



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES  
COMUNICACIÓN Y CULTURA

**“SIGNIFICACIÓN DEL BOSÓN DE HIGGS: ANÁLISIS  
SEMIÓTICO DE UNA IMAGEN DEL EXPERIMENTO ATLAS”.**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN COMUNICACIÓN

PRESENTA:  
OSCAR SALVADOR MIYAMOTO GÓMEZ

TUTORA: DRA. VIRGINIA LÓPEZ VILLEGAS  
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE DE 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

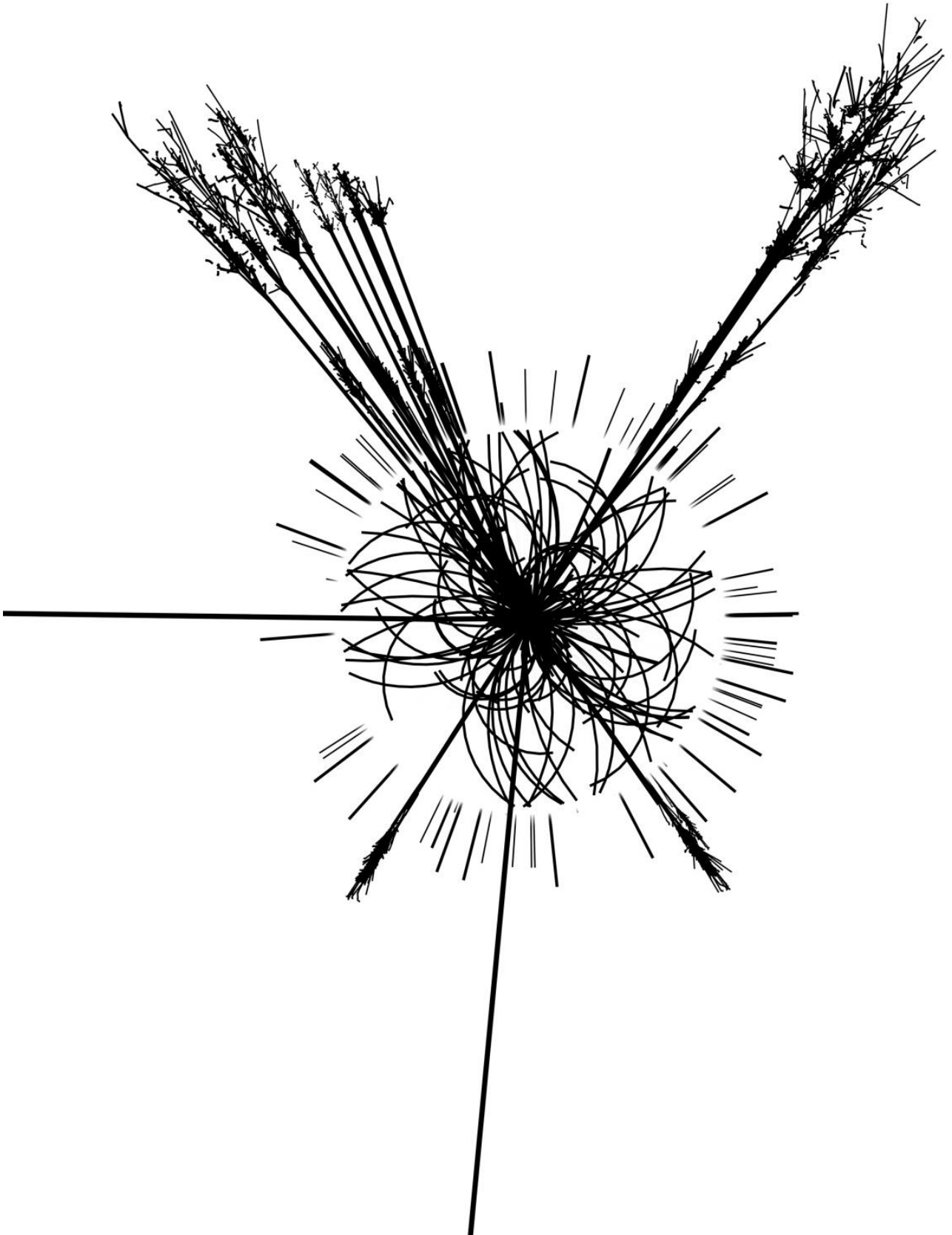
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*A mis padres.*





## **Agradecimientos**

A Virginia López Villegas, amiga y tutora cuya labor académica ejemplar hizo posible la concreción de este trabajo filosófico.

A los doctores Rafael Reséndiz Rodríguez, Gloria Valek Valdés, Julio Amador Bech, Fernando Castaños Zuno, Sergio Martínez Muñoz, Cristian Torres Osuna, Regina Jiménez Ottalengo, Elizabeth Le Guin y Michele Healy por sus invaluable aportaciones a mi investigación.

A Édgar Liñán Ávila, Jorge Soto de Jesús, Julia Sánchez Dorado, Jesús Vega Encabo, Rubén Vázquez Romero e Iliana Fuentes López por alentarme y guiarme en las primeras etapas de la elaboración del proyecto.

A Rebeca Vilchis Díaz, Armando Monzón Nieves, Alejandro Flores Cataño, Samara Rojano Ramírez, Fernando Gómez Castellanos, Efrén Alfaro Víquez, Daniel Rodríguez Vergara y Román Vázquez Choreño por su amistad y apoyo incondicional en el posgrado de la FCPyS.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante el periodo 2013-2015.



Me gustan las teorías de la relatividad y la cuántica  
porque no las entiendo  
y me hacen tener la sensación de que el espacio se desplaza  
como un cisne que no puede estarse quieto,  
negándose a quedarse inmóvil y ser medido;  
y porque me hacen sentir como si el átomo  
fuese una cosa impulsiva,  
que cambia siempre de idea.

**David H. Richards Lawrence**, en *Pansies* (1929).

"Hay más de una semejanza entre la poesía moderna y la **ciencia. Ambas son experimentos, en el sentido de "prueba de laboratorio": se trata de provocar un fenómeno por la separación o combinación de ciertos elementos, sometidos a la presión de una energía exterior o dejados a la acción de su propia naturaleza. La operación, además, se realiza en un espacio cerrado, dentro del mayor aislamiento. El poeta procede con las palabras como el hombre de ciencia con las células, los átomos y otras partículas materiales: las arranca de su medio natural, el lenguaje diario, las aísla en una suerte de cámara de vacío, las reúne o separa y, en fin, observa y aprovecha las propiedades del lenguaje como el investigador las de la materia. [...] Su actitud frente al poema es empírica. No pretende confirmar una verdad revelada, como el creyente; ni fundirse a una realidad trascendente, como el místico; ni demostrar una teoría, como el ideólogo. El poeta no postula ni afirma nada de antemano; sabe que no son las ideas sino los resultados, las obras y no las intenciones, lo que cuenta. ¿No es ésta la actitud de los hombres de ciencia? Ciertamente, el ejercicio de la poesía y el de la ciencia no implican una renuncia absoluta a concepciones e intuiciones previas. Pero no son las teorías ("hipótesis de trabajo") las que justifican a la experiencia, sino a la inversa".**

**Octavio Paz**, en (*Corriente Alterna*, 1967: 79).





# Índice

Introducción.....	9
<b>I: Marco teórico-metodológico del análisis.....</b>	<b>12</b>
Mecanismo de Higgs y partículas elementales.....	12
Bosón de Higgs y Experimento ATLAS.....	<b>13</b>
Balance del contexto científico del análisis.....	19
Cosmovisión de <b>Peirce</b> .....	21
Categorías faneroscópicas.....	23
Semiótica y semiosis.....	24
Dimensiones de significación.....	25
Clasificaciones de signos.....	26
Tipos de inferencia o argumentos.....	29
Noción pragmática de realidad cosmológica y verdad científica.....	30
Balance de los fundamentos filosóficos del análisis.....	<b>32</b>
<b>II: Dimensión sintáctica.....</b>	<b>34</b>
Representación visual de la observación.....	34
Realización material de la observación.....	37
Sustento epistemológico de la observación.....	43
<b>III: Dimensión pragmática.....</b>	<b>48</b>
Semejanza <b>convencional</b> .....	49
<b>Contratos icónicos</b> .....	53
Relación entre imagen y <b>texto</b> .....	56
Funciones discursivas.....	60

<b>IV: Dimensión semántica.....</b>	<b>63</b>
Una aclaración semántica.....	63
Interpretación y significado, verdad y realidad.....	65
Relación metafórica.....	67
Una aclaración simbólica.....	73
Relación simbólica.....	76
Relaciones arquetípicas y mitológicas.....	79
<b>Conclusiones.....</b>	<b>86</b>
<b>Fuentes citadas y/o referidas.....</b>	<b>92</b>

## Introducción

Aunque las partículas subatómicas son invisibles, los físicos las representan visualmente a fin de guiar la concepción social sobre cómo se integra y evoluciona el Universo. En este sentido, la imaginería científica —ya sea la que se utiliza entre expertos, o la que persigue fines divulgativos— es un medio para crear una ilusión referencial de realidad a través de la cual sus autores y observadores visualizan algo coherente, estipulan algo útil, e interpretan algo significativo sobre el microcosmos imperceptible que configura al macrocosmos manifiesto.

Esta tesis argumenta que dicha noción tripartita de realidad puede ser comprendida a través de la teoría de la significación del químico, matemático y filósofo estadounidense Charles Sanders Peirce (1839-1914), a la luz de diversas aportaciones y replanteamientos contemporáneos en semiótica, filosofía de la ciencia y hermenéutica.

A fin de sustentar lo anterior se realiza un análisis sintáctico, pragmático y semántico de una imagen divulgativa<sup>1</sup> publicada en 2013 por el Experimento ATLAS (Aparato Toroidal del Gran Colisionador de Hadrones, por sus siglas en inglés) con motivo de la detección exitosa de una partícula subatómica que coincide con las propiedades de decaimiento de un bosón Higgs.

En el primer capítulo de la tesis se contextualiza brevemente el hallazgo de esa partícula elemental, clave en la interpretación del *momentum* histórico que atraviesa la física moderna; y posteriormente se explican las bases filosóficas del análisis a través de los términos semiótica, semiosis, signos, dimensiones de significación, entre otros.

---

<sup>1</sup> Esta imagen se reproduce en la página 17, y será referida de ahora en adelante como “Figura 1”. Fue capturada el 11 de noviembre de 2013 por el físico experimental e ingeniero de software Riccardo Maria Bianchi, del Experimento ATLAS, y fue etiquetada **originalmente como** “Event display of a 2-tau event in the ATLAS detector. Run number: 204153, Event number: 35369265. **The taus decay into an electron (blue line) and a muon (red line)**”. Crédito de la imagen: ATLAS Experiment © 2012 CERN: <http://cds.cern.ch/record/1631395>

Concretamente, el análisis consiste en estudiar a la ilusión referencial de realidad en términos de semiosis o la relación entre tres elementos: un **representamen** (vehículo sígnico), un **objeto** (ente o cosa representada) y un **interpretante** (concepción unificadora y dinámica por parte de un intérprete). De esta forma, la Figura 1 (representamen) es interpretada como algo que está en vez de un fenómeno cuántico (objeto) siempre y cuando éste sea concebido e imaginado como un continuum visual (interpretante).

A su vez, el análisis se organiza de la siguiente manera. Para comprender cómo la Figura 1 permite visualizar algo científicamente coherente sobre el microcosmos, la imagen es analizada en la dimensión sintáctica de la significación (denominada por Peirce como **gramática pura**), la cual estudia a las relaciones de coherencia entre los representámenes y ellos mismos. Esta magnitud semiósica será abordada en el segundo capítulo.

Para responder cómo la Figura 1 permite estipular algo comunicacionalmente útil sobre el microcosmos, la imagen es analizada en la dimensión pragmática de la significación (denominada por Peirce como **retórica pura**), la cual estudia las relaciones contextuales de uso entre los intérpretes y los representámenes. Esta magnitud semiósica será abordada en el tercer capítulo.

Y finalmente, para responder cómo la Figura 1 permite interpretar algo significativo sobre el microcosmos, la imagen es analizada en la dimensión semántica de la significación (denominada por Peirce como lógica propia), la cual estudia las relaciones dialécticas o de correspondencia entre los representámenes y sus objetos. Esta magnitud semiósica se aborda en el cuarto capítulo.

Los hallazgos del análisis pueden resumirse de la siguiente forma:

- 1) En la dimensión sintáctica de la significación la Figura 1 requiere de una semiosis indexical o lectura unívoca para que a través de ella pueda visualizarse algo científicamente coherente en términos experimentales. En otras palabras, se encontró que la Figura 1 es codificada sintácticamente como un conjunto de **índices** o signos metonímicos y unívocos basados en una inferencia inductiva que

va de lo particular a lo general, y sustentada en la interacción automatizada de una tecnología con un espécimen abstracto pero ostensible. A saber, la Figura 1 es una reconstrucción sensible y reproducible de un fenómeno que es invisible para el ojo humano, e inconcebible para nuestro sentido del tiempo.

2) En la dimensión pragmática de la significación la Figura 1 requiere de una semiosis icónica o una lectura analógica para que, a través de ella, pueda estipularse algo comunicacionalmente útil fuera de la comunidad científica intrínseca. Expresado de otra forma, se encontró que la Figura 1 es discursada pragmáticamente como un **ícono** o signo analógico y eminentemente retórico. En este sentido, la Figura 1 está sujeta a estipulaciones lingüísticas que se fundamentan en dos tipos de contratos icónicos: el de verosimilitud (en tanto persuade), y el de veracidad (en tanto comprueba). Esto posibilita el cumplimiento de funciones discursivas por parte de la Figura 1 y el texto lingüístico que la acompañe en la Comunicación Pública de la Ciencia.

3) En la dimensión semántica de la significación la Figura 1 requiere de una semiosis simbólica o lectura polisémica para que a través de ella pueda interpretarse algo significativo sobre la realidad. Es decir, en esta dimensión la Figura 1 es interpretada como un símbolo o un signo abstracto basado en una inferencia deductiva que va de lo general a lo particular. Es a través del pensamiento correlativo, arquetípico y mitopoyético que caracteriza a los seres humanos que la Figura 1 o representamen (una supraestructura metafórica) representa una realidad simbólica inaprehensible (una infraestructura simbólica).

Las conclusiones de la investigación sugieren que las tres dimensiones de significación sustentan de manera interdependiente la ilusión referencial de realidad cuántica, sin la cual la Figura 1 no formaría parte de la consolidación pública y la argumentación científica en torno al hallazgo del bosón de Higgs. Así, tanto la significación, como la interpretación y la comunicación de esta imagen ponen en juego la esencia simbólica de la representación visual en física cuántica.

# I

## **Marco teórico-metodológico del análisis**

### **Mecanismo de Higgs y partículas elementales**

De acuerdo a Corral (2014) el universo pudo haberse originado a partir de un haz microscópico de luz, el cual hizo que nuestra realidad espaciotemporal se manifestara de la nada. Durante esos instantes primigenios la densidad y temperatura del cosmos habrían sido virtualmente infinitas. En esta singularidad hipotética todas las fuerzas elementales de la naturaleza estarían unidas, y las partículas poseerían la misma masa.

Posteriormente, una “Gran Expansión Asociativa” o GEA (Felder, 2013: 22)<sup>2</sup> le dio al cosmos su constitución actual, donde las partículas elementales tienen diferentes masas, y las fuerzas básicas de la naturaleza se distinguen en cuatro: electromagnética, nuclear fuerte, nuclear débil, y gravitacional. Es decir, el arranque espontáneo e incandescente del universo no fue seguido de una explosión fragmentaria y ruidosa, sino de una inflación donde las relaciones físicas y las estructuras fundamentales han evolucionado paulatinamente.

A la luz de estas especulaciones el estudio físico del cosmos aspira, entre otras cosas, a desarrollar la Teoría del Todo (ToE, por sus siglas en inglés) o una ecuación general que pueda explicar armónicamente tanto al mundo cuántico (microescala regida por fuerzas nucleares y electromagnéticas) como a los fenómenos astronómicos (macroescala regida por fuerzas gravitacionales).

Aunque la consolidación de tal paradigma unificador aún no es una realidad, actualmente existe una herramienta teórica con un grado general de aceptación para justificar las diferentes masas de las partículas elementales, cruciales en el entendimiento microfísico de la GEA y nuestra existencia corpórea en el universo. Dicho instrumento explicativo es denominado Mecanismo

---

<sup>2</sup> La traducción es mía. Asimismo, son de mi autoría todas las traducciones de líneas y términos extraídos de fuentes publicadas en inglés que serán citadas textualmente a lo largo de la tesis.

Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble (Allen, 2014), mejor conocido como *mecanismo de Higgs*.

Antes de que este último fuera postulado hace medio siglo los físicos no podían comprender satisfactoriamente por qué los constituyentes más fundamentales de la materia ordinaria (p. ej. leptones y quarks) difieren radicalmente en términos de masa<sup>3</sup>. Lo que es más, se carecía del conocimiento para explicar por qué algunos subtipos de esas partículas elementales (p. ej. fotones y gluones) no tienen masa alguna. En otras palabras, pese a la familiaridad que los físicos han tenido con el concepto de *masa*, el mecanismo que la produce se mantuvo como una interrogante.

En 1964 el físico británico Peter Ware Higgs (nacido en 1929) propuso una respuesta a tal estado de duda en la comunidad científica. Él pensó que quizá existe un campo escalar que ocupa la totalidad del cosmos de manera permanente, y las partículas elementales adquirirían diferentes masas dependiendo de qué tanto interactúen o no con ese campo.

## **Bosón de Higgs y Experimento ATLAS**

Dicha hipótesis del entramado omnipresente también asumía la existencia necesaria de un nuevo tipo de partícula elemental, cuya predicción matemática fue hecha en 1964 por Higgs, el físico belga François Englert (nacido en 1932) y otros teóricos<sup>4</sup>. Entre los especialistas dicha partícula hipotética, de símbolo  $H^0$ , adquirió el sobrenombre de “bosón de Higgs”, mientras que en los medios de comunicación masiva sería referida posteriormente como “partícula de Dios” o “partícula divina”<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Por ejemplo, los muones (un tipo de leptón) tienen 200 veces más masa que los electrones (otro tipo de leptón).

<sup>4</sup> Cfr. Englert y Brout (1964) y, Higgs (1964).

<sup>5</sup> El sobrenombre se popularizó luego de que el físico estadounidense Leon M. Lederman (nacido en 1922) publicara el libro *La partícula divina: si el universo es la respuesta ¿cuál es la pregunta?* (2013), título publicado originalmente en inglés en 1993 y que, de acuerdo al autor, refiere intertextualmente, entre otras cosas, al libro del Génesis en el *Antiguo Testamento*.



El funcionamiento del campo de Higgs es comparable a entender cómo los cuerpos sólidos interactúan con el agua. Imaginemos a peces y cetáceos de distintas especies sumergidos en el océano y nadando a contracorriente: dependiendo de qué tan hidrodinámica sea cada criatura, el agua opondría una resistencia específica sobre su cuerpo en movimiento. Por tanto, los nadadores que desplacen mucha agua para poder moverse serían percibidos como pesados (p. ej. una ballena azul), mientras que los que interactúen con menor volumen de líquido serían percibidos como nadadores ligeros (p. ej. una sardina). En esta analogía el océano sería el campo de Higgs, los peces las partículas elementales, y las corrientes de agua marina los bosones de Higgs.

