo en una Cáscara de Nuez, ni mucho menos comparar un libro con otro, solo destacar como a medida que se avanza en la tecnología se pueden tener fotografías cada vez más específicas que contribuyen en la comprensión de los conocimientos y al desarrollo de teorías científicas.

Ahora bien, en el libro de Hawking (1990), también se evidencias fotografías del micro mundo tal como se muestra en la figura adjunta donde se muestra las trazas

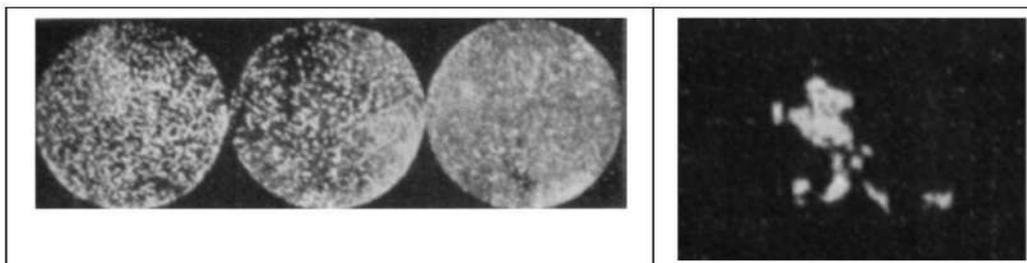
de un choque de un protón y un antiprotón a alta energía, fotografía tomada por La Organización Europea para la Investigación Nuclear.

Gráfico 14: Fotografías de las trazas de un choque de un protón y un antiprotón a alta energía de partículas brownianas vistas en el microscopio. Tomado de Hawking (1990).



En el libro de Einstein e Infeld (1958) también se encuentran fotografías a nivel microscopio, entre algunas de ellas se pueden mostrar:

Gráfico 15: Fotografías de partículas brownianas vistas en el microscopio. Tomado de Einstein e Infeld (1958).



Éstas son imágenes muy valiosas que permiten al lector profundizar en el conocimiento científico, entre sus ventajas se puede destacar la posibilidad de verlas en el momento que desees, si bien es cierto que las puedes “ver en vivo” en un microscopio, o mediante un telescopio, o cámara fotográfica, el capturar la fotografía permite realizar otros procesos de análisis de la misma.

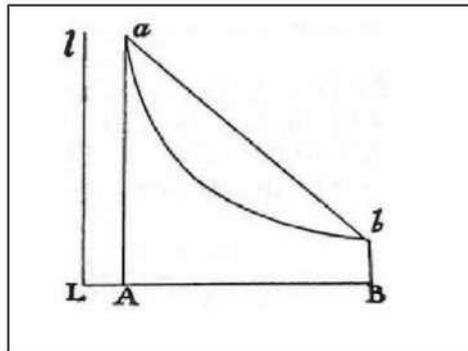
### Gráficas.

Es una potente herramienta a la hora no solo de construir el conocimiento científico, si no de aprehenderse de él, permite establecer relaciones entre magnitudes físicas. Lo interesante de estas graficas es que permiten, visualizar el “resumen” de un proceso dado. En los libros consultados se evidencia el uso de las gráficas como vehículo comprensivo en el discurso, claro ésta para el uso de las gráficas no es tan

evidente, requiere de procesos físicos-matemáticos para su lectura, entre ellos el sistema de referencia, las unidades, las cantidades físicas involucradas, entre otras. En este tipo de gráficos normalmente se alude a representar las relaciones entre variables en un sistema de coordenadas cartesianas, esto con la finalidad de reducir o simplificar la complejidad de los mismos, no obstante, en algunas oportunidades se destaca el uso de la representación en el espacio.

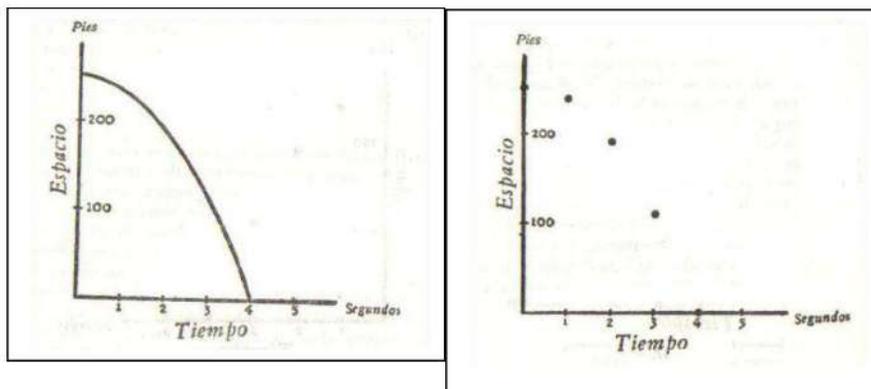
Por ejemplo, en *La Principia* se hace alguna alusión a un sistema de coordenadas cartesianas sencillos, donde no se destacan los puntos de construcción, ni unidades, ni cantidades físicas más bien se usa el mismo para destacar relaciones de tipo matemáticas, como destacar el área bajo la curva, por ejemplo:

Gráfico 16: Diagrama de relaciones matemáticas. Tomado de Newton (1987).



En Einstein e Infeld se pueden evidenciar gráficas con argumentos más físicos, en las mismas se destacan las cantidades físicas representadas y las unidades en las que se expresan, así como los puntos específicos del sistema que han sido representados, ambas gráficas que se representan poseen descripción en el texto, en la explicación de las mismas y lo que significan físicamente, son ejemplos de ellas:

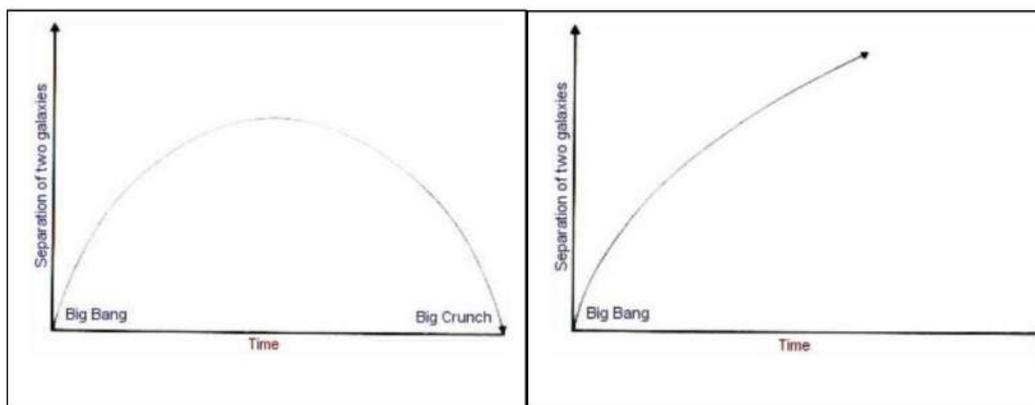
Gráfico 17: Diagramas de relaciones físicas. Tomado de Einstein e Infeld (1958).



Inclusive contiene previamente una tabla de datos con características físicas a trabajar, los autores hacen mención sobre la interpretación de las mismas, en las que se pueden interpretar como un proceso continuo como en el caso de la primera gráfica o como sucesos derivados en instantes diferentes, tal como se expresa en el segundo gráfico.

En Hawking (1990) se derivan gráficas para representar el transcurso de un evento, un proceso, un continuo, tal como es el caso de la separación de dos galaxias con el tiempo, en el mismo se presentan dos imágenes y el autor hace explícita un comentario sobre la explicación del mismo, es decir las gráficas están colocadas para el autor con la finalidad de realizar una explicación física de las mismas, veamos tanto las imágenes planteadas así como la extracción de la cita donde se evidencia la explicación:

Gráfico 18: Relación física de la separación entre dos galaxias en función al tiempo. Tomado de Hawking (1990).