Por tanto, para determinar si el campo de Higgs existe o no, los físicos necesitaban detectar empíricamente una partícula cuyas características coincidieran con las propiedades teóricas que fueron predichas para la posible manifestación de un Higgs. Éste fue uno de los principales motivos por los cuales la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas originales en francés)<sup>6</sup> aprobó la construcción del Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés). Dentro de este último, el Experimento ATLAS — uno de los cuatro proyectos principales que se albergan en el LHC— ha producido las condiciones físicas apropiadas para detectar y visualizar bosones de Higgs.

Las instalaciones del LHC —**apodado mediáticamente como la ‘máquina del Big Bang’**— se ubican en la frontera de Suiza con Francia. La construcción del túnel subterráneo de 27 km de longitud que alberga al colisionador tomó una década —aunque fue contemplada desde los años ochenta— y requirió una inversión inicial de aproximadamente 7 mil millones de euros. Cabe mencionar que el LHC es considerada la máquina más voluminosa y compleja en el planeta: su funcionamiento requiere de la colaboración de 100 países, y 10 mil científicos la visitan cada año.

---

<sup>6</sup> Es de mencionarse que en 1989 el científico británico Tim Berners-Lee desarrolló la World Wide Web como un proyecto de comunicación científica interna para esta organización.



**Toma aérea que muestra la circunferencia (línea amarilla) del túnel subterráneo del LHC (Imagen: CERN).**

Fue hasta el 4 de julio de 2012 que el CERN difundió resultados provisionales que indicaron el hallazgo un bosón Higgs: una partícula detectada en un rango energético de 125-126 GeV (gigaelectronvoltios); es decir, el bosón más pesado que se haya descubierto<sup>7</sup>. De manera paralela a este anuncio de 2012, el Experimento ATLAS publicó en su sitio web imágenes y datos<sup>8</sup> recolectados entre 2011 y 2012 que sugerían la tan esperada detección de la partícula.

Pese a la consistencia de los datos obtenidos por ATLAS, los científicos involucrados en las pruebas declararon que requerían de un mayor análisis estadístico para afirmar de manera categórica que se trataba de una partícula cuyos productos de decaimiento coincidían unívocamente con un Higgs.

---

<sup>7</sup> El comunicado institucional está disponible en la dirección <http://press.web.cern.ch/press-releases/2012/07/cern-experiments-observe-particle-consistent-long-sought-higgs-boson>

<sup>8</sup> Las imágenes fueron incluidas en una galería desplegable en la dirección <http://cds.cern.ch/record/1459495>. Por su parte, los resultados experimentales fueron presentados originalmente en un seminario de especialistas del CERN. Las diapositivas de dicha presentación se encuentran en la dirección <https://indico.cern.ch/event/284760/>

Finalmente, el 26 de noviembre de 2013 el hallazgo se oficializó<sup>9</sup> por haber sido considerado como estadísticamente satisfactorio en su totalidad por el equipo del Experimento ATLAS, el cual es conocido institucionalmente como ATLAS Collaboration, ya que involucra a 3 mil físicos procedentes de 176 instituciones ubicadas en 38 países. Este último anuncio incluyó a la Figura 1 (reproducida en la página 17) y ésta, a su vez, fue acompañada por el siguiente texto como pie de imagen:

Representación gráfica de uno de los eventos de colisión utilizados en la obtención del nuevo resultado de ATLAS, mostrando rastros y depósitos de energía dejados por partículas atravesando el detector de ATLAS. Posiblemente se originan a partir del bosón Higgs al decaer en dos taus, los cuales subsecuentemente decaen en un electrón (línea azul) y un muón (línea roja).<sup>10</sup>

En otros términos, la Figura 1 muestra cómo un bosón de Higgs decae en partículas más estables en una ínfima cantidad de tiempo (lo equivalente a  $1\text{seg}^{-21}$ ) luego de que dos protones colisionaran a casi la velocidad de la luz dentro del LHC. Se trata de una de varias representaciones oficiales y explicativas de la manifestación empírica y exitosa del bosón de Higgs a partir de uno de varios posibles escenarios de decaimiento predichos por la teoría. En el siguiente capítulo de la tesis se abordarán las implicaciones tecnológicas en la elaboración de la Figura 1, así como sus relaciones de coherencia gráfica conforme a los resultados experimentales.

---

<sup>9</sup> En ese mismo año, Peter Higgs y François Englert fueron galardonados con el Premio Nobel de Física por “el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestro entendimiento del origen de la masa de las partículas subatómicas”.

<sup>10</sup> El texto original en inglés, la Figura 1, así como el anuncio de la confirmación del hallazgo están disponibles en la dirección <http://atlas.ch/news/2013/higgs-into-fermions.html>.

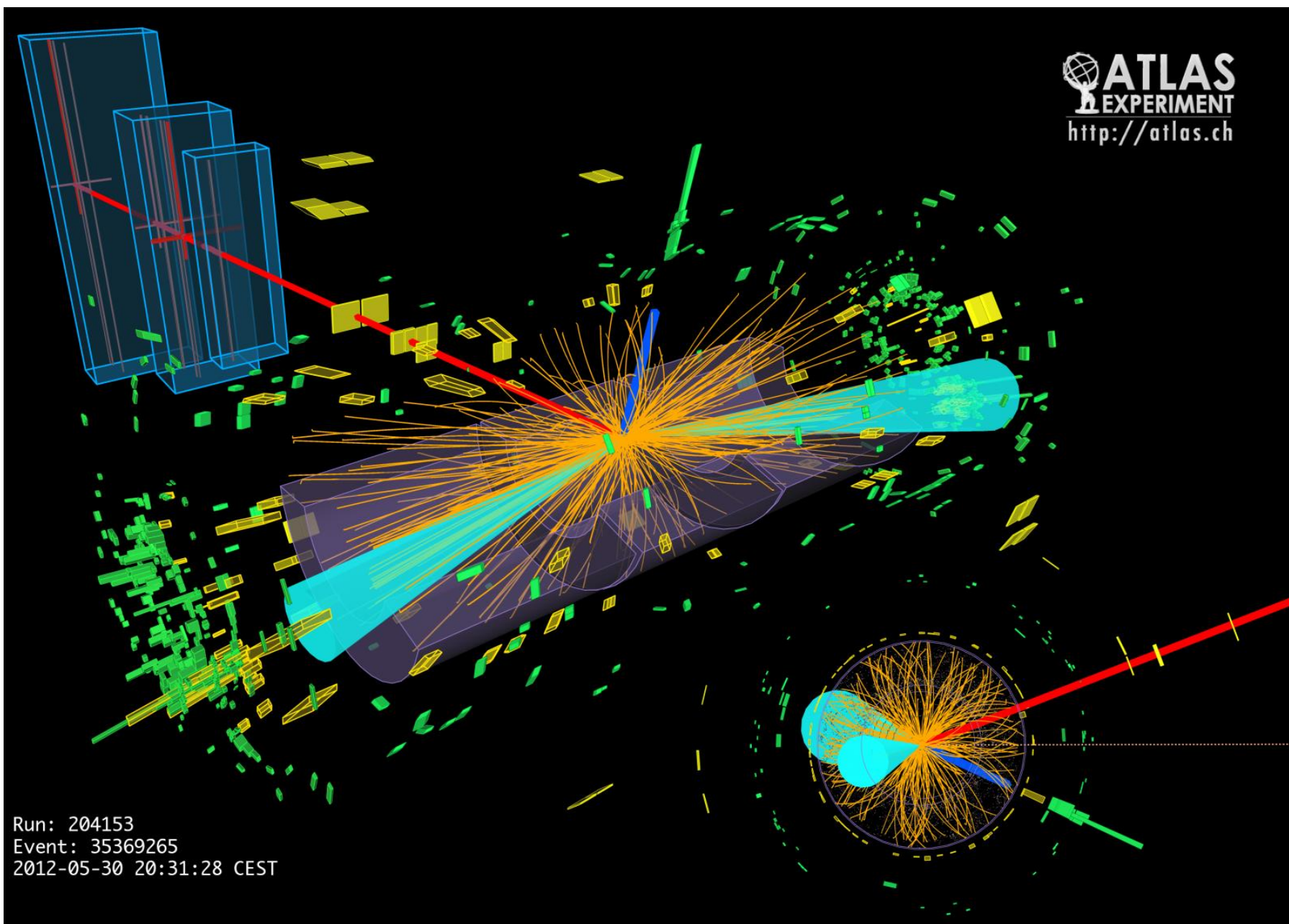


Figura 1



## **Balance del contexto científico del análisis**

En este contexto la evidencia estadística y observacional<sup>11</sup> que fue obtenida por ATLAS y otros proyectos paralelos del LHC —como el CMS (Solenoides Compacto de Muones, por sus siglas en inglés)— es considerada un hito en la historia de la ciencia porque sugiere que el mundo subatómico es descrito con precisión por el paradigma físico dominante a partir del siglo XX o el modelo estándar de física de partículas, del cual el Higgs es la piedra angular. En relación a estos hallazgos, el físico teórico británico Stephen Hawking (nacido en 1942) **ha dicho que “...el descubrimiento reciente de lo que parece ser la partícula Higgs es un triunfo para el esfuerzo humano y la colaboración internacional. Cambiará nuestra percepción del mundo”<sup>12</sup>.**

Entre otras cosas, este hallazgo experimental implica que los físicos ahora poseen un conocimiento menos especulativo sobre cómo el universo primigenio evolucionó en términos de la Gran Teoría Unificadora (GUT, por sus siglas en inglés), la cual explica conjuntamente la relación de las fuerzas electromagnética, nuclear débil y nuclear fuerte (es decir, sólo tres de los cuatro campos de interacción conocidos).

**En resumen, confirmar la existencia de la llamada “partícula divina” es el signo revelador de que el campo de Higgs sí es responsable por las masas particulares de los constituyentes básicos de la materia (Randall, 2012: 24-25), tales como los electrones —que posibilitan todas las reacciones químicas— y los quarks —los cuales son el componente mayoritario del núcleo atómico y nos dan 95.5% de nuestro peso corporal (Close, 2012: 298).**

El 9 de marzo de 2015 el LHC reanudó sus operaciones luego de su primera suspensión de actividades o “Long Shutdown 1” iniciada el 14 de febrero de 2013. Durante esa pausa se modernizó la infraestructura del LHC y se le acondicionó para funcionar con niveles mayores de energía requeridos por experimentos

---

<sup>11</sup> Cfr. ATLAS Collaboration (2012) y CMS Collaboration (2012).

<sup>12</sup> El científico inglés pronunció estas palabras durante la ceremonia de apertura de los Juegos Paralímpicos del 2012.

venideros. Estos últimos se enfocarán en la búsqueda de partículas supersimétricas, materia oscura, nuevas dimensiones, así como más interrogantes en torno al bosón de Higgs y su importancia para comprender el origen y destino del universo<sup>13</sup>.

En mayo de 2015 ATLAS y CMS publicaron mediciones más precisas de las propiedades del Higgs; mientras que en julio fue confirmada la existencia del pentaquark, una partícula predicha en 1964 que se compone de cuatro quarks y un antiquark. Asimismo, en agosto ALICE (A Large Ion Collider Experiment) publicó resultados que confirman el principio fundamental de simetría entre el núcleo de las partículas y sus antipartículas en términos de carga, paridad y sentido del tiempo (simetría CPT). Por su parte, en septiembre de este mismo año se dieron a conocer resultados que sugieren la existencia de una partícula que podría ser un leptokuark (compuesto por un quark y un leptón), o bien una nueva clase de bosón Higgs (uno que sí tiene carga electromagnética y que posee mayor masa), la cual no había sido contemplada del todo por el modelo estándar.

Aunque al LHC se le estiman en total dos décadas de vida útil, se gestan proyectos para construir una nueva generación de colisionadores con circunferencias superiores (entre 80 y 100 km). Entre ellos se encuentra el programa Future Circular Collider (FCC) o Colisionador Circular Futuro, el cual superará la máxima energía prevista para el LHC en 2015 (13 TeV)<sup>14</sup>.

Además de situar en tiempo y espacio a la Figura 1, los apartados anteriores han introducido algunos conceptos científicos para familiarizarse temáticamente con el bosón de Higgs, y para informarse sobre el contexto de su descubrimiento por parte de la física experimental. A continuación, este andamiaje científico se

---

<sup>13</sup> Para profundizar en el contexto científico del hallazgo del bosón de Higgs recomiendo consultar *Particle Fever* (2013), documental dirigido por Mark Levinson. El filme da noticia de los experimentos realizados en el primer periodo de funcionamiento del LHC (desde su arranque en 2008, hasta el hallazgo del Higgs en 2012), así como de las implicaciones, a futuro, de haber observado exitosamente dicha partícula. El video está disponible en la dirección: <http://particlefever.com/> En este mismo sentido, recomiendo revisar a Allen (2014).

<sup>14</sup> Sobre el porqué son necesarios niveles de energía más altos en la experimentación física del futuro, recomiendo consultar Chalmers (2015).

vincula al marco conceptual utilizado por el resto de la tesis, y se justifica filosóficamente el porqué de retomar a Peirce<sup>15</sup> como una base teórica y metodológica para el estudio de la significación de esa imagen divulgativa.

## **Cosmovisión de Peirce**

Entre 1866 y 1913 Peirce desarrolló una teoría amplia sobre la interpretación (Beuchot, 2014b: 100), la representación (Barrena y Nubiola, 2007: sin número de pág.) y el razonamiento humano (Elizondo, 2012:46) a partir de una cosmogonía científica. Para este pensador estadounidense el universo y la mente habrían de interpretarse como una continuidad física, química, biológica, geológica y astronómica cuyas leyes más generales o regularidades pueden ser descubiertas o inferidas a través del método científico y la experiencia, la cual es mediada, a su vez, por la imaginación (CP 1.46) y la emoción (CP 5.475).

En este sentido Peirce sugiere que estudiar la asociación indisoluble entre el espacio, el tiempo, la materia, la energía y la conciencia humana debería ser una tarea vital de las ciencias. Para desarrollar tal sistema psicofísico (Burch, 2014) Peirce retomó a Hegel (1770-1831) en cuanto a la evolución de los pensamientos, a Charles Lyell (1797-1875) en cuanto a la evolución de la Tierra, y a Charles Darwin (1809-1882) en cuanto a la evolución de los seres vivos.

Igualmente, para desarrollar sus ideas Peirce se apoyó en Charles Renouvier (1815-1903) y en Alfred Fouillée (1838-1912), quienes son considerados como precursores de la noción de indeterminismo al haber

---

<sup>15</sup> La mayoría de sus artículos científicos, textos académicos, correspondencia personal y manuscritos inéditos fue recopilada y editada póstumamente en el libro *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce* por parte del Departamento de Filosofía de la Universidad de Harvard. En esta tesis las referencias directas a Peirce seguirán el formato tradicional (CP número de volumen. número de página), y son tomadas de la edición digital de ese título, la cual reproduce los volúmenes del I al VI, editados por Charles Hartshorne y Paul Weiss y publicados por Harvard University Press entre 1931-1935; así como los volúmenes del VII al VIII, editados por Arthur W. Burks y publicados por la misma editorial en 1958. Son más todas las traducciones de las citas textuales extraídas de ese documento electrónico.



teorizado —décadas antes de la mecánica cuántica— sobre el papel del azar en la naturaleza (Cushing, 1994: 96).

El impacto de la teoría evolutiva en Peirce fue tal que se refirió a ella como el “despertar más grande desde Newton y Leibniz” (Brent, 1998: 60), y la incorporó a su concepción metafísica del universo. En cuanto a esta última, propuso que la fuerza detrás de la evolución, tanto de las leyes físicas como de los seres vivos, es un amor creativo (Ruse, 2008: 20) o un principio asociativo absoluto por el cual se rige la realidad cosmológica.

Peirce llamó a esta perspectiva integrativa **“synechismo, por su principio de continuidad; tychismo, porque la evolución se da por cambios fortuitos; y agapismo, porque es un principio de amor o deseo lo que guía la evolución a la racionalización de lo real” (Beuchot, 2014b: 57)**. Es decir, como Duns Scotus (1266-1308)<sup>16</sup>, Peirce cree que las cosas físicas reflejan un orden metafísico o real.

Si bien rechaza los extremos del nominalismo y del empirismo, este realismo ontológico de los universales es absolutista. En este sentido cabe mencionar que es aplicable la crítica que Eco (1989: 350) y Amador (2015: 175-176) han hecho a los sistemas filosóficos con presupuestos ontológicos absolutos. Así, se podría decir que el realismo de Peirce **“deja de ser una metodología para el estudio de una cultura y se convierte en una filosofía de la naturaleza”** (Eco, 1989: 350). No obstante, Peirce plantea la necesidad de un realismo crítico:

El espíritu científico le exige al hombre estar siempre listo para descartar todas sus creencias en cuanto la experiencia esté en contra de ellas. El deseo de aprender le prohíbe estar perfectamente seguro de que ya conoce algo. Además, la ciencia positiva sólo puede descansar en la experiencia; y la experiencia nunca puede resultar en una certeza absoluta, exactitud, necesidad o universalidad. Pero es precisamente con lo universal y necesario, esto es, con la Ley, que la [con]ciencia se concierne a sí misma. Por tanto, el carácter real de la ciencia es destruido tan pronto como ésta se vuelve un apéndice para la conducta (CP. 1.55).

---

<sup>16</sup> Ver página 30.

## **Categorías faneroscópicas**

El fundamento fenomenológico de la cosmovisión peirceana es la *faneroscopía* (CP 5.39) o el estudio científico del *fanerón* (término acuñado a partir del adjetivo griego φανερός, que refería algo perceptible, visible o manifiesto). Este último fue definido por Peirce como “la totalidad colectiva de lo que está presente, de cualquier manera o en cualquier sentido, en la mente sin importar si corresponde a una cosa real o no” (CP 1.284). Él utilizaba este término frecuentemente para referirse a la manera en que el mundo se manifiesta en nuestra conciencia, pero una vez que ha sido interpretado por la percepción y preconcebido por la abstracción.

A su vez, Peirce dividió a la faneroscopía en tres categorías básicas que aluden a las formas irreductibles de la experiencia, que son la *primeridad* (consiste de lo monádico), la *segundidad* (consiste de lo diádico) y la *terceridad* (consiste de lo triádico). Por su parte, estas últimas son postuladas como la base ontológica de los modos del ser o de la existencia real (Beuchot, 2014b: 52), que son la *posibilidad* cualitativa (consiste de una indeterminación), el *hecho* actual (consiste de una reacción), y la *ley* que regula los hechos futuros (consiste de una mediación). Para enfatizar la importancia de estas categorías en la teoría peirceana Beuchot explica:

Como primeridad, el universo comenzó como pura indeterminación, como nulidad; y la posibilidad real de la determinación era el ser. Era azar, espontaneidad. Como segundidad, adquirió hábitos, uniformidades o regularidades. Y, como terceridad, tuvo leyes, cada vez más ideales. Pasó del azar a la ley; pero tanto el estado de puro azar como el de pura ley son abstracciones, pues no puede hablarse de ningún tiempo con una indeterminación absoluta ni de la ausencia total de azar o espontaneidad (2014b: 56).