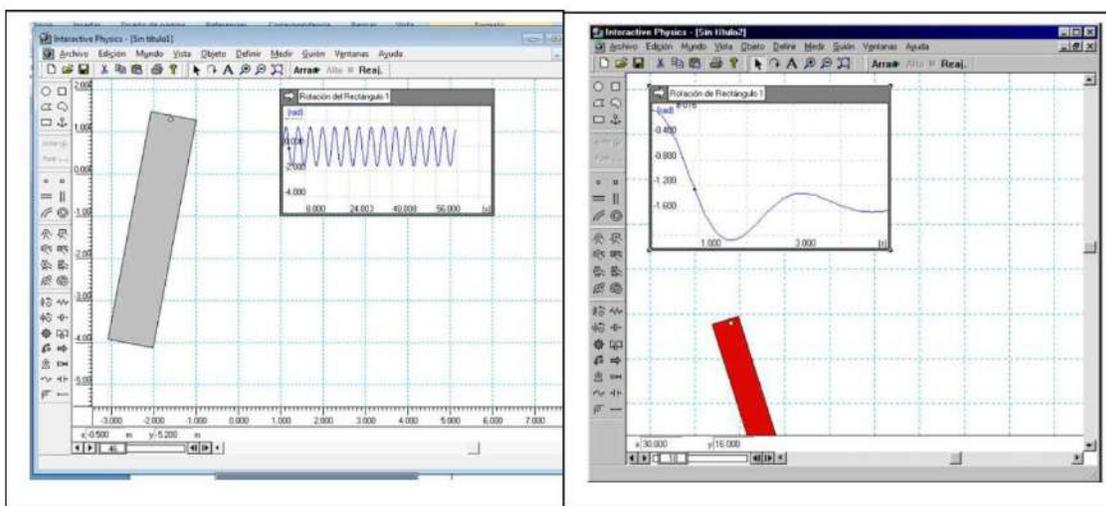
“La primera figura muestra cómo cambia, conforme aumenta el tiempo, la distancia entre dos galaxias vecinas. Ésta empieza siendo igual a cero, aumenta hasta llegar a un máximo y luego disminuye hasta hacerse cero de nuevo. En el segundo tipo de solución, el universo se expande tan rápidamente que la atracción gravitatoria no puede pararlo, aunque sí que lo frena un poco” (p.47)

Lo cual considero que es la finalidad de insertar una gráfica puesto que permite leer el proceso, transferir de una imagen que te da una visión general del asunto a concretarlo en una explicación, es evidente que de las gráficas se pueden obtener otro tipo de abstracciones como por ejemplo, una ecuación característica, la constante pendiente de la recta, y otras muchas que permiten realizar procesos más exhaustivos, no obstante estos son ejemplos de cómo las gráficas son utilizadas por los científicos.

### Otras Imágenes...

Existen otro tipo de imágenes que no conseguimos en este tipo de textos, sin embargo, es importante destacarlos puesto que se encuentran como posibilidad en el ámbito educativo en la Ciencia, éstos requieren un apoyo tecnológico tal es el caso de los videos, simulaciones y materiales educativos computarizados en general. Existen libros textos de Física que tienen incluidos materiales educativos para realizar simulaciones, graficar, en otras palabras, permite la reproducción de programas para el análisis de fenómenos físicos, tal como es el caso del Serway y Jewett (2009) un libro de Física para ciencias e ingeniería.

Gráfico 19: Capture de pantalla de simulaciones de un movimiento pendular. Tomado de CD interactivo de Serway y Jewett (2009).



En el texto se invita a realizar algunas interactividades con el CD incorporado en el mismo, por ejemplo, en la figura adjunta superior se muestra una simulación del movimiento de un péndulo físico, el cual se encuentra en un sistema de coordenadas cartesianas y se puede agregar al mismo una gráfica a la simulación donde se evidencia la relación matemática donde es permitido medir parámetros como la amplitud, periodo entre otros. Inclusive se puede incorporar elementos ideales o en este caso incorporar por ejemplo resistencia del aire donde en la gráfica se evidencia la disminución de la amplitud.

Cabe destacar que estos son recursos que, conociéndolos, aprendiéndolos a manejar de manera sencilla puede constituir una herramienta valiosa en el desarrollo de los cursos de Física, claro está que este caso se puede realizar con facilidad en un laboratorio, no obstante, permite manejar datos en condiciones ideales, además que hay otras simulaciones que es complicado tenerlas en un laboratorio en vivo.

Es oportuno indicar que, en diversas páginas de internet, existe un sinnúmero de actividades de este tipo, y también se pueden conseguir en CD con materiales, solo

aquí lo destaco el hacer un estudio de simulaciones, y materiales educativos constituye objeto de otra investigación.

Así mismo el video científico tiene cada vez más auge en esta época tecnológica donde es sencillo captar un video con cámaras e inclusive con el celular, dentro de los videos se tienen reproducción de experimentos, documentales históricos, micros, entre otros muchos, plegados en la web, en la televisión, en materiales educativos, entre otros.

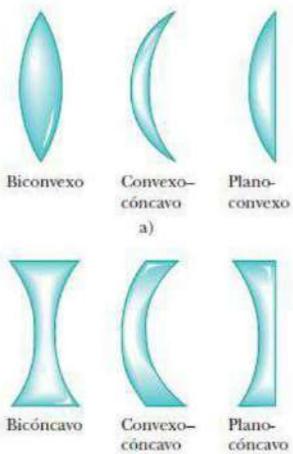
### ...Y en libros de corte educativo?

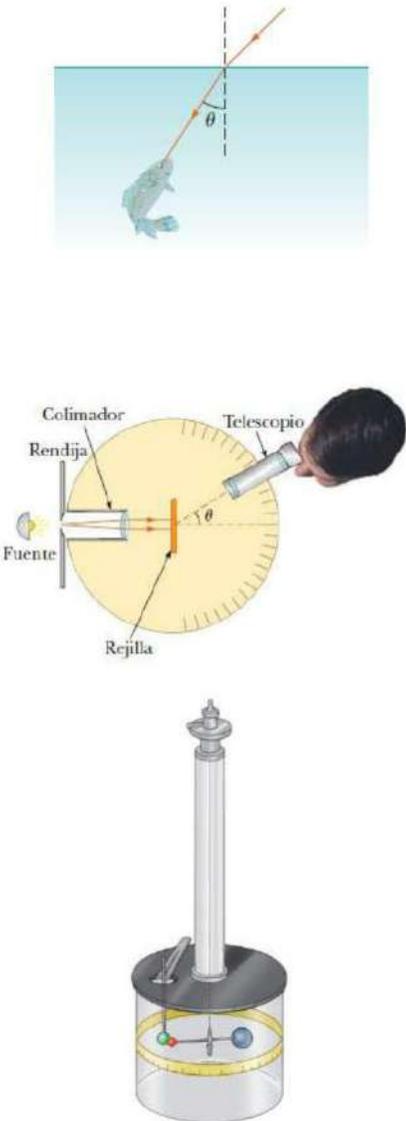
Si bien es cierto que el análisis fue realizado con autores de corte científico, que usan las imágenes para contribuir al entendimiento de sus leyes y teorías científicas, también es interesante destacar las imágenes usadas en libros de corte científico-educativo, por ejemplo, los usados en la educación universitaria en física. Al realizar un paneo, son pocos los libros de Física (por no decir que no hay) destinados a la formación y aprendizaje de futuros docentes, sin embargo, se utilizan textos especializados para la ciencia e ingeniería.