Aprovechando este ejemplo tripartito la tabla siguiente compenetra las categorías faneroscópicas con algunos de los principales conceptos físicos y cosmológicos esbozados en los primeros apartados del capítulo.

<b>Categorías faneroscópicas</b>		<b>Ejemplo</b>
<b>Formas irreductibles de la realidad</b>	<b>Modos del ser o de existencia</b>	<b>Origen, evolución y regularidades del universo</b>
<i>Primeridad</i> (monádica)	Posibilidad (indeterminación)	Haz microscópico de luz como origen puntual y aleatorio del cosmos: espontaneidad en el pasado.
<i>Segundidad</i> (diádica)	Hecho o manifestación (reacción)	Gran expansión asociativa (GEA), mejor conocida como Big Bang, que sigue evolucionando en el presente.
<i>Terceridad</i> (triádica)	Ley o destino (mediación)	Cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza que regulan los acontecimientos futuros.

## **Semiótica y semiosis**

Peirce concentra su teoría en las categorías faneroscópicas de terceridad y mediación porque de ellas se desprenden la posibilidad de la semiosis o la acción y evolución de los signos, la cual constituye y articula al fanerón. De este modo Peirce retomó el término *semiotiké* (Beuchot, 2004: 135), acuñado por John Locke (1632-1704), para bautizar a la *semiótica* o la disciplina encargada del estudio científico<sup>17</sup> de “la naturaleza esencial y fundamental de las variedades posibles de semiosis” (CP, 5.488).

A su vez, Peirce definió a la *semiosis* como una “acción o influencia que es o involucra la cooperación de tres elementos, como son el signo, su objeto y su interpretante” (CP 5.484). De este modo ambos términos pueden diferenciarse de la siguiente manera: “la semiosis es un fenómeno, la semiótica es un discurso

<sup>17</sup> Recomiendo leer a Salupere (2011) para una revisión detallada del estatus disciplinar y científico actual de la semiótica, así como de la naturaleza de su objeto de estudio.

teórico sobre los fenómenos semióticos” (Eco, 1990: 240). La tabla siguiente resume la manera en que esta perspectiva teórica será aplicada a nuestro objeto de estudio en tanto es interpretado como un fenómeno semiótico.

<b>Entes semióticos o elementos de la semiosis</b>	<b>Ejemplos</b>
<i>Objeto</i>	Bosón de Higgs (partícula elemental).
<i>Representamen</i> o signo	Figura 1 (signo visual o sustituto sincrónico del fenómeno cuántico).
<i>Interpretante</i>	Interpretaciones de la Figura 1 por parte de los observadores, quienes la perciben como una continuidad visual.

## Dimensiones de significación

La Figura 1 no provee una ilusión referencial de realidad por sí sola. Su significación está sujeta a distintas prácticas representacionales, interpretativas y comunicacionales. A fin de organizar y jerarquizar el estudio de estas últimas en términos de semiosis, parto de las dimensiones de significación descritas por el filósofo estadounidense Charles Morris (1901-1979)<sup>18</sup>, quien a su vez las desarrolló con base en las ramas de la semiótica propuestas originalmente por Peirce (CP 2.229)<sup>19</sup>.

Morris divide a la semiótica en la *sintáctica*, que se ocupa de los métodos y condiciones por los cuales los signos (lingüísticos o no) pueden ser combinados gramaticalmente; la *pragmática*, que se ocupa de los orígenes, usos y efectos de los signos; y la *semántica*, que se ocupa de la significación de los signos o su correspondencia convencional con objetos u otros representámenes.

<sup>18</sup> Cfr. Morris (1971).

<sup>19</sup> Particularmente, son la *gramática pura* (mejor conocida como sintáctica), la *retórica pura* (mejor conocida como pragmática) y la *lógica propia* (mejor conocida como semántica). Peirce se apoyó en John Duns Scotus (1266-1308) e Immanuel Kant (1724-1804) para la estructuración lógica de esas vertientes semióticas.

Así, en esta tesis, en la dimensión sintáctica se abordan las relaciones *gramaticales* o de coherencia entre la Figura 1 (representamen) y ella misma; en la dimensión pragmática se abordan las relaciones *contextuales* o de uso entre los intérpretes y la Figura 1; y en la dimensión semántica se abordan las relaciones *dialécticas* o de correspondencia entre la Figura 1 y sus referentes. No obstante, debe recordarse que las tres dimensiones de significación no son mutuamente excluyentes y sólo adquieren sentido si son estudiadas en conjunto y de manera progresiva (Eco, 1990: 286). En la tabla siguiente se ejemplifican aplicaciones usuales de cada dimensión.

<b>Dimensiones de significación o ramas de la semiótica</b>		
<b>Sintáctica</b> Estudia las reglas gramaticales y de sintaxis en un idioma.	<b>Pragmática</b> Estudia el uso de la jerga especializada en una disciplina científica.	<b>Semántica</b> Estudia la diversidad creciente de significados lexicales convenidos para una misma palabra.

### **Clasificaciones de signos**

Es sólo en la convergencia semiótica donde puede hablarse de la existencia del signo o representamen (Rivas, 2001). Esto es, el signo depende de una asociación y una continuidad, como mínimo, entre dos correlatos o elementos semióticos: el objeto y el interpretante. En este contexto de terceridad o mediación entre un primero y un segundo, Peirce caracteriza al signo como sigue:

Un signo o representamen es algo que, en algún aspecto o capacidad, significa algo para **alguien**. [...] **crea en la mente de esa persona un signo equivalente o** quizá uno más desarrollado. A ese signo creado lo llamo el interpretante del primer signo. El signo representa a algo, su *objeto*. Es sinónimo de ese objeto, no en todos los aspectos, sino **con referencia a una clase de idea que he llamado [...]** el fundamento del representamen (CP 2.228).

El representamen, en el sentido más amplio del término, vincula en la semiosis a lo psíquico con lo físico: la representación como fenómeno de terceridad es un eslabón que pertenece al mundo abstracto e intersubjetivo de la significación y la comunicación (intrapersonal e interpersonal), pero que también forma parte del mundo material. Es decir, se trata de una mediación fenoménica entre la mente y el cosmos, así como entre lo orgánico y lo no orgánico. Barrena y Nubiola (2007) explican la vitalidad del concepto del signo en la teoría peirceana:

Para Peirce todo lo que existe es signo, en cuanto que tiene la capacidad de ser representado, de mediar y llevar ante la mente una idea, y en ese sentido la semiótica es el estudio del más universal de los fenómenos y no se limita a un mero estudio y clasificación de los signos. También nuestros pensamientos son signos y por eso la lógica en sentido amplio no es «sino otro nombre para la semiótica, la cuasi-necesaria o formal doctrina de los signos» [CP 2.227, c.1897]

En cuanto al estudio sistemático de los representámenes, Peirce los clasificó de acuerdo a tres tricotomías principales<sup>20</sup>. La primera de ellas alude a las relaciones que guarda el signo consigo mismo (CP. 2. 244); es decir, es una clasificación de tipo sintáctica. Consiste del *cualisigno* (cualidad abstracta), del *sinsigno* (acontecimiento o cualidad encarnada en un espacio y tiempo), y del *legisigno* (ley general, convención o hábito).

La tercera tricotomía alude a las relaciones del representamen con sus interpretantes (CP. 2.250); es decir, es una clasificación pragmática. Consiste del *rema* (término), del *dicisigno* (proposición o enunciado que puede ser considerado como verdadero o falso), y del *argumento* (signo de razón o legalidad que puede ser considerado como válido o inválido). Es de notarse que para Peirce el argumento es la terceridad que permite a la ciencia alcanzar conocimientos

---

<sup>20</sup>Recomiendo consultar a Farkas y Sarbo (2002) para una revisión minuciosa de las clasificaciones sígnicas de Peirce.

nuevos y autocorregirse en tanto es gestada dentro de una comunidad de investigadores que ha sido construida históricamente.

La segunda tricotomía alude a las relaciones de los representámenes o signos con sus objetos (CP. 2.247); es decir, es una clasificación de tipo semántica<sup>21</sup>. Consiste del **ícono** (implica una relación convencional y cualitativa), del **índice** (implica una relación existencial o física), y del **símbolo** (implica una conexión habitual y predictiva).

A saber, un índice (p. ej. una huella humana en el fango) **induce** porque es implicado gracias a una inducción que va de lo particular a lo general; el ícono (p. ej. el retrato de una persona) **abduce** porque es codificado y decodificado por un razonamiento analógico; y el símbolo (p. ej. la firma de un escritor) es inferido por deducción o un razonamiento que va de lo general a lo particular.

Según Peirce, esta segunda tricotomía ha de clarificar los términos de **verdad** o relación real entre el representamen y su objeto. Es decir, se trata de una clasificación que fundamentaría a las dimensiones de significación de acuerdo a las posibles relaciones entre los entes semióticos ya descritos. Peirce considera a ésta como la más fundamental división de los signos (CP. 2. 275).

La base conceptual de la tesis aprovecha, entonces, a esta última tricotomía en particular porque es una clasificación relacionada con la noción de realidad y **verdad o aquellas “relaciones triádicas de funcionamiento, que se fundan en los hechos reales” (Beuchot, 2014b: 23). En este sentido, al igual** que Beuchot (2014: 154), Calderón (2009: 28) y Eco (1976: 133), considero que retomar estos fundamentos triádicos es básico en el estudio de la significación visual.

Más que tipos o categorías apriorísticas el índice, el ícono y el símbolo serán empleados como magnitudes semióticas interpretativas e interdependientes. Dicho de otro modo, servirán como guías para organizar el estudio de la semiosis en distintas dimensiones de significación materiales, prácticas e ideales, donde

---

<sup>21</sup> Desde un punto de vista morriseano la clasificación peirceana del índice, ícono y símbolo es una de tipo semántica porque alude a la manera en que la interpretación icónica, indexical o simbólica relaciona de maneras dinámicas a los signos con sus objetos y otros representámenes.

hasta la manifestación más singular de la realidad —estructura superficial de significación— puede volverse significativa o mediar relaciones con objetos reales o imaginarios cada vez más complejos —estructura profunda de significación—.

## **Tipos de inferencia o argumentos**

Aunado a lo anterior, utilizo como guía interpretativa a dicha tricotomía semántica porque guarda una relación cognitiva directa (Whitson, 2005) con los tres tipos de argumentación científica o inferencia propuestos por Peirce (CP 1.65), que son la *abducción* (a la cual también denominó *retroducción*), *deducción* e *inducción*<sup>22</sup>.

Particularmente se dice que “la abducción está basada en la iconicidad, como la inducción lo está en la indexicalidad y la deducción en la simbolicidad” (Beuchot en Lizarazo, 2007: 22). Asimismo, Beuchot detalla la naturaleza interpretativa de cada uno de esos signos al proponer que “el signo índice es unívoco, el símbolo es equívoco, pero el ícono es analógico” (2009: 284). Tales relaciones entre signos e inferencias —explicadas de manera más prolija en la introducción de la tesis— se asientan visualmente en la siguiente tabla.

<b>Clasificación semántica de signos</b>	<b>Tipo de argumento o inferencia científica</b>
<i>Ícono</i> (analógico: ni equívoco, ni unívoco)	<i>Abducción</i> (lanzamiento de la hipótesis o inferencia original que ha de ser fundamentada por la deducción y comprobada por la inducción)
<i>Índice</i> (unívoco y metonímico)	<i>Inducción</i> (inferencia que va de lo particular a lo general)
<i>Símbolo</i> (equívoco y metafórico)	<i>Deducción</i> (inferencia que va de lo general a lo particular)

<sup>22</sup> En la página 43 se profundiza en estas tres nociones al explicarse la justificación epistemológica detrás de la observación experimental del bosón de Higgs. De igual forma, es pertinente señalar en este punto que de ningún modo consideramos a estos tres como los únicos tipos de razonamiento en la significación visual. Retomar esas tres directrices no significa que los roles de la imaginación, la emoción, la creatividad y lo inconsciente sean ignorados en cuanto a la comunicación intrapersonal y los fenómenos observacionales, como se verá en el cuarto capítulo. Para una revisión más detallada de la noción peirceana de los tipos de inferencia científica, y su relación con la metafísica, recomiendo consultar a Reese (1961).



## **Noción pragmática de realidad cosmológica y verdad científica**

De manera similar a los escolásticos Peirce funda su noción de *realidad* en la metafísica: **“la Metafísica es la ciencia de la Realidad. La Realidad consiste en la regularidad. La regularidad real es una ley activa” (CP 5.121)**. Esto es, a través de un realismo, Peirce cree en la operatividad de principios independientes y anteriores a la conciencia humana (CP 5.101), los cuales continuarán evolucionando aunque esta última no esté al tanto de ellos.

Es decir, podría decirse que para Peirce la realidad cosmológica o total es **“una entidad legaliforme o nomotética, que rige el comportamiento de sus instancias”** (Beuchot, 2014b: 54)<sup>23</sup>. Respecto a esto último, Peirce llega a considerar al universo como una realidad simbólica o la encarnación de leyes semiósicas<sup>24</sup> concebidas por una conciencia metafísica (CP 5.107):

**“el universo es un representamen vasto, un gran símbolo del propósito de Dios resolviendo sus conclusiones en realidades vivientes. Ahora bien, cada símbolo debe tener, orgánicamente unido a él, su Índices de Reacciones y sus Íconos de Cualidades; así como aquel rol que estas reacciones y estas cualidades juegan en un argumento que, desde luego, juegan en el universo —ese Universo siendo precisamente un argumento” (CP 5.119)**.

Al margen de las implicaciones teológicas<sup>25</sup> lo anterior pone de manifiesto algo de suma importancia para comprender la cosmovisión de Peirce: lo simbólico no sólo pertenece al orden de lo epistémico, sino que también forma parte del orden ontológico. Bajo esta óptica el fanerón es considerado como un

---

<sup>23</sup> Sobre la metafísica del realismo científico y la ontología de los universales en Peirce recomiendo revisar a Beuchot (2014b: 48-53).

<sup>24</sup> Sugiero consultar a Pape (1984) respecto a la concepción peirceana de las leyes naturales como entes semiósicos. Sobre este mismo punto, pero desde una perspectiva semiótica más general sugiero revisar a Noth (2001), Maran (2001), y Wasik (2001).

<sup>25</sup> Por otro lado, aunque se trata de una línea de investigación distinta pero paralela, recomiendo revisar a Willem du Toit (2014) y a Peters y Peterson (2013) en cuanto a la noción de *fe* en el conocimiento científico, y en cuanto al planteamiento teológico del bosón Higgs como una explicación parcial para el origen de la corporeidad del universo.

fenómeno que emerge del universo, y, por ende, la naturaleza simbólica, representacional e interpretativa del ser humano es el reflejo de esas habitualidades o terceridades metafísicas ya presentes en la naturaleza.

La realidad total o cosmológica es vista por Peirce, entonces, como una manifestación de regularidades metafísicas o leyes universales, mientras que la interpretación lógica y consensuada de estas últimas es vista como la verdad.

Tal noción peirceana de verdad científica es pragmática o pragmaticista a medida que la investigación depende de argumentos comunitarios que históricamente incorporan y desechan a otros (Rivas, 1998). En este sentido, las ciencias naturales —física, química, biología, astronomía y geología<sup>26</sup>— son dialécticas, falibles y revolucionarias: aunque un enunciado sea aceptado como verdadero, o un argumento sea considerado válido, lo serán de manera relativa y contextual ya que están sujetas a opiniones científicas (CP. 5.407).

De ahí que, desde un punto de vista pragmaticista, el conocimiento semiótico más depurado sobre el universo aspire a ser comunitario, predictivo y legal, como lo es el conocimiento físico y su noción no univocista de realidad. Por ejemplo, nuestro Universo podría ser pensado como uno de infinitos universos paralelos<sup>27</sup>, o como la mera proyección holográfica de un código bidimensional<sup>28</sup>.

De acuerdo a Elizondo, **“las concepciones de lo real y de comunidad encuentran un origen común en el pensamiento de Peirce”** (2012: 68). En suma, Peirce idealiza a la comunidad científica como autocorrectiva, progresiva y trascendental (CP 5.311-312) en cuanto a que sus conocimientos se construyen a través de una praxis, **la cual “no puede ser reducida a una experiencia individual,**

---

<sup>26</sup> Tal clasificación, propuesta por Barr (2006), también considera a las ramas y disciplinas híbridas que filosóficamente han sido ligadas a la naturaleza (Ledoux, 2002). Por ejemplo, las ciencias de la Tierra (paleontología, meteorología, oceanografía, etc.) y ramas de la biología (anatomía, genética, zoología, etología, neurociencias etc.).

<sup>27</sup> Esta hipótesis, apoyada por el físico teórico británico Stephen Hawking, se basa en la observación de la expansión cósmica y el fenómeno conocido como radiación de fondo de microondas (CMB por sus siglas en inglés).

<sup>28</sup> Esta noción, conocida en física teórica como el principio holográfico, fue sustentada inicialmente por el científico Juan Maldacena en 1997.

su dimensión real **está en la experiencia colectiva acumulada en el tiempo**” (Elizondo, 2012: 84). En el capítulo IV de la tesis se ahondará en las nociones de realidad y verdad a partir de su relación filosófica con las nociones de interpretación y significado.

### **Balance de los fundamentos filosóficos del análisis**

Peirce asume la existencia de principios metafísicos que rigen a los hechos de nuestra realidad física. Pero, desde un punto de vista fenomenológico, él afirma que esas habitualidades o leyes primordiales no son evidentes y siguen evolucionando, por lo que las ciencias han de investigarlas críticamente teniendo en cuenta el pasado, el presente y, sobre todo, el futuro (Duch, 2012: 178).

En este sentido aprovecho a la semiótica peirceana como una teoría integrativa que, además de investigar a la fenomenología del cosmos, le provee al método científico de un metalenguaje para sustentarse ontológica y epistemológicamente. Así, a través de una de sus representaciones visuales, abordo a la física cuántica como una disciplina fundamentada en la legalidad, la predicción y la terceridad o mediación.

Es dentro de este marco teórico-metodológico que entiendo a la semiosis como una relación fenomenológica que involucra a las fuerzas físicas que configuran al cosmos o **“continuo asociativo de la materia” (Felder, 2013: 18)** y a la naturaleza representacional y simbólica de nuestras mentes o fanerón.