En este apartado se caracterizan de manera más general una tipología de imágenes presentada en el libro de Serway y Jewett (2009) Física para ciencias e ingeniería, uno de los libros más usados en la formación de docentes en Física.

En este momento, me saldré de la formalidad de la investigación para no colocar la ubicación de los mismos y su significado se coloca a grosso modo en la columna de la descripción, puesto que el interés no es cansar al lector con formalidades, más bien destacar los diversos tipos de imágenes presentados en el texto.

Cuadro 8: Caracterización de las imágenes en libro de Serway y Jewett (2009).

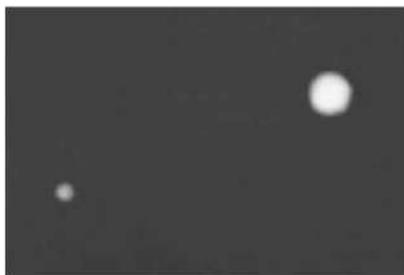
Tipología	Ejemplo	Descripción
Dibujo	 <p>Biconvexo      Convexo-cóncavo      Planoconvexo</p> <p>a)</p> <p>Bicóncavo      Convexo-cóncavo      Plano-cóncavo</p>	<p>A diferencia de las descripciones indicadas con anterioridad los dibujos en este texto son realizados por computadoras. No se consiguen dibujos a mano alzada. Estas imágenes persiguen la representación de una realidad, en este caso se dibujan los tipos de lentes</p> <p>Otro dibujo como ejemplo, en donde se pretende establecer el desarrollo de un problema</p>

		
<p><b>Dibujo Esquemático</b></p>		<p>Es muy común en el texto este tipo de dibujos esquemáticos, permiten combinar dibujos de figuras reales con algún esquema, representación de algún experimento, que permite destacar aspectos importantes que por otros medios como la fotografía no se distinguirían, tal como es el caso de las figuras adjuntas.</p>
<p><b>Diagramas</b></p>		<p>Es el más común usado en el texto educativo presentado, muestra abstracciones de la realidad que permiten plantear las teorías científicas. Por</p>

		<p>ejemplo, en el diagrama adjunto se representa un disco cargado uniformemente y las relaciones físico-matemáticas que se dan a lugar</p> <p>Otra imagen característica son aquellas cargadas de convenciones que, aunque no se explicitan en el dibujo, están subyacentes.</p> <p>Para describir un proceso físico también son usadas los diagramas.</p>
<p><b>Fotografía</b></p>		<p>En el caso de este texto en particular hay referencia de un sinfín de fotografías, tal como se explique en el apartado anterior se pueden distinguir fotografías del micro, meso y macro mundo. Ejemplos:</p> <p><b>Macro mundo:</b> Diversos tipos de color de las radiaciones emitidas por dos estrellas de la constelación de Orión (Betelguese y Rigel)</p>



Fotografía de Plutón y de Caronte tomada desde el telescopio espacial Hubble

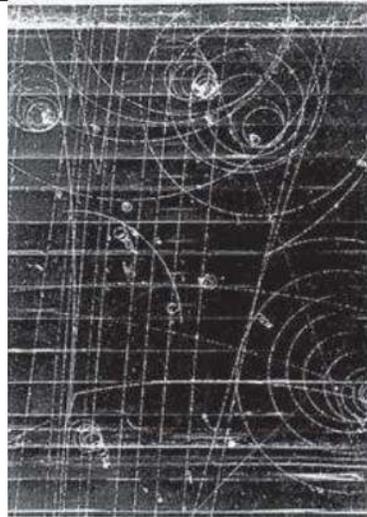


**Micro mundo:**

Huellas del par electrón-positrón en una cámara de burbujas producidas por rayos gamma de 300MeV al incidir una lámina de plomo



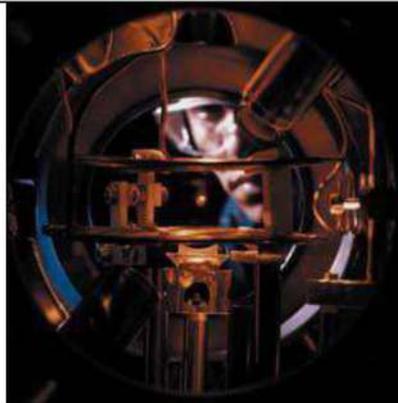
Rastros en el descubrimiento de la partícula  $\Omega^-$  en una cámara de burbujas



### Meso mundo:

Fotografías para mostrar dispositivos, en este caso algunos tipos de condensadores

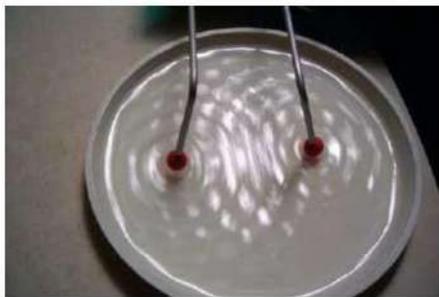
Para ilustrar situaciones reales, en este caso como aplicación de un dispositivo físico, el capacitor



Un empleado del National Institute of Standards and Technology contempla una muestra de átomos de sodio atrapados, enfriada a una temperatura menor a 1 mK.



Para ilustrar alguna realidad física, en este caso un experimento, de la incidencia de luz blanca sobre un prisma (descomposición de la luz)



Dos perturbaciones en una cubeta de ondas, en donde se evidencia la interferencia de las mismas.

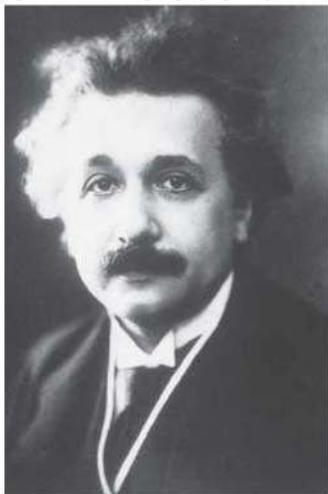
En este tipo de textos se destacan un tipo de fotografía, las cuales son tomadas a los científicos y ubicadas en el sector del texto donde su estudio, su teoría se está trabajando. A mí consideración me parece interesante porque permite que el lector se involucre no solo con la Física sino concientizar que es elaborado por humanos y que la ciencia tiene muchas caras, destacan



ERWIN SCHRÖDINGER



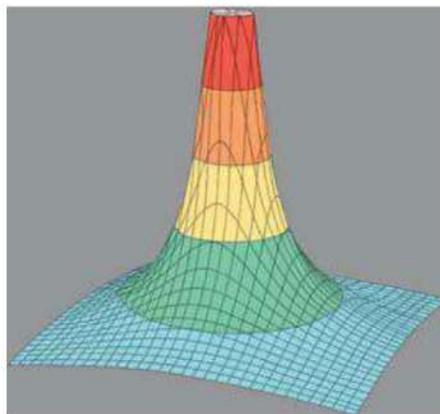
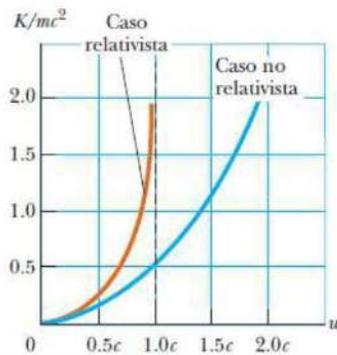
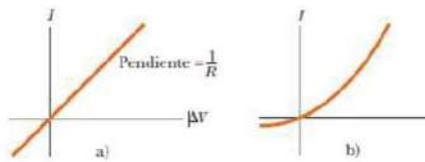
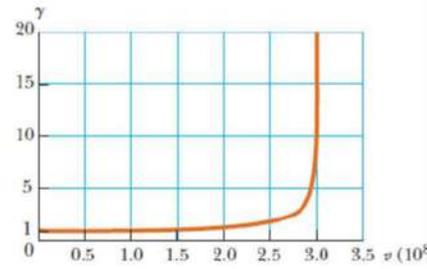
CHARLES COULOMB



ALBERT EINSTEIN

una micro biografía para cada uno de ellos. En función a esto se presentarán algunos.