Concretamente, como se adelantó en la introducción de la tesis, argumento que la Figura 1 es concebida a través de un proceso indisoluble de semiosis o una relación triádica siempre y cuando ésta consista de la mediación de un **representamen** (signo o vehículo sígnico) entre un **objeto** (cosa representada o referente) y un **interpretante** (un signo más desarrollado o una concepción unificadora y contextual en la mente de un intérprete). La lógica de aplicar la teoría peirceana al estudio de la significación de la Figura 1 se esquematiza en la tabla siguiente:

Categorías faneroscópicas		Semiosis	Dimensiones de significación o ramas de la semiótica		
Formas irreductibles de la realidad	Modos del ser o de existencia	Entes semiósicos	Sintáctica (gramática pura)	Pragmática (retórica pura)	Semántica (lógica propia)
<i>Primeridad</i> (monádica)	Posibilidad o indeterminación	<i>Objeto</i> (ontológico)	<i>Cualisigno</i> (cualidad)	<i>Rema</i> o término (signo de posibilidad)	<i>Ícono</i> (analógico)
<i>Segundidad</i> (diádica)	Manifestación o hecho (reacción)	<i>Representamen</i> (sínico)	<i>Sinsigno</i> (acontecimiento)	<i>Proposición</i> o dícisigno (signo de realidad)	<i>Índice</i> (metonímico)
<i>Terceridad</i> (triádica)	Destino o ley (mediación)	<i>Interpretante</i> (semiósico)	<i>Legisigno</i> (ley)	<i>Argumento</i> (signo de verdad o razón)	<i>Símbolo</i> (metafórico)
			<b>Tricotomía sintáctica</b>	<b>Tricotomía pragmática</b>	<b>Tricotomía semántica</b>
<b>Clasificaciones de signos con base en las posibles relaciones entre entes semiósicos</b>					

## II

### **Dimensión sintáctica**

Como se adelantó en la introducción de la tesis este capítulo desarrolla el argumento de que la Figura 1 es un medio para *visualizar* algo coherente sobre el microcosmos, el cual, a su vez, es *observado* a través del Experimento ATLAS. Con ese objetivo el análisis sintáctico versará, en primera instancia, sobre las convenciones representacionales que incidieron en la creación de la Figura 1. En segunda instancia, se explicará la realización material de la observación y sus motivaciones tecnológicas; y en tercera instancia, se ahondará en cómo la observación fue sustentada epistemológicamente e interpretada conceptualmente.

#### **Representación visual de la observación**

La Figura 1 fue creada teniendo en cuenta metas comunicacionales y arbitrariedades pictóricas. Es decir, es una representación visual sujeta a una convencionalidad. Más específicamente, la Figura 1 posee características atribuibles a dos tradiciones experimentales en la microfísica que han sido descritas por Galison (1997 y 2002): la tradición *lógica* (basada en métodos estadísticos y dispositivos electrónicos que proporcionan masas de datos cuantitativos), y la *imaginística* (que emplea imágenes nítidas de sistemas o fenómenos naturales)<sup>29</sup>.

A comienzos de los años 80 se construyeron los primeros detectores gigantes de partículas, y se hizo necesario coordinar en un mismo experimento a un equipo numeroso de científicos. Esto provocó un cambio en la organización **gráfica de las imágenes en física cuántica, de tal modo que “por primera vez los datos obtenidos por un detector electrónico eran reconocidos como “pictóricos”,**

---

<sup>29</sup> Recomiendo revisar a Guevara (2015: 79-82) para ahondar sobre las tradiciones representacionales en física de partículas.

con un detalle disponible previamente sólo en la tradición de la imagen” (Galison, 1997: 570)”.

Desde entonces, las imágenes forman parte indispensable en la comunicación interna y externa de resultados en ese tipo de proyectos multimillonarios estadounidenses y europeos, dado que comunican exitosamente los resultados de laboratorio a varias comunidades de especialistas.

En este contexto, es mediante herramientas informáticas y de realidad virtual (Bryson, 1996: 64)<sup>30</sup> que la Figura 1 encarna en un escenario abstracto **pero euclidiano que permite un primer nivel de interpretación o “coordinar con éxito las percepciones y las acciones instrumentales de observadores situados en posiciones diferentes” (Radder, 2005: 106). Así, al estandarizar o *convenir* los procesos observacionales “los resultados se vuelven más fácilmente notables para un grupo más extenso de científicos” (Radder, 2005: 64).**

Hoy día esa convencionalidad pictórica es tan importante que la presentación visual de evidencias en física requiere de programadores, ingenieros en sistemas, diseñadores de interfaces, diseñadores gráficos, y otros especialistas en software para la elaboración coherente, estética (Frenkel, 2002: 29) y detallada de diagramas, mapas, gráficas, tablas, ilustraciones, fotografías, simulaciones y **visualizaciones computarizadas (Mogoş, 2012: 13).**

El código cromático y geométrico que estructura a la Figura 1 se caracterizaría, entonces, como uno con reglas combinatorias u oposicionales (Sisto, 1998: 20). Esto se debe a que el ideal representacional (fundamento o *ground* en términos de Peirce) de la Figura 1 es causal si se tiene en cuenta que su arbitrariedad gramatical o reglas sintácticas de inclusión y fidelidad (Weisberg,

---

<sup>30</sup> Bryson define a la visualización científica, en tanto realidad virtual, **como “el empleo de gráficas computarizadas para crear imágenes visuales que asisten en el entendimiento de representaciones numéricas complejas (frecuentemente masivas) de conceptos científicos o resultados” (1996: 64).** Asimismo, cabe mencionar que para este autor un modelo visual ha de ser considerado análogo a nuestro modelo perceptual del mundo visible si articula los siguientes elementos sintácticos: color, forma, iluminación, textura, topología y movimiento (2001: 570); como es el caso de la Figura 1.

2007: 648) se enfocan en la estructura y productos de un solo choque protónico de entre todos los que ocurrieron en los intentos de observación<sup>31</sup>.

O sea, a fin de conservar su poder explicativo, la Figura 1 omitió el ruido visual de otras colisiones que ocurrieron simultáneamente durante la medición en el LHC, lo cual permite la “identificación de los factores causales centrales que dan lugar al sistema, no de todos los detalles” (Weisberg, 2007: 658).

Los ideales representacionales y comunicacionales de la Figura 1 son comparables a los de un mapa porque, con una meta cognitiva, amplifica, une, separa, omite y elimina lo que es pertinente visualizar. Es decir, bajo el principio de la abstracción en cartografía (Winther, 2014: 10, 17), la Figura 1 busca ser una generalización apropiada a fin de proveer información específica.

Bajo esta lógica, para Barceló la Figura 1 compondría un modelo visual a **medida que su principal objetivo es “el análisis espacial de correlaciones causales: cómo la distribución espacio-temporal de una acción tiene influencia sobre la distribución espacio-temporal de otra acción o acciones” (Barceló, 2001: 571).** Relación que, reitero, posee un fundamento probabilístico o necesario.

En resumen, la Figura 1 es heredera de ese cambio epistémico que implicó **una hibridación de las tradiciones lógica e imaginística en “imágenes electrónicamente generadas y computacionalmente sintetizadas” (Galison, 1997: 21).** Al igual que los artículos científicos del ATLAS, esta imagen es parte de una obra que concentra, de manera consensuada y arbitrada, el paradigma imaginístico de una colectividad de especialistas. La Figura 1, entonces, nace de un ímpetu o *momentum* histórico que es favorable para compatibilizar los criterios representacionales de la física experimental de altas energías.

---

<sup>31</sup> Por ejemplo, los datos experimentales publicados en julio de 2012 por ATLAS y CMS correspondían a un trillón de colisiones protónicas en el LHC realizadas entre 2011 y 2012.

## **Realización material de la observación**

Analizar a la Figura 1 en esta dimensión de significación requiere entender más profundamente el papel de las capacidades tecnológicas y limitaciones físicas (motivación) en la observación del Higgs. Para ello han de tenerse en cuenta las siguientes implicaciones.

Nuestra *visión* orgánica depende de un rango limitado del espectro electromagnético de absorción y emisión de la materia. Nuestra *percepción* tiene límites cognitivos (p. ej. aunque pudiéramos ver con nuestros propios ojos las 40 millones de colisiones subatómicas que ocurren en cada evento de ATLAS, seríamos incapaces de asimilar y retener tanta información visual en tan poco tiempo). Las técnicas de *visualización* científica tiene límites computacionales al momento de diagramar o representar visualmente la complejidad de la naturaleza de la manera más fiel posible. Este problema tripartito en la observación y representación científicas ha sido resumido por Gómez de la siguiente forma:

En algunos casos se trataría de una invisibilidad técnica, mientras que en otros simplemente nos referimos a cosas que son por principio no visibles [...] **Continuamente se nos ofrecen representaciones visuales de sistemas físicos que en realidad nunca han sido vistos, ni a simple vista ni con instrumental óptico, sino que son la reconstrucción visible de un fenómeno a partir de datos de naturaleza no visible (las imágenes resultantes de las resonancias magnéticas, las obtenidas en astrofísica con los radiotelescopios, etc.). Quizá estos tipos de imágenes sean la mejor confirmación de algo que ya dijo Gombrich: que las imágenes científicas no pretenden representar lo que se ve, sino hacer visibles las cosas” (López, 2005: 95-96).**

Por ejemplo, los mapas con las rutas migratorias de las aves representan un fenómeno que no necesariamente es invisible, pero que sí es improbable de observar en su totalidad: se trata de una invisibilidad técnica. En cambio, una



cosa invisible per se es la materia oscura dado que no absorbe, refleja o emite luz (no interactúa con la fuerza electromagnética). Este fenómeno sólo puede ser detectado a partir de sus efectos gravitacionales en la materia ordinaria, la cual compone sólo el 4% del universo observado: se trata de una invisibilidad ontológica o esencial.

Es en este sentido que los medios tecnológicos (Barceló, 2001: 570) involucrados en la estructuración gráfica de la Figura 1 se vuelven una parte relevante de su significación y, más particularmente, de su interpretación sintáctica. Con esta premisa se esbozarán las características tecnológicas del Detector ATLAS o el dispositivo principal que hace posible acceder epistémicamente u observar el choque subatómico.

Se trata de un aparato con un peso de 7,000 toneladas que consiste de cuatro componentes principales: un calorímetro (mide la energía de cada partícula), un espectrómetro muónico (identifica y mide el *momentum* o cantidad de movimiento de los muones), un sistema de magnetos (curva la trayectoria de las partículas cargadas para la medición del *momentum*), y un detector interno (mide el *momentum* de cada partícula cargada) <sup>32</sup>.

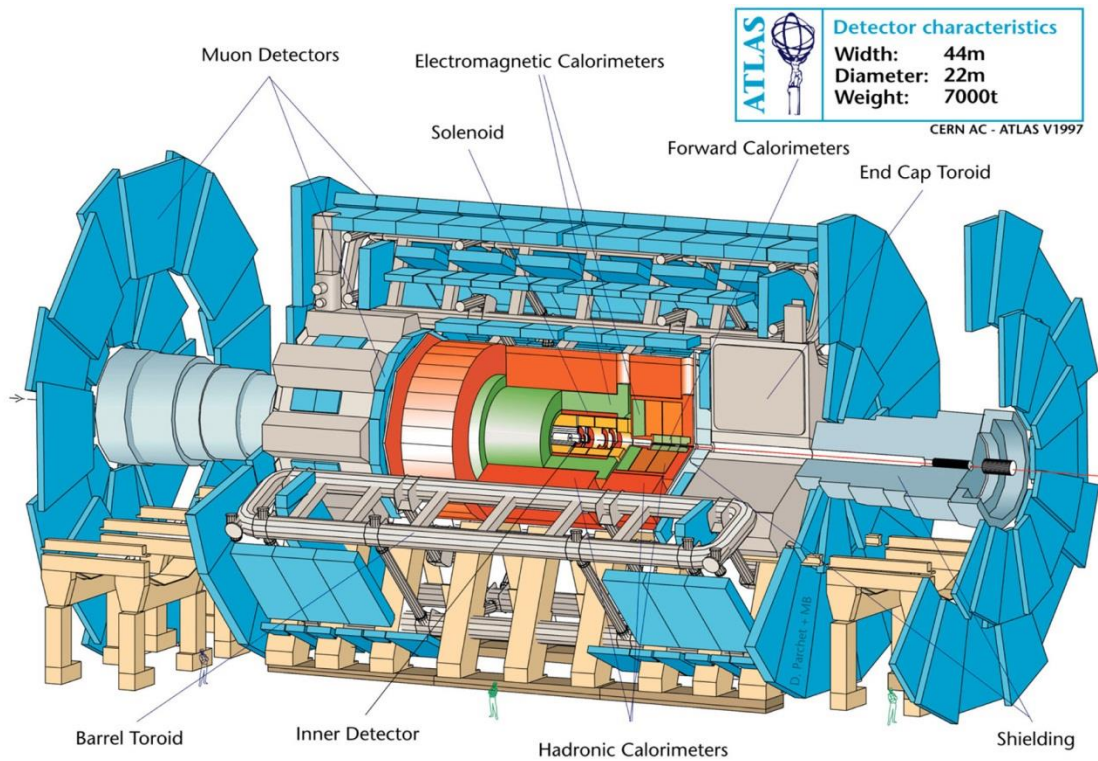
---

<sup>32</sup> Una descripción técnica del funcionamiento del detector, así como un video monográfico de sus componentes pueden encontrarse respectivamente en las siguientes direcciones web:

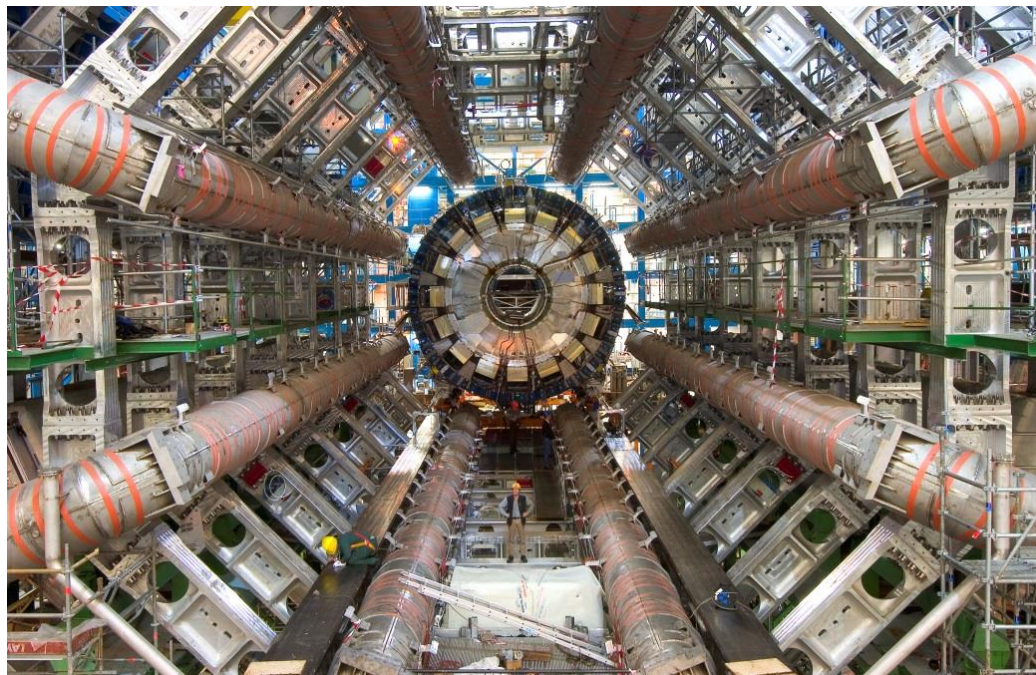
<http://www.atlas.ch/pixel-detector.html>

<http://www.atlas.ch/detector.html>

De igual forma, existen artículos científicos con las especificaciones técnicas utilizadas para la construcción del detector, así como de los demás componentes tecnológicos del Experimento ATLAS: G. Aad et al, "ATLAS pixel detector electronics and sensors" (*Journal of Instrumentation*, 2008); y The ATLAS Collaboration et al, "The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider", (*Journal of Instrumentation*, 2008). Para visualizar más fotografías y esquemas explicativos sobre ATLAS recomiendo visitar la dirección <http://hedberg.web.cern.ch/hedberg/home/atlas/atlas.html>



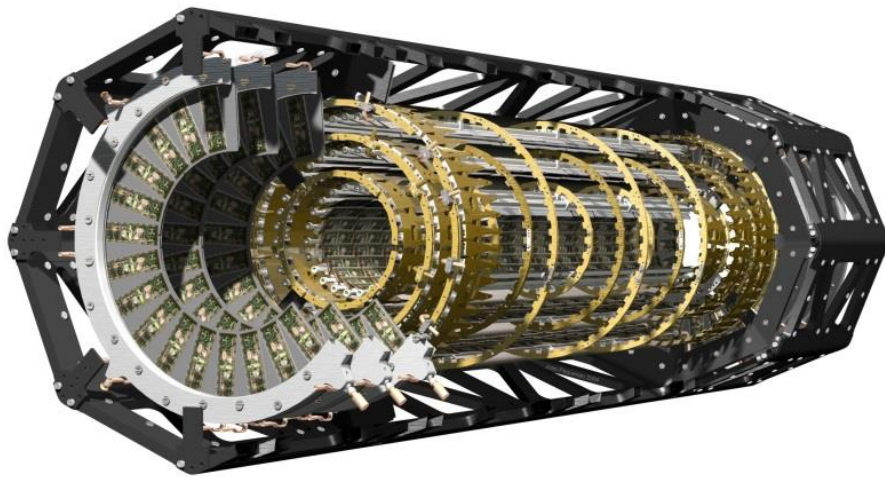
**Esquema de los subsistemas del Detector ATLAS. (Imagen: CERN).**



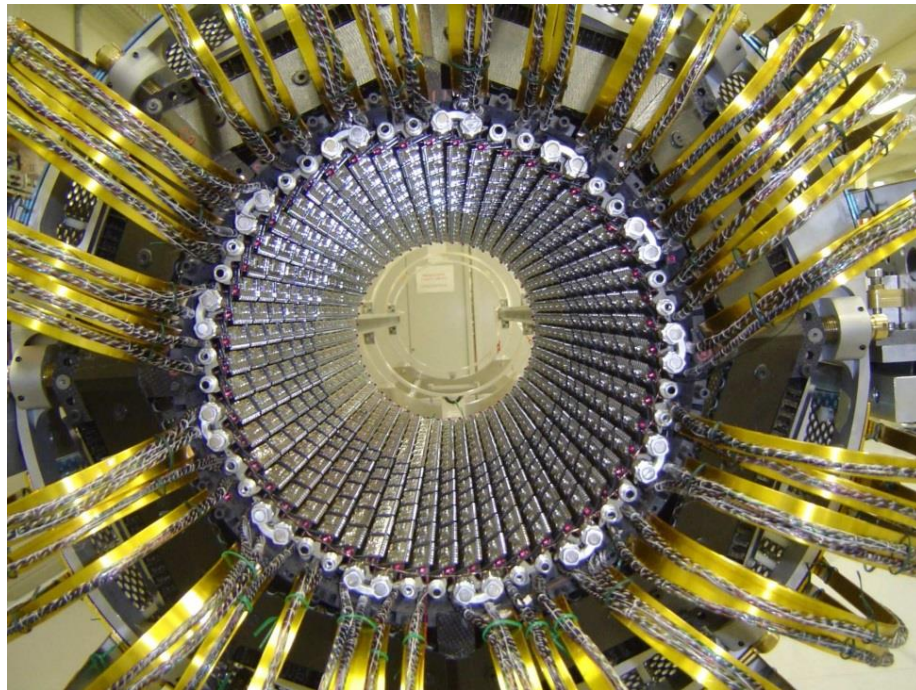
**Fotografía panorámica del Detector ATLAS. En ella se pueden apreciar dos ingenieros del LCH (Imagen: CERN).**



A su vez, el detector interno consiste de tres subsistemas: un Detector de Radiación de Transición (Transition Radiation Tracker), un Rastreador Semiconductor (Semi-Conductor Tracker) y un Detector Píxel (Pixel Detector). Este último, la parte más céntrica y sensible de todo el aparato, captura 600 millones de imágenes por segundo a fin de poder rastrear selectivamente los escombros resultantes de los 40 millones de colisiones subatómicas que ocurren en cada evento experimental durante esa misma cantidad de tiempo.