**Gráficas**



Para destacar relaciones entre variables, las gráficas científicas, constituyen un valioso medio para la explicación de los fenómenos físicos. De esta manera se pueden distinguir a lo largo del texto, gráficas sencillas como las mostradas a la izquierda

Gráficas comparativas

Gráficas tridimensionales

**A manera de cierre...**

Es interesante ver cómo, de las clasificaciones obtenidas en función de los libros científicos originales, emergieron cinco categorías a saber: el dibujo, el dibujo esquemático, diagramas, fotografías y las gráficas. En las mismas se permitieron

no solo presentarlas sino también caracterizarlas en función a su uso y finalidad en la presentación del discurso científico.

En función a esto se desarrolló un análisis de un texto educativo de Física Universitaria, en el cual se registran la clasificación de las imágenes ya categorizadas previamente pero con la intención de no sesgarse ante la posibilidad de obtener otro tipo de imágenes que no se habían considerado, esto pudiera ser lógico por cuanto es un libro más actualizado, sin embargo al caracterizarlas se consiguieron la misma tipología planteada, esto sirvió de alguna manera, para validar lo realizado previamente, claro está se incorporan imágenes más educativas como en el caso de la fotografía que aunque igualmente se pueden clasificar en torno al micro, meso y macro mundo, se destacan otro tipo de fotografías que permiten involucrar al lector con un anclaje histórico y real de la ciencia en estudio.

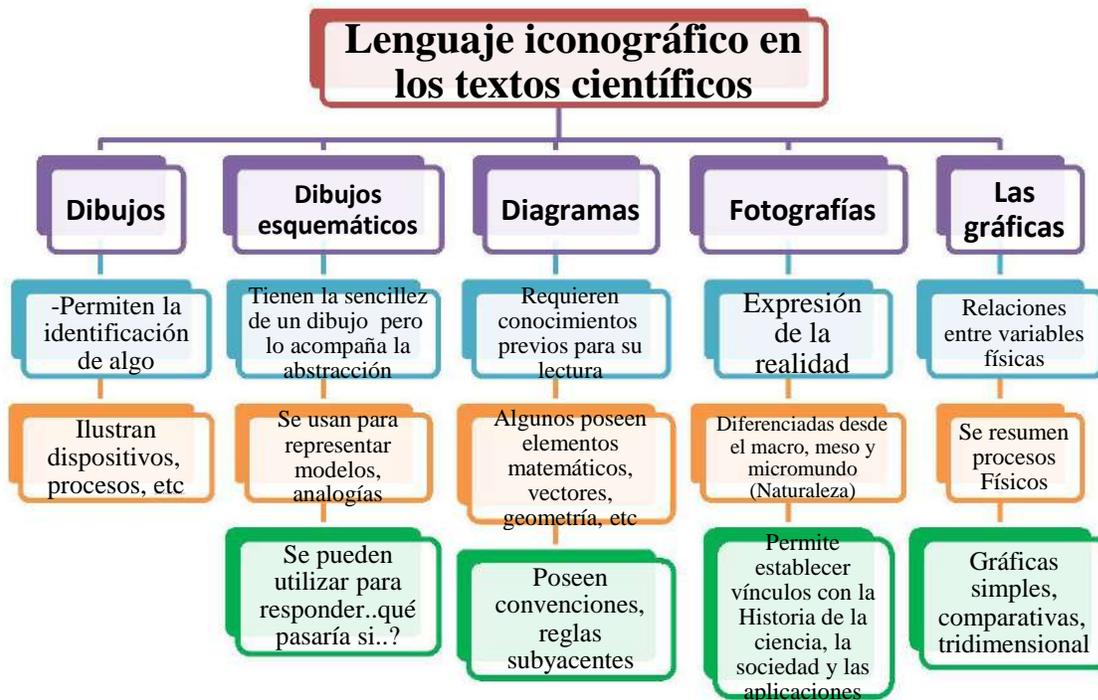
Este comentario se puede precisar desde las fotografías que tienen implícita en su relación texto-imagen las biografías de diversos científicos que han trabajado en la configuración de teorías, leyes, conceptualizaciones, entre otros. Así como también fotografías que destacan una contextualización con el medio social, es decir que permiten vincular lo científico con sus aplicaciones en la cotidianidad, aspecto bien importante en el desarrollo educativo en la Física mostrando que es la ciencia de la naturaleza.