**Modelo tridimensional del Detector Píxel. (Imagen: CERN).**



**Fotografía del interior del Detector Píxel. (Imagen: CERN).**

Luego de que se activan los indicadores electromagnéticos del Pixel Detector, la información es transformada en imágenes de 80 millones de píxeles; es decir, en imágenes con una resolución y cantidad de información miles de veces superiores a las de una imagen en formato IMAX.

De acuerdo con Neal Hartman, ingeniero mecánico encargado del Píxel Detector, ATLAS captura la geometría de nuestro mundo en una **“reconstrucción visual de datos reales [...] en el sentido de que puedes procesar los bits en una manera predecible y regular para convertirlos en lo que llamamos una fotografía”<sup>33</sup>**.

De esta forma la Figura 1 posee una sintaxis u organización formal que obedece a la indexicalidad de sus píxeles toda vez que éstos funcionan idealmente como pistas unívocas de la presencia de ciertos objetos. En otras palabras, la imagen puede ser considerada como una condensación geométrica de índices porque la obtención de estos últimos se valió de dispositivos mecánicos sensibles a reacciones físicas.

A partir de la identificación cuantitativa y cualitativa de fragmentos específicos se reconstruye visualmente o visualiza coherentemente un escenario más general. La Figura 1 es, entonces una *imagen mecánicamente producida* (MPI por sus siglas en inglés) ya que es el producto denotativo de:

**...técnicas de imaginología automatizadas que involucran la interacción** entre un espécimen y una tecnología, lo cual produce una gama visible de dos dimensiones que es impresa o desplegada en una pantalla. Las representaciones visuales que no califican como MPI incluyen dibujos, diagramas y gráficos que carecen de la conexión automatizada entre el espécimen y la figura (Perini, 2012: 154).

---

<sup>33</sup> Cfr. *Subatomic: The European Organization for Nuclear Research* (2015), documental realizado en 2013 por Arthur Ou. Este filme es la quinta entrega de una serie documental titulada *The Invisible Photograph*, hecha en colaboración con el CERN para el Museo Carnegie de Arte en Pensilvania, Estados Unidos. Para visualizar el video recomiendo visitar la siguiente dirección: <http://www.nowseethis.org/invisiblephoto>

De manera similar a Heisengerb, en cuanto a las MPI, considero revelador describir el papel humano<sup>34</sup> del diseño experimental en la visualización de **eventos físicos porque “el instrumento de medición ha sido construido por el observador, y tenemos que recordar que lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de cuestionamiento”** (2000: 24-25).

En este contexto, no debe perderse de vista que el Experimento ATLAS es un ejercicio de verosimilitud y no necesariamente la reproducción mimética de lo que sucede en la naturaleza:

**...los experimentos científicos son** vehículos de ejemplificación. No se proponen replicar lo que sucede en la naturaleza. En vez de eso, seleccionan, resaltan, controlan y manipulan las cosas de manera que las propiedades de interés sean puestas en primer plano y se hagan manifiestas sus **características e interacciones” (Elgin, 2009: 82).**

Dado que su aspiración es facilitar la lectura unívoca de esas interacciones o terceridades —con base en criterios denotativos o referenciales— la primera función pragmática que cumple la Figura 1 es la de estar codificada sintácticamente porque los científicos de ATLAS son sus primeros usuarios, quienes posteriormente la emplearon como una referencia ilustrativa e informativa en la comunicación pública de los resultados oficiales del experimento. Es decir, la imagen es lo mínimamente precisa como para estar en concordancia con la evidencia cuantitativa, y lo suficientemente simple como para que un observador no experto *visualice* el resultado del experimento científico.

---

<sup>34</sup> Se ha propuesto que la dinámica del mundo cuántico no es independiente de la intervención humana. Algunos científicos creen que el acto mismo de la observación microfísica incide en el resultado o resolución de ciertos estados cuánticos de laboratorio (Denkmayr, et al. 2014), por ejemplo en las paradojas relacionadas con el famoso colapso de onda, como el emblemático **experimento del ‘gato de Schrödinger’**.

## Sustento epistemológico de la observación

En el capítulo anterior se explicó a grandes rasgos que los resultados del Experimento ATLAS fueron lo suficientemente satisfactorios como para anunciar públicamente —con ayuda de la Figura 1— la observación exitosa del bosón Higgs.

En ese mismo sentido ahora es pertinente explicar la relación de justificación que hay entre la evidencia experimental de ATLAS y la coherencia gráfica (sintaxis) de la imagen (representamen). Esto es, se ahondará en cómo las relaciones semióticas que van de lo particular a lo general (inductivas) no sólo sustentan a la evidencia empírica, sino también a las representaciones visuales divulgativas que se basan en ella, como es el caso de la Figura 1.

La evidencia experimental de ATLAS es considerada *confiable* al ser respaldada por una comunidad científica internacional, y por ser compatible con los resultados obtenidos en proyectos paralelos de su misma magnitud, como el Experimento CMS; también es considerada *probable* por su consistencia estadística lograda tras un número significativo de colisiones; y, en suma, es considerada *probatoria* a medida que infiere inductivamente la existencia de un fenómeno que antes sólo era hipotético o deductivo.

En pocas palabras, ATLAS provee evidencias demostrativas en el sentido de que **“la evidencia demostrativa sostiene, principalmente, que el *indicio* entre la cosa observada y aquella cosa que indica debe ser *necesario*” (Guillaumin, 2005: 46)<sup>35</sup>**. Son los productos de decaimiento (objeto observado) los que indican la presencia efímera del Higgs (el objeto inferido o visualmente ausente).

De esta manera el bosón de Higgs es científicamente considerado como un objeto existente u ostensible para nuestra realidad cósmica, al igual que lo son la

---

<sup>35</sup> De acuerdo a Guillaumin (2005: 19) históricamente la evidencia científica ha sido cuestionada y validada a través de las nociones interdependientes de: a) la confiabilidad o credibilidad de la observación (evidencia observacional); b) el grado de probabilidad para determinar si una cosa observada indica o implica a otra (evidencia inductiva); y c) la posibilidad de inferir empíricamente la existencia de un fenómeno (evidencia probatoria). Teniendo en cuenta estas tres dificultades de epistemología empírica es que relaciono la noción peirceana de *inducción* con el término de *evidencia científica*.

sinapsis neuronal, el tiempo, la materia oscura, entre otros fenómenos que no pueden ser vistos directamente, sino inferidos y visualizados.

En términos peirceanos, en este nivel semiósico el muón (línea roja) y el electrón (línea azul) son el vehículo sígnico (representamen) que, a través de una interpretación inductiva (interpretante), significan una de las posibles manifestaciones de un bosón Higgs (objeto o un representamen más desarrollado).

Esto quiere decir que la observación empírica e instrumental del Higgs es la etapa *inductiva* en la argumentación o inferencia científica, la cual también consiste de la abducción<sup>36</sup> y la deducción. En este caso, la etapa abductiva consistiría en la proposición de un argumento o hipótesis original con el cual Higgs y sus colegas intuyeron la existencia del campo escalar a partir de lo que la experiencia científica ha sugerido. Es decir, generaron un conocimiento teórico a partir de una posibilidad o primeridad.

Por su parte, la etapa deductiva consistiría en la operacionalización conceptual de la hipótesis. A través de los artículos sobre el mecanismo de Higgs, publicados en 1964, se dedujo y predijo, desde lo general, el posible resultado particular de una experimentación o segundidad.

Finalmente en 2012, con miras a verificar ese conocimiento teórico, ATLAS comprobó experimentalmente la hipótesis<sup>37</sup> a través de la observación. Desde ese entonces, esta última respalda a una terceridad o conocimiento predictivo sobre

---

<sup>36</sup> La abducción o retroducción es considerada por Peirce (CP 5.181) como la esencia misma del espíritu humano o nuestra conciencia semiósica sobre cosmos. En este sentido Beuchot **caracteriza a la abducción como “la lucha contra la vaguedad, el lanzamiento de hipótesis que surgen de la admiración y que nos mueven a arrancar lo que podamos de conocimiento preciso a todo ese cúmulo de ambigüedad que hay en el mundo” (2014b: 92). Particularmente, para Peirce la abducción y la inducción son opuestas: la primera nace de la experiencia para luego sugerir una hipótesis (CP 2.755), la cual ha de ser puesta a prueba por la inducción (CP 2.755).**

<sup>37</sup> **En este punto es de aclararse que “la masa real del bosón de Higgs no es predicha por la teoría, sino sus propiedades de producción y decaimiento. Los teóricos utilizaron éstas para calcular las circunstancias en el LHC bajo las cuales el bosón, asumiendo que existe, podría aparecer más nítidamente [...] Para un bosón en la región cercana a 125 GeV, donde fue eventualmente confirmada, éstas propiedades incluyeron el decaimiento en dos fotones y en cuatro leptones” (Close, 2014: 298).**

la naturaleza que, además de ser enunciado lingüísticamente y de ser plasmado matemáticamente como una ley física, también es representado visualmente en modelos, gráficas, diagramas, etcétera.

De manera similar a un modelo científico, la Figura 1 es un apoyo cognitivo o una herramienta epistémica (Knuuttila, 2011) para revelar visualmente y explicar, mediante inferencias deductivas (Sugden, 2008: 477-496), algo que es considerado como una verdad metafísica que rige a nuestra realidad corpórea.

En otras palabras, el propósito de la Figura 1 es exhibir cómo una o más capacidades físicas operan en un mundo cuántico que se retrata como visualmente análogo al nuestro (Cartwright, 2009: 57)<sup>38</sup>. Por tanto, aunque las leyes cuánticas discrepen con nuestras intuiciones más básicas sobre los objetos materiales y visibles (Denkmayr, et al. 2014), sus representaciones visuales aspiran, en principio, a volver *visualizable* (Vega, 2012: 64) a ese mundo contrafáctico, cuya lógica fundamental es explicada por el modelo estándar de física de partículas.

De este modo la Figura 1 es una representación visualmente perceptible **para el fanerón o una visualización que “logra acceso epistémico a las características del objeto que de otra manera sería difícil o imposible discernir”** (Elgin, 2009: 80).

Asimismo, la manera inductiva en que es sustentada la observación también depende del paradigma científico que la justifica históricamente —el modelo estándar de física de partículas en este caso—. Esto se debe a que la experimentación es precedida por una idealización causal del sistema físico cuya **dinámica espera ser explicada por la teoría; en palabras de McMullin: “las leyes teóricas derivadas del modelo logran una concordancia aproximada con las leyes empíricas que reportan la observación” (1985:264).**

No obstante, concuerdo con Allamel-Raffin (2011) y Perini en cuanto a que es el diseño experimental el que determina, en gran parte, la pertinencia

---

<sup>38</sup> (Barceló, 2001: 570).



conceptual de la interpretación cualitativa de resultados cuantitativos, los cuales, de otra forma, sólo serían datos en bruto:

La selectividad de la técnica de imaginología provee una restricción en la interpretación que conserva un vínculo con el espécimen. Esto provee una relación no arbitraria entre la forma visible de la información y su contenido representacional, porque la selectividad del proceso imaginológico determina el tipo de información que la técnica de imaginología puede encarnar en una imagen (Perini, 2012: 166).

Desde esta perspectiva la observación empírica —precedida por un estado de duda general (¿cuál es el origen de la masa?)— lleva a un estado de creencia particular (el campo de Higgs es responsable por las masas de las partículas elementales) y, a su vez, a un nuevo estado de duda: ¿hay más partículas elementales?, ¿el valor del campo de Higgs ha cambiado?, ¿el cosmos es una supersimetría o un multiverso?, etcétera.

Hasta este punto se ha argumentado que los elementos gráficos de la Figura 1 (representamen) representan a la colisión subatómica (objeto) a través de índices que en la dimensión sintáctica de la significación reclaman una lectura (interpretante) unívoca o metonímica donde los signos se corresponden unidireccionalmente o monosémicamente con otros para proporcionar coherencia respecto a lo observado por el Detector ATLAS.

De igual forma, se explicó que la Figura 1 fue concebida interdisciplinariamente a través de un proceso observacional que implica, por un lado, una realización material (percepción tecnológicamente mediada) y, por el otro, una interpretación conceptual (Radder, 2005) sustentada epistemológicamente la indexicalidad.

No obstante, concuerdo con Lizarazo (2004)<sup>39</sup> en cuanto a que la indexicalidad de las imágenes no es sustentada por una sola magnitud de significación. Particularmente, la Figura 1 tiene implicaciones *pragmáticas*, *semánticas* y hermenéuticas (Gibbons, 2008) a medida que trasciende en contextos pragmáticos ajenos al laboratorio, y conforme se inscribe en la cultura científica o "la totalidad de representaciones, prácticas y valores vinculados a la ciencia" (Montañés, 2010: 212). Con esta premisa, la serie de argumentos que guiarán los siguientes dos capítulos se enfocarán en la pragmática y la semántica, dimensiones semióticas complementarias e indisolubles.

---

<sup>39</sup> **Más específicamente me refiero a que ese autor ha expresado que “la validez de la imagen no se halla en sus índices de realidad (producibles digitalmente) sino en una frágil y evanescente voluntad de verdad de las instituciones y empresas con poder para generarlas y exhibirlas públicamente, más que en contratos objetivamente articulados” (Lizarazo, 2004: 248).**

### III

## Dimensión pragmática

En el capítulo anterior se argumentó que la Figura 1 fue codificada *sintácticamente* como un conjunto de índices a fin de ser científicamente coherente. Para comprender las implicaciones semióticas de ese proceso observacional y representacional, la Figura 1 fue caracterizada aprovechando contribuciones teóricas existentes en filosofía sobre el tema de abstracción e idealización en modelos científicos.

Ahora, en este apartado se desarrolla la idea de que la Figura 1, además de ser científicamente coherente a partir de inferencias inductivas, es estipulada y discursada *pragmáticamente* como un ícono a fin de ser útil en la comunicación pública de la física cuántica. Para ello, se retoman aportaciones teóricas importantes hechas en el marco de un debate existente en filosofía de la ciencia —comenzado por Goodman (1976), Van Fraassen (1980), Hacking (1983) y Giere (2004)— sobre la noción de *similitud* o parecido entre los modelos y el mundo natural.

Ello es pertinente porque tal discusión posee paralelismos notables con la que existe en semiótica sobre el concepto de *iconicidad* o analogicidad entre la imagen y su referente —a su vez sostenida entre Peirce (1958), Morris (1985), Eco (1979) y Sebeok (1996).

Ambos diálogos filosóficos —el primero puesto en términos de correspondencia y simetría, y el segundo en términos de arbitrariedad y motivación—, en el fondo, aluden a las nociones de *estipulación* e *interpretación* para explicar cómo es que una representación visual (ya sea un modelo u otro tipo **de imagen**) puede ser considerada por un grupo social como ‘similar’ o icónica a su referente, aunque la primera no posea características ontológicas del segundo.

En este marco, el estudio de la dimensión pragmática de la Figura 1 se organizará en torno a las nociones complementarias de *similitud* y

*convencionalidad, evidencia y prueba, e imagen y texto.* Finalmente, en este capítulo de la tesis también se propone la categoría de *funciones discursivas* para explicar cómo es que la Figura 1, en tanto es un texto visual (Zecchetto 2002: 245), puede volverse útil en la Comunicación Pública de la Ciencia (CPC) al conjugarse con textos verbales o lingüísticos.

## **Semejanza convencional**

Al examinar los límites de la noción de iconicidad peirceana, Eco (1978; 2000) propone que un ícono (p. ej. un cuadro paisajístico), en tanto manifestación signica, debería poseer tales condiciones de percepción sensorial que nos remita, a su vez, a las condiciones de percepción que se suscitarían ante el objeto real.

En este sentido, la significación de dicho retrato dependería de la codificación avalada por una experiencia posible, ya sea previa o posterior, de reconocimiento del objeto representado (e. g. la locación real que sirvió como modelo para el cuadro o, en su defecto, una que sea notablemente similar).

Por tanto, bajo este criterio analítico, la Figura 1, independientemente de su nivel de realismo posible, no podría considerarse propiamente icónica porque no hay una experiencia a priori o a posteriori que nos permita el reconocimiento sensorial del fenómeno subatómico per se, o de ninguno otro.

No obstante, para este análisis la iconicidad de la Figura 1 no es sinónimo de una similitud perceptual con su referente, el cual de hecho es imperceptible. El propósito de hablar sobre iconicidad en este capítulo es resaltar su dependencia respecto a la dimensión pragmática de la significación.

Es decir, la tesis descarta el criterio filosófico que consiste entender al ícono como un signo que comparte propiedades perceptuales reales con su objeto. Visiones como la anterior son insuficientes para plantear a la iconicidad en contextos pragmáticos, donde es más necesario ahondar en la noción de analogicidad en tanto *semejanza convencional*.

De acuerdo a Másmela (2006:60) y a Beuchot (en Lizarazo, 2007: 20) se puede decir que ese criterio analítico de Eco para definir como icónica o no a una expresión sígnica es limitado porque subsume la intencionalidad discursiva en contextos pragmáticos.

Sobre este mismo punto, Fló (2010), al revisar el concepto peirceano de iconicidad, afirma que es insuficiente e incluso ingenuo presuponer que un representamen es semejante de manera **'cualitativa' a un objeto**, sea este último imaginario o material. De manera similar, Downes concluye en un plano **ontológico que "las aproximaciones basadas en la noción de similitud no pueden asumir la carga epistémica colocada sobre ellas por algunos filósofos de la ciencia"** (2009: 418), como la de Giere (2004) y la de Peirce por ejemplo.

En el debate teórico actual sobre los roles de la imagen científica, los criterios de precisión visual ya no se consideran como los únicos relevantes a la hora de calificar como **válida** o **útil** a una imagen: "actualmente la representación es cuidadosamente distinguida de la verdad, exactitud y fidelidad" (Suárez, 2009: 7).

En tal sentido precisaré y complementaré la categoría de **ícono** a partir de implicaciones pragmáticas más amplias. Es decir, al igual que Luzon (1994), considero que la noción peirceana de **ícono** es apropiada en el abordaje de imágenes científicas siempre y cuando sea reformulada a partir de las contribuciones que Morris (1971) y el mismo Eco (1970, 1976, 1979, 2000) han sistemáticamente hecho a ella respecto a las condiciones ópticas (visibles), ontológicas (supuestas) y convencionales (codificadas) de la imagen.

Como se recalcó en el capítulo anterior, el acceso epistémico o la visualización de propiedades microfísicas del Higgs, a través de la Figura 1, no es automática sino que depende de las prácticas pictóricas convenidas entre los científicos y, a su vez, de la cultura visual por parte de los usuarios de la imagen.

Esto implica para nuestro análisis semiótico que la Figura 1 puede ser abordada como un representamen icónico o análogo cuyo éxito representacional radica en que sus creadores **estipulan** y sus observadores **asumen** que la imagen

es **análoga a su objeto abstracto** “en aspectos y grados relevantes” (Downes, 2009: 418). La significación icónica depende de una interpretación analógica a medida que, por un lado, la Figura 1 reproduce un sentido denotativo y, por el otro, lo crea en una adecuación semántica.

Lo que aquí está en juego es el hecho de que se necesita un contrato pragmático implícito en el cual la Figura 1 sea considerada como un **sustituto válido** del fenómeno invisible, en primer lugar, por una autoridad científica (Johnson, 2008) y, en segundo lugar, por una comunidad de usuarios.

En otras palabras, concuerdo con Lizarazo (2004: 28-32) y con Reséndiz respecto al hecho de que la iconicidad de las imágenes no está determinada por un conjunto inherente de propiedades, sino por convenciones y expectativas comunicacionales entre los productores y observadores respecto a lo que puede ser **denominado como ‘realista’**:

“...la iconicidad debe ser definida en términos de ilusión referencial; es decir, como el resultado de un conjunto de procedimientos discursivos, elaborados sobre la concepción relativa de lo que cada cultura concibe como “realidad”, y sobre la ideología “realista” asumida por los productores y por los espectadores —sobre todo los espectadores— **de las imágenes**” (Reséndiz, 1996: 80).

Con motivo del debate semiótico introducido en las páginas previas, Luzon afirma que “**el signo icónico no comparte ninguna propiedad con el objeto, sino con nuestro modelo perceptual del objeto**” (1994: 369). Y, por su parte, en cuanto al debate en filosofía de la ciencia, Downes ha expresado una conclusión similar: “**muchos modelos científicos icónicos parecen asemejarse a sus objetos pero esto es en gran medida porque hemos desarrollado un entendimiento de esos objetos a través de considerar el modelo**” (2009: 421).

En concordancia, Gómez señala que la similitud entre objeto y representamen no se da en el plano perceptual, sino que “...depende de un

complejo entramado de experiencias, de conocimientos previos y de presupuestos **teóricos [...] de las intenciones del productor** de la imagen y de sus expectativas de **que esa similitud sea bien interpretada” (2005: 113).**

En efecto, esto es lo que sucede con la Figura 1. A partir de la experiencia sensorial no podemos poseer un código icónico ni modelo perceptual del bosón de Higgs y su peculiar ambiente subatómico, sino a partir de la imagen modelística pública que se estipula sobre él, la cual cuál se ha actualizado y diversificado desde que Peter Higgs asentó matemáticamente su teoría en un artículo impreso.

Aunado a lo anterior, la iconicidad es respaldada por prácticas sociales de acuerdo a las cuales los objetos y sus signos son considerados como similares o adecuados porque son equivalentes y útiles para propósitos comunicacionales. En **otras palabras “el iconismo depende del conocimiento de las reglas de uso de los objetos, reglas que instituyen algunos de esos objetos como signos” (Zeccheto, 2010: 231).**

**Asimismo, ha de tenerse en cuenta que “...para Peirce la analogía es la iconicidad, ya que es donde mejor se aprecia la semejanza” (Beuchot, 2014a: 284); y que “...la semejanza se capta gracias a las costumbres comunitarias y la iconicidad es la que permite la comunicación” (Beuchot, en Lizarazo, 2007: 20).**

En este sentido es que en la CPC se hace un uso icónico de las imágenes: a los apoyos visuales en ciencias se les interpreta y se les trata como tales —y no como meros conglomerados de datos cuantitativos— en función de competencias culturales y prácticas contextualizadas por dimensiones de significación. Esto es argumentado igualmente por Vega:

Su valor epistémico se enraíza en formas de interpretación icónica, inseparables de su proceso de manipulación y de articulación con **diferentes medios y dispositivos (figurativos o no) [...] por un lado** reclaman capacidades icónicas de reconocimiento y, por otro, se articulan en procesos de transformación y organización **<<discursiva>> [...] parte de la credibilidad de estos dispositivos**

visuales, a pesar de las apariencias contrarias, está en función de **que sean tratados como imágenes [...] las imágenes son** interpretables si son encuadradas en procesos de mediación en los que esencialmente intervienen instrumentos y decisiones (motivadas) de agentes epistémicos (2012: 43, 49, 57).

Con estas consideraciones diremos que la Figura 1 sí es icónica, pero porque los contextos pragmáticos lo permiten. Y, por el otro lado, en concordancia con Sebeok (1996) entendemos que el estudio de los íconos no debe someterse a criterios puramente formales y perceptuales. Debe considerarse la intencionalidad, convencionalidad e interpretación de los usuarios (Gómez, 2005: 109).

### **Contratos icónicos**

En la comunicación científica de hallazgos experimentales las imágenes han desempeñado roles de *persuasión* (Perini, 2012: 158) (Mogoş, 2012: 13) (McCabe y Castel, 2007) (Luzon, 1994: 367) y *argumentación* (Vega, 2012: 42), mientras que los signos indexicales o inductivos han sido empleados epistemológicamente como *evidencias demostrativas* (Guillaumin, 2005: 45, 51).

Aunque han recibido tratamientos distintos y desproporcionados en la filosofía de la ciencia (Downes, 2009: 419) y han sido motivo de discusión epistemológica, se ha hecho evidente el hecho de que esos roles semióticos están sujetos a *interpretaciones* dentro y fuera del discurso científico que son guiados por el texto lingüístico que las acompaña.

Dichas interpretaciones sobre el valor epistemológico de las imágenes se han caracterizado por gravitar en torno a las nociones de *evidencia* (demostración) o de *prueba* (comprobación). La primera ha sido juzgada en términos de verosimilitud o inverosimilitud, y privilegia los aspectos no lingüísticos del discurso; mientras que la segunda se somete a cuestionamientos de verdad o falsedad, y privilegia a la coherencia lingüística del discurso.



Es mediante la estipulación lingüística que se fundamentan dos tipos de contratos icónicos al momento de estudiar a la Figura 1 en la dimensión pragmática: el de *verosimilitud* y el de *veracidad*. El primero se trata de un compromiso implícito de creencia por parte del observador que consiste en **formar parte del juego representacional y “aceptar especialmente la ficción visual como realidad” (Lizarazo, 2004: 243).** Esta clase de significación, es incompatible con criterios analíticos de verificación empírica. La razón de ello es que la competencia icónica del intérprete radica en saber que la imagen es necesariamente fictiva o modelística, pero verosímil. Es decir, bajo este contrato, la Figura 1 es utilizada sólo como una evidencia verosímil o una proposición cuyo fin es ser válida porque *parecer ser* (Másmela, 2006: 58).

En cuanto al contrato icónico de veracidad (Lizarazo, 2004: 246), hablamos de una convención explícita basada en la autoridad moral por parte de los creadores de **la imagen, que garantiza su transparencia y su “objetividad”.** Bajo esta pragmática, la imagen es avalada institucionalmente como un argumento o prueba verdadera gracias a la comunidad involucrada en su codificación sintáctica y en el esclarecimiento de sus implicaciones intertextuales o lectura.

Esto último implica aceptar al representamen en función del texto lingüístico que la acompañe como una referencia documental o informativa satisfactoria que puede someterse a juicios constatativos e inductivos sensatos. Expresado de otra forma, con este contrato la Figura 1 sería referida como una prueba que consolida visualmente a un conocimiento predictivo porque se explicita la postura oficial adoptada ante la imagen. De acuerdo a Lizarazo tales estrategias analógicas de construcción icónica dependen de lo siguiente:

El acto icónico no proviene entonces ni de una experiencia subjetiva interna del vidente ni de unas propiedades materiales inmanentes al artefacto icónico. La significación icónica se gesta en el encuentro entre un observador dispuesto y un objeto visual en condiciones físicas y sensibles **adecuadas [...] la imagen se elabora con base en reglas semánticas,**

sintácticas y pragmáticas propias del horizonte hermenéutico cultural que las organiza y prescribe. En última instancia se trata de un asunto sociológico: determinados movimientos culturales e históricos trazan los rasgos de lo icónicamente esperable para cada clase de relación, y esto se halla garantizado en el contrato icónico correspondiente (2004: 227, 228 y 232).

En pocas palabras, además de poder fungir como pruebas, algunas imágenes científicas pueden ser utilizadas con propósitos encaminados a persuadir (McCabe y Castel, 2007) a sus observadores sobre la veracidad de una **hipótesis: “los científicos no sólo incluyen imágenes en sus artículos publicados; las incorporan en argumentos como representaciones que apoyan la hipótesis defendida en el texto, y las evalúan como tales” (Perini, 2012: 153-154).**

Por otro lado, las imágenes científicas como la Figura 1 son convincentes porque somos invitados a leerlas como si se trataran de representaciones inmediatas y directas de objetos reales. Esto es, las imágenes científicas que retratan al mundo componen una metarrealidad porque son parte de un discurso pragmático capaz de proveer una ilusión referencial de realidad<sup>40</sup> avalada por una autoridad (Vega, 2012: 50). Esto sucede con el bosón de Higgs en cuanto a que **“...es algo que le cuesta trabajo a la gente entender. Pero si les muestras una imagen como ésta, la imagen vuelve al concepto más tangible, lo vuelve real”<sup>41</sup>.**

De manera similar, las tomografías por emisión de positrones no son **‘fotografías’ del cerebro y su actividad electromagnética, sino el resultado de la manipulación estadística realizada en mediciones complejas por aparatos electrónicos.** Es decir, las imágenes científicas mecánicamente producidas son

---

<sup>40</sup> Ahondaremos en las nociones dialécticas de *realidad* y *verdad* a principios del capítulo IV.

<sup>41</sup> Declaración de Neal Hartman, ingeniero mecánico encargado del Píxel Detector de ATLAS. Cfr. *Subatomic: The European Organization for Nuclear Research* (2015), documental realizado en 2013 por Arthur Ou. Este filme forma parte de una serie documental de cinco entregas llamada *The Invisible Photograph*, realizada en colaboración con el CERN para el Museo Carnegie de Arte, en Pensilvania, Estados Unidos. Para visualizar la quinta entrega del documental recomiendo visitar la siguiente dirección: <http://www.nowseethis.org/invisiblephoto>

parte de una retórica visual (Dumit, 2004) con repercusiones visibles en ámbitos públicos (Frenkel, 2002).

En este contexto, la Figura 1 no funge en la CPC cada vez como una prueba empírica, sino como una evidencia en el sentido de que demuestra de manera verosímil los resultados de una investigación especializada: nos convence sobre la posibilidad de visualizar el bosón de Higgs.

Mientras que la fuente retórica de verosimilitud de la Figura 1 radica en la iconicidad, la fuente epistémica de veracidad de los datos estadísticos e inductivos que la respaldan radica en la indexicalidad. Cuando las imágenes son evaluadas en términos indexicales podrían ser ostentadas como pruebas; y cuando son evaluadas en términos icónicos podrían ser utilizadas como representaciones análogas del mundo natural que visualizan bajo cierta perspectiva.

Sin embargo, ambos roles retóricos requieren de las ya consideradas intencionalidad, convencionalidad e interpretación de los usuarios (Guillaumin, 2005) para determinar su valor y uso epistemológicos.

## **Relación entre imagen y texto**

Pese a su naturaleza ficcional y sustitutiva la Figura 1 se utiliza como un apoyo explicativo, que busca proporcionar información visual a sus observadores sobre la veracidad de un descubrimiento empírico. Esto no sería posible sino a través del primer texto lingüístico que acompañó a la imagen en un contexto pragmático de CPC<sup>42</sup>. Ese texto podría aspirar a servir como un pie de foto periodístico o lo que Barthes ha denominado un anclaje referencial:

**“El texto ayuda a identificar única y simplemente los elementos de la escena y la escena en sí misma; es una cuestión de una descripción denotada de la imagen [...] La función denominativa corresponde**

---

<sup>42</sup> Dicho texto proviene del sitio web del Experimento ATLAS, y se cita en la introducción de esta tesis (página 16).

exactamente a un anclaje de todos los posibles significados (denotados) del objeto al recurrir a una nomenclatura (Barthes, 1997: 381).

Esta referencia lingüística (idealmente unívoca) a lo visual (inefable pero polisémico) requiere de la analogicidad para propiciar una interpretación icónica: el bosón de Higgs no luce así en realidad (no se trata de una imagen figurativa), pero tampoco se trata de una imagen aleatoria. De ahí la necesidad de hablar sobre el texto lingüístico en cuanto a las relaciones pragmáticas que los observadores guardan con la imagen. En palabras de Gómez:

Quando decimos que una imagen es verdadera o falsa, en realidad no hablamos de la imagen, sino del enunciado que la acompaña y que dice ***tal imagen es tal cosa [...]*** Pero entonces se seguiría tratando de una interpretación que privilegia los aspectos lingüísticos...” (Gómez, 2005: 97).

Es decir, dado que la iconicidad es una propiedad inmanente de la retórica (Beuchot, 2007: 25), los íconos no hablan por sí mismos (Lang, 2009), no poseen credibilidad por sí solos (Vega, 2012: 57), y sus contenidos no son evidentes (de Rijcke e Beuleiu, 2007). Entonces, la Figura 1 (una imagen mecánicamente producida o MPI) posee la capacidad de ayudar en la comunicación pública de hallazgos científicos mientras sea acompañada por un texto lingüístico que ponga de manifiesto dicha analogicidad.

**“...las técnicas de imaginología en la investigación científica no le permiten a la naturaleza simplemente ‘hablar por sí misma’. Frecuentemente los investigadores son incapaces de utilizar las MPIs para representar el tipo de propiedades y objetos que son relevantes para su investigación sólo con mirar la imagen, incluso cuando sus ambiciones se limitan a usar la imagen para representar características del espécimen” (Perini, 2012: 158).**

Debido a esta tensión entre intencionalidad comunicacional e interpretación, los autores de las imágenes las acompañan de “instrucciones textuales” (Perini, 2012: 153) para que los demás entiendan cuál es su supuesto (asignado) referente, el cual es distinto de su contenido o tema (Vega: 2012: 55).

Esta selección del referente y prescripción del contenido ya son en sí mismas instancias interpretativas de la codificación (Vega, 2012: 47) del discurso científico (Gómez, 2005: 107). Concretamente, en la Figura 1 el referente aspira a ser la colisión subatómica dentro del LHC, mientras que su contenido o tema alude a la observación exitosa del bosón de Higgs.

De este modo, al igual que en los modelos científicos el ‘parecido’ o ‘similitud’ entre la Figura 1 y la colisión subatómica no son necesarios para, a través de una relación representacional, estipular tanto el *contenido temático* como el *referente ostensible* de la imagen (Van Fraassen, 1980; 2004). De ahí que los científicos puedan confirmar que la Figura 1 ‘versa’ sobre el bosón de Higgs, aunque no necesariamente guarde un parecido real con ese objeto cuya ausencia gráfica lo vuelve potencialmente polisémico.

Por un lado, la Figura 1 no sustituye a la información que un texto lingüístico podría proveer. Y, por el otro lado, en el discurso divulgativo de la física, la Figura 1 aspira a “...proveer información cuando ésta no puede ser representada con palabras o es muy difícil o anti-económico de hacerlo” (Luzón, 1994: 371).

A propósito de este fenómeno, Barthes (1997) ha señalado que la lengua no puede replicar a lo paralingüístico. Por tanto, verbalizar una imagen es resemantizarla y recodificarla, pero no sustituirla. Es la relación análoga (Petrucci, 2011) entre ambos textos, el visual y el verbal, la que permite a las imágenes adquirir cohesión discursiva a través de nuevas texturas de significación (Yu y O'Halloran, 2009). Esto implica que las imágenes y el texto no son equivalentes ni intercambiables (Luzon, 1994: 373) (Gombrich, 1972: 87) aunque aspiren a representar el mismo referente idealizado.

Aunque este fenómeno semiótico ha sido investigado detalladamente por Lemke (1998) en el ámbito de los *scientific papers* o artículos científicos, las aportaciones de ese autor servirían como un punto de referencia para futuros análisis de la relación entre la Figura 1 y el texto lingüístico en ámbitos periodísticos y divulgativos porque en ellos el texto también acota, orienta, jerarquiza y organiza a las representaciones visuales, haciéndolas prominentes, relativas, auxiliares, secundarias, etcétera.

De manera similar a los artículos científicos, los contextos periodísticos y divulgativos donde se recontextualiza a la Figura 1 son géneros multimediales (Lemke, 1998: 87) e intertextuales. Esto es porque las representaciones visuales en ellos —de manera similar a ideogramas y jeroglíficos— son una mezcla de gráficas, tablas, diagramas, dibujos que interaccionan de manera dinámica con el texto verbal y el visual:

El significado del texto lingüístico es el producto de la interacción sutil, convencional y creativa de aspectos presentacionales, orientacionales y **organizativos [...] Las figuras visuales en el texto científico, e incluso en las expresiones matemáticas, generalmente no son redundantes con la información del texto principal. No simplemente “ilustran” el texto verbal, añaden información importante o necesaria, complementan al texto principal y, en muchos casos, lo completan [...]** parece más razonable asumir una formación visual-verbal temática conjunta como la base de la interpretación, integración y contextualización intertextual (e interpictórica) al momento de dar sentido a los textos multimediales de este tipo (Lemke, 1998: 91, 99 y 101).

Dicho lo anterior, en la comunicación pública de la física cuántica el texto mismo tampoco es un asentamiento digital ni un sustituto diacrónico de la palabra hablada, sino que se asemeja al dibujo y al lenguaje corporal en tanto es percibido y apropiado a la par de las imágenes (Riesenhuber, 2015).

Esto es una manera de decir que el texto lingüístico por sí solo ya posee implicaciones visuales grafológicas y tipográficas relacionadas con, por ejemplo, criterios editoriales, tales como fuentes, estilos, espaciados, tamaños y la utilización de títulos y pies de imagen. Estos elementos sintácticos y jerárquicos toman parte en la creación del significado visual de las imágenes científicas que acompañan.

Los medios de expresión afectan consustancialmente a los contenidos de **las teorías científicas [...] los conceptos científicos mismos no son** únicamente verbales, sino que se estructuran como <<híbridos semióticos>>, simultáneamente verbales, matemáticos, visuales y **operacionales, y [...] el significado se expresa a través de múltiples sistemas** semióticos en interacción (Vega, 2012: 45).

De manera similar a los artículos científicos, en los contextos pragmáticos de la CPC se articulan discursos verbales *paralelos* a las expresiones icónicas, por lo que es reduccionista pensar en éstas, por un lado, como meros elementos de ornato, y, por el otro, como una instancia autosuficiente de significación.

## **Funciones discursivas**

Entonces, si las imágenes y las palabras son representaciones formalmente, bien pueden, a través de *funciones discursivas*, aludir semántica e indisolublemente al mismo referente, la primera de manera topológica y la segunda de manera tipológica (Lemke, 1998).

En este contexto las funciones discursivas de la Figura 1 pueden ser articuladas a través del texto lingüístico en medios o plataformas narrativas específicas (Moreno, 2010) (e. g. artículos periodísticos, comunicados institucionales, libros de texto, el sitio web del ATLAS, etcétera).

Bajo esta lógica, propongo que en la CPC las funciones discursivas usuales de la Figura 1 son *probatoria* (a modo de evidencia), *modeladora* (permite la

visualización de objetos invisibles o abstractos), *didáctica* (como elemento explicativo para actualizar y ampliar conocimientos científicos), y *estética* (como relevo visual [Barthes, 1997: 32-51]). Se trata de categorías preliminares que no se excluyen mutuamente, ya que la relación entre los intérpretes y las imágenes científicas sirven propósitos complementarios (Vega, 2012: 46) (Lynch, 1998).