Por otro lado, queda evidenciado lo necesarias que es el lenguaje iconográfico en el estudio de la Física, el aprendizaje de la Física sin imágenes puede generar vacíos, son un medio de anclaje para la aprehensión del conocimiento científico. Si bien es cierto que a medida que la ciencia va avanzando y que las imágenes de la realidad se hacen más cuesta arriba, también es cierto que la tecnología avanza a pasos agigantados lo que nos permite tener más información con el lenguaje iconográfico de la realidad en estudio.

Quizás fuese interesante realizar más adelante, una validación con mayor cantidad de libros, destacando los más usados en la Física Universitaria e inclusive a nivel medio, no obstante, por ahora, esta investigación es una pincelada a investigaciones que de ellas se puedan derivar, más sistemáticas y con mayor cantidad de libros sujetos a investigación. Es por ello por lo que esto constituye una aproximación a una clasificación, donde se puntualizan la importancia y aplicabilidad como herramienta para la comprensión y conceptualización de la física.

Sin embargo, me atrevo mediante un esquema, sistematizar los hallazgos de este apartado, de manera tal que se pueda visualizar la caracterización de las imágenes en los libros de Física.

Gráfico 20: Caracterización del lenguaje iconográfico en los textos científico-educativo.



### Referencias Bibliográficas.

- Betancur, J., Osorio, J. y Sánchez, U. (2006). *La Imagen, Una Mirada por Construir*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Einstein, A. y Infeld, L. (1958). *La Física Aventura del Pensamiento*. Buenos Aires: Losada S.A.
- Faraday, M. (1844). *Experimental Researches in Electricity*. Londres: Universidad de Londres.
- Hawking, S. (1990). *Historia del Tiempo. Del Big bang a los Agujeros Negros*. Madrid: Alianza Editorial.
- Hawking, S. (2001). *O Universo nuna Casca de Noz*. São Paulo: Moonrunner Desingn.
- Hernández, O. (2010). *La Dimensión Comunicativa de la Imagen Científica: Representación Gráfica de Conceptos en las Ciencias de la Vida*. Memoria para

Optar al Grado de Doctor. Facultad de Bellas Artes, Departamento de Dibujo II (Diseño e Imagen), Universidad Complutense de Madrid.

Newton, I. (1987). Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Madrid: Alianza.

Nöth, W. (2005). Fundamentos Semióticos del Estudio de las Imágenes. Maracaibo: AstroData.

Perales, J. y Jiménez, J. (2002). Las Ilustraciones en la Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias. Análisis de Libros de Texto. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), 369-386

Real Academia Española (2016.) Diccionario de la Lengua Española. [Diccionario en Línea] Disponible en: <http://www.rae.es>

Serway, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna*. Volumen 2. México: Cengage Learning.

Ugas, G. (2010). *Prolegómenos a una pedagogía de la imagen*. Barquisimeto: Gema.

Villafañe, J. (2006). *Introducción a la teoría de la imagen*. Madrid: Pirámide.