La clasificación de Gómez (2005) es uno de los antecedentes semióticos más parecidos a la anterior. Particularmente, dicha autora habla de las imágenes de tipo *ornamental* (con una función estética), *pedagógica* (con una función divulgativa), *descriptiva* (recrea de manera detallada la imagen de un objeto real), *explicativa* (realiza una metáfora o una analogía con fines cognitivos), y de *información gráfica de datos* (representaciones espaciales de datos duros). Al igual que Perini (2012) y Lang (2009), Gómez (2005) recalca con esta tipificación la importancia de la interpretación contextual y textual de la imagen.

Cabe mencionar que, de igual forma, Luzon (1994), Montañés (2010: 210) y Moreno (2010) constituyen otros antecedentes en el abordaje pragmático de representaciones y contenidos científicos en general, al enfatizar la variabilidad de las funciones que cumplen las imágenes y el texto lingüístico dependiendo de los propósitos que se persigan contextualmente.

Tales autores sirven para respaldar el argumento de que el potencial comunicacional de la Figura 1 depende de su *interpretación*, y ésta, a su vez, está condicionada por las posibilidades de significación de cada contexto pragmático donde el representamen es acompañado de la verbalización.

Así, por ejemplo, dependiendo de esa variabilidad contextual, la Figura 1 puede tener sentido como una imagen, un diagrama, e incluso como una metáfora<sup>43</sup> sobre la observación del bosón Higgs en términos de evidencia, de modelación, de alfabetización científica y de apreciación visual. En cuanto a esto,

---

<sup>43</sup> Peirce propuso una clasificación preliminar para los íconos (imagen, diagrama y metáfora) dependiendo de qué tan unívocos, analógicos o equívocos pudieran ser sus objetivos e interpretaciones. A fin de profundizar en el concepto de metaforización como fuente de sentido y significado, recomiendo revisar las funciones de la metáfora en la divulgación de la ciencia planteadas por Muñoz (2010: 283).



ha sido señalado que una gran variedad de representaciones científicas puede ser definida como icónica debido a sus propósitos retóricos comunes (encaminados a revelar información que sea fuente de inferencias): “...una fotografía, un mapa estelar, un diagrama, un modelo químico son íconos” (Morris, 1994: 59).

Aunque las imágenes cuánticas no están limitadas por la incertidumbre material de sus referentes u objetos ostensibles, pueden ser estudiadas como un fenómeno discursivo concreto respaldado por una convención con la cual los científicos representan oficialmente al Higgs a través del Experimento ATLAS. En este sentido, “el discurso es el único elemento tangible del que dispone la semiótica para demostrar el tipo de relaciones que se establecen entre la instancia de la **enunciación y su mundo perceptible**” (Reséndiz, 1996: 50).

Es decir, aunque los referentes de la Figura 1 son imaginarios, abstractos e invisibles, ésta adquiere sentido y utilidad a través de las funciones discursivas que aspira a satisfacer en contextos pragmáticos. Con esto en mente, sostengo que la Figura 1 no es necesariamente similar a su referente en un sentido ontológico y perceptual, sino que es una representación *validada* que revela algo cognitivamente útil sobre un mundo idealizado en contextos pragmáticos.

En síntesis, las funciones discursivas que cumplen las representaciones visuales en la comunicación entre especialistas no son muy distintas de las que desempeñan en la CPC: ambos discursos, el científico y el divulgativo, requieren de la convencionalidad o estipulación (Perini, 2012: 154) y la interpretación (Parsveer, 2006) para funcionar en sus contextos. Si se le priva de todo texto lingüístico, la Figura 1 estaría condenada a la equivocidad o ambigüedad (Gigante, 2012), que obligaría a su intérprete a explicarla desde una abducción. Las funciones discursivas permitirían el balance entre una semiosis completamente indexical o univocista, y una semiosis completamente polisémica, siempre y cuando propicien una interpretación analógica a favor de la competencia icónica del observador.

## IV

### **Dimensión semántica**

Hasta este punto se ha explicado que, por un lado, la Figura 1 fue codificada sintácticamente como un conjunto de índices computarizados a fin de ser coherente en el plano científico; y, por el otro lado, la Figura 1 es discursada pragmáticamente mediante contratos icónicos para ser útil en la CPC. Esto significa que la imagen requiere tanto de una interpretación metonímica, como de una interpretación analógica para guardar relaciones experimentales y de similitud convencional con los escombros del choque subatómico que, a su vez, revelaron la existencia de un bosón de Higgs.

Este capítulo desarrollará el argumento de que la Figura 1 también requiere de una interpretación metafórica y contextualizada para guardar relaciones dialécticas con su objeto y la realidad cosmológica, más general, que representa, como son el mecanismo de Higgs y el origen común de la masa. En la dimensión semántica de la significación, esto ha de ser analizado en términos simbólicos, metafóricos y arquetípicos.

#### **Una aclaración semántica**

Considero indispensable realizar la siguiente aclaración antes de proseguir con el análisis de la Figura 1. Entiendo a la *semántica* no sólo como una teoría estructural concerniente a los sistemas de significado (representada por una tradición francoparlante), ni sólo como una teoría pragmaticista concerniente a las condiciones de verdad y validez de las proposiciones (representada por una tradición angloparlante).

Al hablar de semántica me refiero a aquella rama de la semiótica que además —necesariamente con ayuda de la sintáctica y la pragmática<sup>44</sup>— ha de esclarecer 1) la *relación semiósica* o fenoménica entre los representámenes y sus objetos, así como 2) la *relación semiótica* o crítica entre las nociones de interpretación, significado, realidad y verdad. Es decir, congenio con la visión dialéctica de la semántica formulada por Eco (1990: 34, 295-299), a partir de Peirce (1958) y Bar-Hillel (1968: 271).

Cabe mencionar que el enfoque de Eco es parecido al de Rorty (1998), quien propone que la filosofía del lenguaje no ha de dilucidar la verdad en términos puramente analíticos (de verificación empírica), ni en términos puramente sintéticos y nominalistas (de validez y sentido), sino en términos de consenso, conocimiento y progreso.

Teniendo esto en mente, el análisis de la Figura 1 se ha organizado en torno a tres dimensiones de significación (sintáctica, pragmática y semántica), y a una clasificación sígnica (índice, ícono y símbolo) concerniente a los tipos de relaciones entre los representámenes y sus objetos. Como se anticipa en la introducción, esta última tricotomía es una de clase semántica y por ello ha de servir en el análisis de “las maneras en que los signos pueden usarse para **discernir la verdad**” (Marafioti, 2004: 68). Una verdad pragmática en este caso.

Expresado en términos peirceanos, este capítulo pone énfasis en la *lógica propia* —denominada por Morris como dimensión semántica de significación— o aquella rama de la semiótica que se ocupa de la crítica a los argumentos (CP 5.108). En esta magnitud semiósica el mecanismo de Higgs ha de ser examinado como un *argumento* o *legisigno*, el cual es homólogo al símbolo (CP 8.335) o aquel signo que expresa algo sobre una realidad en términos de mediación, legalidad (CP 2.292) o habitualidad, es decir, de terceridades.

---

<sup>44</sup> Aunque pueden diferenciarse tres vertientes principales en la teoría semántica (Eco, 1990: 289), ninguna de ellas puede prescindir del estudio pragmático tanto de la configuración como de la interpretación de las expresiones sígnicas.

## Interpretación y significado, verdad y realidad

Visualizar al microcosmos y comunicar algo sobre él son acciones interpretativas. Es decir, tanto la coherencia sintáctica como la utilidad pragmática de la Figura 1 emanan de la posibilidad semántica del interpretante para *relacionar*, a través de una interpretación<sup>45</sup>, la presencia gráfica del representamen con la ausencia ontológica de objetos imperceptibles pero ostensibles.

En este sentido, interpretar algo significativo sobre el microcosmos mediante la Figura 1 —y el texto lingüístico que la complementa— es inferir epistemológicamente algo que ha sido propuesto en el marco de una argumentación científica como verdadero sobre una realidad cósmica cuyos patrones y leyes son asumidos como semióticamente inteligibles.

Entonces, por *significativo* me refiero a que la Figura 1 y la verdad científica que representa (la existencia del campo de Higgs y su relación con las partículas elementales) están inmersas en distintas dimensiones de significación, donde adquieren significados (interpretaciones o lecturas) contextuales enmarcados entre la univocidad (indexicalidad), la analogicidad (iconicidad) y la equivocidad (simbolicidad). Cabe mencionar que por *equivocidad* no me refiero a lo errado, ni a una plurivocidad total y relativista, sino a la *connotación* latente y

---

<sup>45</sup> Esta interpretación es realizada, naturalmente, por un *intérprete*. En este sentido cabe señalar que Morris (1971) introduce un cuarto elemento en la semiosis peirceana: la noción de intérprete como el ser orgánico que constituye dialécticamente a la mente o fanerón donde existe el interpretante o signo de segundo orden respecto al representamen. Así, el ser humano ha de ser **entendido como un intérprete o “un continuum históricamente existente de interpretantes, y el interpretante, correlativamente, es una sección transversal o captura instantánea del intérprete”** (Zeman, 1997: sin número de página). No obstante, un estudio pragmático-hermenéutico de comunicación, recepción y apropiación de imágenes científicas está fuera del alcance de esta tesis. En cuanto a la interpretación y contemplación de imágenes científicas por parte de observadores no expertos en la CPC recomiendo revisar a Smith, et al (2011), Gigante (2012), Chiriac (2012), Northcut (2006), Battaner (2002) y a Guevara (2005, 2015). Por otro lado, sugiero leer a Trafton, Trickett y Mintz (2005), McCabe y Castel (2007), Monteiro (2010) y Allamel-Raffin (2011) en lo referente a la interpretación visual e interacción con imágenes científicas por parte de científicos especialistas. Asimismo, recomiendo enfáticamente leer a **Vaña (2015) en lo concerniente a la significación sociocultural del bosón de Higgs entre los mismos investigadores del CERN**. Como antecedente a esta última lectura recomiendo revisar a Crease (1997), quien habla sobre la necesidad humanística de abordar hermenéuticamente el discurso y diseño experimental de las ciencias naturales.

necesaria en toda interpretación metafórica y simbólica (Eco, 1992: 172) (Duch: 2012, 192); aquello a lo que Ricoeur (1995) llamaría *excedente de sentido*.

En pocas palabras, trato a la significación científica como un fenómeno simbólico (Cassirer, 1976: 552) dependiente de la interpretación (Allamel-Raffin, 2011) (Crease, 1997) ya que incluso en la física cuántica “...puede definirse el significado de una expresión como todo aquello que es susceptible de interpretación” (Eco, 1990:78).

Bajo esta lógica, la noción semiótica de *realidad*, de la cual ya hemos hablado en la página 30, ha de ser entendida como un realismo crítico (Peters y Peterson, 2013: 187-189) o un realismo dependiente de modelos (Hawking y Mlodinow, 2010: 7) (Ghins, 2001: 462-473), mismos que no han de ser abordados desde un punto de vista analítico y empírico, sino representacional (van Frassen, 2008) y de expectativas intertextuales (Gómez, 2005: 113) que involucran cognitivamente mundos físicos y astronómicos donde no hay verdades lógicas absolutas (Barrow, 2005: 39).

De manera similar a una fórmula matemática el modelo estándar de física de partículas es una representación de regularidades ideales, y por ende no puede ser considerado absolutamente verdadero, sino una enunciación predictiva que habla sobre relaciones entre objetos, tipos de relaciones —y sobre relaciones de relaciones<sup>46</sup>—, la cual posee un muy alto grado validez en la comunidad científica.

Interpretar semánticamente a la Figura 1 exige, entonces, una intertextualidad respecto a dicho modelo matemático y, por ende, también requiere una interpretación simbólica (Eco, 1990: 221) (Cassirer, 1994: 310) a partir de una sintaxis pitagórica y euclidiana que enuncia visualmente terceridades metafísicas o hábitos de la naturaleza.

Entonces, aunque sean entidades inferidas como matemática y físicamente existentes, el bosón y campo de Higgs sólo son objetos concebidos por el fanerón

---

<sup>46</sup> Concretamente, el modelo estándar consiste de dos ‘dominios’ interdependientes: uno que comprende a las partículas básicas de la materia (fermiones), y otro que consiste de las partículas que transmiten las fuerzas fundamentales de la naturaleza (bosones).

o conciencia del intérprete en un proceso de semiosis, y como una realidad simbólica o una continuidad visual e icónica de acontecimientos significantes.

En resumen, la Figura 1 es significativa a medida que representa temáticamente la existencia efectiva del campo de Higgs —y el funcionamiento de su mecanismo— o una mediación legal estipulada como verdadera respecto a una realidad cosmológica a la cual sólo podemos acceder simbólicamente y a través de representaciones limitadas (Duch, 2012: 188). La ilusión referencial de realidad de la Figura 1 —su significación— emerge de interpretaciones icónicas, indexicales y, como se ahondará más adelante, simbólicas.

Estas interpretaciones o relaciones semiósicas de interpretantes, guiadas por distintos tipos de inferencia o argumentos científicos (abducción, deducción e inducción), son el fundamento semántico de la relación significativa que la imagen guarda con el choque subatómico. Este último, a su vez, guarda una relación semántica con un conjunto de leyes físicas o realidad simbólica ya que **“cualquier regularidad [...] —incluyendo, por ejemplo, las leyes de la física— cuentan como hábitos, como terceridad para Peirce. Y la terceridad, un hábito, es preeminentemente la categoría de realidad” (Zeman, 1997: sin número de pág.)**.

## **Relación metafórica**

Las ciencias naturales han sido históricamente estudiadas como un constructo serial de metáforas caracterizado por "vincular campos conceptuales o dominios experienciales esencialmente extraños y apartados" (Ciapuscio, 2011: 90)<sup>47</sup>. Por otro lado, la metáfora, como modelo de conocimiento científico, no representa mundos empíricamente posibles (Eco, 1992: 179), sino las capacidades de mundos verosímiles (Cartwright, 2009).

De este modo, relacionar al microcosmos con la Figura 1 implica reconocer la intencionalidad de sus creadores para visualizar de manera modelística o

---

<sup>47</sup> Para una aproximación histórica al desarrollo de la imaginación científica y la noción de representación científica recomiendo revisar a Lynch (1998), Baldasso (2006), Wise (2006), Lüthy y Smeths (2009), y a Gómez (2013).

metafórica lo que ocurre dentro del Detector ATLAS: una escena cuántica que revele de manera coherente y admisible a través de un experimento las potencialidades e interacciones de un mundo.

La metonimia y la metáfora son formas de analogía (Beuchot, 2009: 186) y, en tanto herramientas cognitivas y expresivas (Rivadulla, 2006), se relacionan epistemológicamente con los descubrimientos científicos (Gentner y Jeziorski, 1993: 447), Nersessian, (2002). De acuerdo a Eco:

La lógica de la investigación científica presenta aspectos comunes a la lógica de la interpretación metafórica. En esta perspectiva, la interpretación metafórica, la investigación científica y el discurso teológico **caen, los tres, bajo el género del razonamiento por analogía**” (Eco, 1992: 174).

En general la analogía permite realizar abstracciones relacionales a partir de una **similitud selectiva** entre dos o más dominios semánticos que no podrían ligarse a través de la literalidad analítica. Para nuestro análisis esto implica que la inducción (que es metonímica), la abducción (que es análoga) y la deducción (que es metafórica) pueden ser vistas como matices cognitivos de la analogía.

En este sentido cabe recordar que en el capítulo II argumenté que visualizar a los escombros subatómicos implica una interpretación metonímica (inductiva, indexical y unívoca) en la dimensión sintáctica. Por su parte, en el capítulo III argumenté que visualizar la manifestación exitosa de un bosón de Higgs implica una interpretación analógica (icónica y, precisamente, análoga) en la dimensión pragmática. Ahora pondremos énfasis en el argumento de que visualizar **conjuntamente** el funcionamiento del mecanismo de Higgs implica una interpretación metafórica (deductiva, simbólica y equívoca) en la dimensión semántica.

Al igual que una expresión metafórica la Figura 1 hace uso del poder inferencial (Barwich, 2013) y heurístico desplegado por la ficción (Suárez, 2008,

2014), y la imaginación (Chiriac, 2011: 166), que opera tanto en el arte (Municio, 2003: 167) como en los modelos científicos (Ricoeur, 1995: 72). Al respecto, **Ladyman ha señalado que “...los conceptos físicos son fórmulas meramente abstractas y simbólicas que describen únicamente construcciones imaginarias”** (2008: 359).

Estas características metafóricas no se oponen a una ilusión referencial de realidad o a un abordaje desde el realismo crítico. Por el contrario, a medida que **la Figura 1 reconstruye visualmente al microcosmos, la ‘partícula divina’** —que era considerada como enteramente hipotética— se vuelve verosímil a través de una retórica institucionalizada y, lo que es más, se vuelve parte de un argumento considerado como válido por una comunidad internacional de investigadores.

Las técnicas de visualización computarizada de ATLAS traducen fenómenos abstractos a metáforas visuales novedosas (Wise, 2006: 75) cuyas relaciones dimensionales (Cox, 1988) son perceptibles. Así, las imágenes de este experimento nos acercan al mundo cuántico de manera metafórica a medida que **“reducen la conmoción engendrada por dos ideas incompatibles [...] dicen algo nuevo sobre la realidad [...] una nueva relación de sentido, no observada hasta ese momento”** (Ricoeur, 1995: 63 y 64).

Concretamente, las nociones que se reconcilian a través de dicho nexo novedoso son 1) un choque subatómico imperceptible y evanescente que ocurre en un mundo cuántico lleno de incertidumbre; y 2) un representamen con formas concretas, finitas y estáticas que intuitivamente son compatibles con nuestra visión figurativa del espacio.

Las imágenes cuánticas de ATLAS emergen en el nicho científico de una **cultura visual más general que “instaura y consolida a lo largo de la historia y en su desarrollo prácticas de representación que logran [...] hacer visible lo <<invisible>> y configurar y estructurar nuestra intuición de la naturaleza”** (Vega, 2002: 522).



Como se explicó en el capítulo II, la Figura 1 no es evidencia observacional per se, y tampoco aspira a ser una representación completa de los productos de decaimiento de todos los choques protónicos ocurridos en ATLAS. En este sentido sería un absurdo semántico aceptar que los muones y electrones se componen de píxeles bidimensionales y formas geométricas coloreadas e inmóviles.

En cambio, la Figura 1 es una instancia metafórica por el principio de extensibilidad o capacidad de extrapolación entre conceptos planteada por Radder (2011: 152) y Gómez (2005: 111). Es decir, esta imagen es un modelo o una especie de mapa que explica diagramáticamente algo sobre un mundo invisible **mediante relaciones de lo visible. En palabras de Uskukovic: "...la imaginiería científica podría ser referida más razonablemente como metáforas intrincadamente organizadas que como imágenes verdaderas de la realidad física descrita"** (2009: 231). Así, La Figura 1, en tanto alude simbólicamente a una realidad cosmológica infinita, **"se constituye en el modo de presentar lo impresentable, de hacer visible lo invisible, de volver sensible lo inteligible"** (Duch, 2012: 180).

Aunque tales metáforas no han de ser tomadas literalmente, poseen una seriedad epistemológica indispensable para relacionarnos con la realidad cosmológica ostensible: al articular nuestro pensamiento simbólico **"nos permiten [...] crear abstracciones, sin las cuales careceríamos una gran fuerza de descubrimiento"** (CP 4.531).

El éxito pragmático de la Figura 1, insertada en discursos de la CPC, no depende de presentar al mundo cuántico miméticamente, sino de re-presentarlo de manera metafórica a través de una narrativa visual analógicamente interpretable (Vega, 2012: 58) tanto para una comunidad de investigadores, como para el público en general.

Para los filósofos de la ciencia este capítulo de la tesis podría considerarse como parte de la concepción semántica de las teorías científicas<sup>48</sup>. De acuerdo

---

<sup>48</sup> Cfr. Frigg (2006).

con Gómez, en el estado del arte las perspectivas teóricas de esa corriente **“...abren la puerta al tratamiento filosófico de las imágenes científicas al caracterizar a las teorías en función de sus modelos, y a éstos como entidades no lingüísticas y que por tanto en sí mismas no son verdaderas ni falsas (2005: 95).**

Lo que es evaluado en términos de verdad o falsedad —mediante el contrato icónico de veracidad— es el enunciado lingüístico que acompaña a la Figura 1 y que, a su vez, representa tipográficamente lo que ésta sólo refiere topológicamente mediante el contrato icónico de verosimilitud<sup>49</sup>. Es decir, los modelos visuales como la Figura 1 no necesariamente son verdaderos: no pertenecen a la **realidad sino que la representan al ser “proyecciones de teorías que se utilizan para saber si nuestras hipótesis son verdaderas, erróneas, probables o meramente posibles” (Barceló, 2001: 578).**

Cassirer (1976: 523) explica que el lenguaje científico se ha desplazado eventualmente de su pretensión mimética o naturalista a una forma puramente simbólica o explícitamente representacional. En efecto, actualmente las imágenes en física cuántica como la Figura 1 podrían ser estudiadas como tales instancias simbólicas porque proporcionan un conocimiento sensato de la naturaleza si los científicos admiten que ésta sólo puede ser re-presentada metafóricamente (Cassirer, 1976: 480).

A tono con lo anterior autores como Suárez (2003) señalan que el debate sobre la falibilidad de la visualización debería trasladarse al papel metafórico de la representación en vez de poner nuevamente en duda la veracidad de los modelos en términos de empirismo e isomorfismo. De manera paralela, y desde la postura de la ya mencionada concepción semántica, Vega afirma que en ciencias **naturales “las imágenes, en principio, son formas de simbolismo no-**

---

<sup>49</sup> Ver página 54. No obstante, podría argumentarse que la enunciación metafórica de la Figura 1 también depende en gran medida del texto lingüístico que articule sus funciones discursivas. Esta tesis no me ha llevado tan lejos como quisiera en esa línea pragmática de investigación. Recomiendo consultar a Muñoz (2010) y a Ciapuscio (2011) para una consideración lingüística detallada de las funciones discursivas y cognitivas de la metáfora léxica en la divulgación de la ciencia.

**proposicional” (2012: 64). Es decir,** se trata de formas metafóricas (Vega, 2002: 537), retóricas e intuitivas encaminadas a la comprensión y la interpretación:

Se han multiplicado los estudios que subrayan cómo el lenguaje y el discurso científico, lejos de mimetizar los fenómenos naturales estudiados, lejos de copiarlos ascéticamente, los fabrican o si se prefiere los reconstruyen con el ánimo de persuadir o convencer a una comunidad (de expertos o lego, según sea el caso) (Pimentel, 2010: 421).

A diferencia de la metonimia (Eco, 1990: 207), la metáfora no sustituye a un referente por otro, sino que —como ya se señaló— crea paralelismos entre dos sistemas relacionales. Con esta convención metafórica es como los creadores de la Figura 1 aspiran a representar similitudes entre un sistema visual y digital, y otro **invisible y corpuscular: “la analogía puede ser considerada como una similitud** altamente selectiva, es decir, al proponer una analogía, la ciencia se concentra en determinados elementos o relaciones estructurales que coinciden en los dos **dominios relacionados” (Gómez, 2005: 113).**

Expresado en términos semiológicos, la Figura 1 correlaciona los elementos de un sistema transmisor con los elementos de un sistema transmitido, donde el primer sistema se convierte en la expresión del segundo sistema, mientras que éste se convierte en el contenido del primero.

**Para Ricoeur esto implica que “la significación simbólica [...] está** constituida de tal forma que sólo podemos lograr la significación secundaria por medio de la significación primaria, en donde ésta es el único medio de acceso al **excedente de sentido” (1996: 68). La imagería del experimento ATLAS** articula un código metafórico que pone en correlación el plano de la expresión (plano signifiante) y el plano del contenido (plano significado) gracias a la acción mediadora de los signos y a la interpretación simbólica.

## Una aclaración simbólica

Desde un punto de vista peirceano los símbolos pertenecen a un orden especial de los fenómenos semióticos y, por tanto, de los signos. En este sentido, la Figura 1 sería un símbolo a medida que alude sígnicamente una realidad abstracta y polisémica que no le es inmediatamente inherente (Trevi, 1996: 55). En otras palabras, para esta tesis los signos no sólo pertenecen al orden de lo epistémico, sino también al de lo ontológico —a diferencia de, por ejemplo, Panikkar (en Kerényi, et al, 1994: 393). Así, la significación del representamen visual (que por sí solo es un vehículo sígnico) no se limita a lo meramente indexical, sino que trasciende al mundo simbólico del ser. Apoyándome en Duch:

“El símbolo es ciertamente un signo porque es el vehículo de una significación, pero al mismo tiempo, contiene un excedente, un plus —imposible de determinar y cuantificar *a priori*— que no se halla en el signo [...] se encuentra dentro del ámbito del *misterio*” (Duch, 2012: 186).

No obstante, desde la perspectiva no semiótica de la antropología simbólico-hermenéutica<sup>50</sup> esta imagen, aunque pertenezca a un proceso de simbolización, no puede ser considerada un símbolo per se, sino una expresión simbólica que habla sobre la naturaleza del cosmos o una *realidad simbólica* (conjunto de símbolos primordiales) cuyo significado cultural exige una interpretación arquetípica y mitocrítica (Lavaniegos, 2014: 81-109).

Entonces, cuando me refiero a la Figura 1 como un *símbolo* lo hago específicamente para los fines taxonómicos de la filosofía peirceana<sup>51</sup>. Asimismo, en esta dimensión de significación, me refiero a los posibles objetos del símbolo o representamen como aquella *realidad simbólica* con la que también guarda relaciones míticas y arquetípicas. Ahondaremos en estas últimas al final del

---

<sup>50</sup> Dicha corriente es representada en esta tesis por autores como Ricoeur (1996, 1980), Cassirer (1923, 1976, 1994), Durand (2000, 2007, 2012), Amador (2015) y Eliade (1974).

<sup>51</sup> Tal corriente es representada en esta tesis por autores como Beuchot (2004, 2014a, 2014b), Eco (1989, 1990, 1992, 2000), Sebeok (1996), Deely (1996) y Elizondo (2012).

capítulo. Aunque los enfoques semiótico y antropológico deben ser distinguidos cuidadosamente, pueden complementarse a través de las nociones interdisciplinarias de *metáfora* e *interpretación*, como lo han hecho Ricoeur (1980, 1995) y Eco (1990).

En este marco analizo a la significación de la Figura 1 como una expresión sígnica aprehensible o una *supraestructura metafórica* que, a su vez, guarda relaciones semiósicas con una *infraestructura simbólica* abstracta, más general, e inaprehensible (Ricoeur, 1995: 72). Por ello considero pertinente aclarar la relación y diferencia entre la metáfora o supraestructura analógica de la que hablamos en el apartado anterior, y la realidad simbólica o infraestructura (símbolos en términos antropológicos) a la que alude:

**...los símbolos, debido a que tienen sus raíces en las constelaciones** permanentes de la vida, el sentimiento y el universo, y a que tienen una estabilidad increíble, nos llevan a pensar que no mueren nunca, que **solamente son transformados [...]** Hay más en la metáfora que en el símbolo en el sentido de que aquella trae al lenguaje la semántica implícita del símbolo. Lo que permanece confuso en el símbolo —la asimilación de una cosa a otra y de nosotros a las cosas— se aclara en la tensión de la **expresión metafórica. Pero hay más en el símbolo que en la metáfora [...]** los símbolos nos hundan en la sombreada experiencia de lo que es poderoso. Las metáforas son sólo la superficie lingüística de los símbolos, y deben su poder de relacionar la superficie semántica con la presemántica que yace en las profundidades de la experiencia humana, en la estructura bidimensional del símbolo (Ricoeur, 1996: 71 y 75).

De manera paralela a Ricoeur (1995: 62), Castaigns propone que dicho acceso a la realidad simbólica, mediado por el símbolo o representamen, se da a través de una interpretación metafórica: "los distintos sentidos que adquiere un mismo símbolo se les denomina metáforas" (2011: 41). Así, mientras que la

expresión metafórica (la Figura 1 en este caso) es una creación relativamente libre del lenguaje, la realidad simbólica que representa (el origen remoto y común de la masa corpuscular) está anclada al cosmos (Ricoeur, 1996: 69) y a sus regularidades metafísicas.

El bosón de Higgs adquiere significado en el marco científico de una **realidad simbólica que ha sido llamada ‘nueva física’, cuyo principal objetivo es** una unificación teórica o el entendimiento conjunto de todas las fuerzas naturales. Esta última se refiere a los descubrimientos futuros que los especialistas del CERN esperan realizar más allá del actual modelo estándar de física partículas, el cual es considerado incompleto y limitado.

En esta red semántica de hallazgos potenciales —un *misterio* simbólico— figuran la materia oscura, dimensiones espaciales adicionales, partículas supersimétricas, agujeros negros microscópicos, entre otros fenómenos hipotéticos que han de ser investigados por los experimentos del LHC en los años próximos<sup>52</sup>.

Entonces, la realidad simbólica a la que se alude metafóricamente mediante la Figura 1 no sólo involucra al bosón, campo y mecanismo de Higgs, sino a todos **los posibles entes que le dan su constitución al universo o “Gran Expansión Asociativa” (Felder, 2013: 22)**. Es decir, esta imagen guarda un nexo interpretativo con un argumento o predicado que a su vez involucra de manera visual a una generalidad de objetos pertenecientes a una realidad simbólica misteriosa y ambigua (aquellos *símbolos* a los que Ricoeur se refiere): **“La física alcanza esa unidad y esa extensión al ir avanzando siempre, indefectiblemente, hacia símbolos más generales” (Cassirer, 1976: 554)**.

En suma, al ser acompañada por un texto lingüístico que explicita la iconicidad de la imagen, y al ser interpretada metafóricamente, la Figura 1 —un modelo visual o un tipo de simbolismo no proposicional— nos permite inferir una verdad científica o simbolismo proposicional sobre una realidad cosmológica o

---

<sup>52</sup> Ver página 20. Sobre la Teoría del Todo, la nueva física y el futuro del entendimiento del modelo estándar de partículas recomiendo ampliamente consultar a Wilczek (2015).

total a la cual sólo podemos acceder simbólicamente (de ahí que me refiera a ella como *realidad simbólica*).

## **Relación simbólica**

El símbolo no sustituye a la realidad simbólica, sino que la representa. El reconocimiento de una ausencia ontológica es el primer requisito para interpretar la naturaleza dialéctica de la Figura 1, la cual consiste en unir metafóricamente correlatos o alteridades: el mundo sensible del ser (Cassirer, 1962: 32) y el mundo metafísico de las leyes universales o entes inaprehensibles (Revilla, 2004: 15).

Expresado de otro modo, el acto de la representación visual en física cuántica es simbólico toda vez que implica una mediación semiótica entre lo manifiesto y presente —ya sea de forma indexical y/o icónica— y lo ignoto o inabarcable para los sentidos orgánicos, como lo son el pasado y el futuro: "gracias a la actividad simbólica el ser humano puede ir más allá de la experiencia inmediata y liberar el juicio (contrafático) de la heteronomía de las leyes de la experiencia" (Cruz, 2009: 56).

Esta es una de las razones por las que Peirce liga ontológicamente lo simbólico con el tiempo futuro y, a su vez, con las leyes o regularidades que ve como la verdadera realidad trascendental. Así, Duch retoma a Peirce al afirmar que **“la realidad es la potencialidad nunca plenamente realizada a la que alusiva y oblicuamente se refiere el símbolo, necesitado como está siempre de contextualizaciones y reinterpretaciones, de tal modo que la existencia del pensamiento depende ahora de lo que vaya a ser más adelante (2012: 177-178)”**. Este horizonte temporal ha de ser explorado **por la ya mencionada ‘nueva física’**.

Aunque la simbolización es un acto constitutivo de la experiencia humana (Lizarazo, 2004: 178), la conexión representacional del símbolo con la realidad simbólica no es obvia (Kottak, 1997: 219), sino que depende de disposiciones (CP 8.335) y hábitos comunicacionales (Beuchot, 2007: 18) relacionados con las características formales del símbolo que, como hemos visto, no significan nada

por sí solas (Panikkar en Kerényi y Sholem, 1994: 395), sino que han de ser codificadas e interpretadas dentro de magnitudes semiósicas interdependientes.

De acuerdo a Peirce (CP 2.222), Ricoeur (1996: 65) y Amador (2015), los símbolos genuinos (antropológicamente hablando) poseen un significado irreductible e inagotable en cuanto a que son encarnaciones de lo infinito. En este sentido, el campo de Higgs es receptivo a un universo de referentes abstractos e **imaginarios, y es un símbolo cosmológico moderno porque “...relaciona y estructura las dimensiones de la existencia en un cosmos” (Amador, 2008: 76).**

A saber, se ha propuesto que el campo de Higgs es responsable por la constitución presente del Universo. Más específicamente, se considera que el valor de ese campo escalar pudo haber fluctuado en el pasado y, por tanto, su magnitud actual es responsable, entre otras cosas, por la predominancia de la materia ordinaria respecto a la antimateria en el universo observable (Kusenko, Pearce y Yang, 2015). Esto implica, entre otras cosas, que si el campo de Higgs fluctuara aunque sea mínimamente, la existencia de los elementos químicos y la vida orgánica no serían posibles.

En el lenguaje científico esta polisemia o latencia de sentidos rebasa los límites denotativos del signo unívoco. Al ser interpretada como una imagen simbólica (Zecchetto, 2010: 245) la Figura 1 no encaja necesariamente en un significado perfecto, al igual que tampoco lo hace la realidad simbólica a la que alude. Y aunque esta última se limite al bosón Higgs en un primer nivel de **significación, “la partícula de Dios es una entidad simbólica conectada un extenso espectro de significados y grupos perceptivos” (Váña, 2015: 10), los cuales** sugieren y reúnen contenidos teóricos. De acuerdo a Peirce:

Cada símbolo es un ser viviente, en el estricto sentido de que no es una simple figura retórica. El cuerpo del símbolo cambia lentamente, pero su significado crece inevitablemente, incorpora nuevos elementos y se despoja de los viejos. Sin embargo, el esfuerzo de todos debería ser mantener sin cambios y exacta la **esencia** de cada término científico; aunque la exactitud



absoluta no es precisamente concebible. Cada símbolo es, en su origen, ya sea una imagen de la idea significada, o una reminiscencia de un acontecimiento, persona o cosa individuales, conectados con su significado, o bien es una metáfora (CP 2.222).

En cuanto a esta imposibilidad de significados estáticos, Deely (1996) propone que el interpretante de cualquier signo, en cualquier dimensión de significación, lleva necesariamente a otros signos. Para Peirce esto significa que el significado de todo signo es, a su vez, un signo más desarrollado porque no es concebible una asociación terminal entre el representamen y un objeto no sígnico. Es decir, siempre habrá una mediación simbólica entre nosotros y la realidad cosmológica.

Por su parte, Barthes ha señalado que el deber de la semiótica no consiste en discutir sobre una definición última del significado, como si este fuera un **conjunto limitado o enciclopédico de referentes**: “...una noción de la semántica que era fundamental hace algunos años se ha vuelto caduca; es la noción de léxico, es decir, un conjunto de listas de significados y de significantes **correspondientes**” (2009: 343).

En este caso es inconcebible una relación diádica entre el símbolo (representamen) y el conjunto de la realidad simbólica (objetos), ya que el interpretante o aquel signo más desarrollado involucrará dialécticamente sentidos más complejos que incluso pueden ser meta-rationales (Duch, 2012: 184). Esta relación semiósica progresiva es la base del pensamiento humano puesto que no puede haber pensamiento sin símbolos (CP 2.300 y 4.551):

La trama y urdimbre de todo pensamiento y toda investigación son los símbolos; y la vida del pensamiento y la ciencia es la vida inherente a los símbolos; de tal forma que es incorrecto decir que un buen lenguaje es **importante** para el buen pensamiento, simplemente; porque es la esencia de él (CP 2.220).

Al guardar una relación intertextual con la Figura 1, el mecanismo de Higgs es entendido como “una fórmula general o símbolo” (CP 5.107) que propone y argumenta matemáticamente una verdad sobre una realidad cosmológica o total, es decir una verdad lógica sobre las cosas o aquella que Peirce ve como más trascendental que la verdad compleja o pragmática (Beuchot, 2014b: 34).

El campo de Higgs es un ente metafísico y general que opera a través de bosones o instancias físicas que lo transmiten individualmente. Inferir esta mediación entre lo macro y lo micro implica una deducción (inferencia que va de lo general a lo particular) y una interpretación simbólica, de las cuales la **abducción y la inducción son eslabones cognitivos y representacionales**: “el empleo de íconos e índices es una condición necesaria de la comunicación, pero la conceptualización, que es una parte tan esencial de la interacción humana con el ambiente, radica directamente en **los símbolos**” (Zeman, 1997: sin pág.).

Como el *ser* mediador (Barrow, 2005: 94) entre ambas escalas —la micro y la macro— el intérprete no sólo ha de aspirar a comprender el Universo en términos de primeridades (posibilidades) y segundidades (hechos), sino también como un continuo conceptual y semántico de terceridades (relaciones). Es la comunidad científica del CERN la que busca constatar inductivamente la presencia de esas terceridades o legalidades universales —descritas por el modelo estándar— que seguirán regulando a los fenómenos físicos en el futuro previsible. Por su parte, correspondería a la comunidad de semióticos y hermenéuticos estudiar este proceso de significación desde perspectivas instaurativas y críticas a fin de vincular a la filosofía de la ciencia con la práctica.

## **Relaciones arquetípicas y mitológicas**

La relación entre la Figura 1 y la realidad simbólica se remonta a las raíces del imaginario científico. Se trata de un nexo inconsciente y colectivo a través del cual la especie humana ha organizado su experiencia en torno a arquetipos.

Éstos últimos son predisposiciones psicológicas (Jung, 1960, 1970), semánticas (Sisto, 1998), evolutivas (Barrow, 2005: 56 y 83) y neurobiológicas (Farmer, 2002) para simbolizar o pensar de manera correlativa. Así como el cosmos presenta constantes universales ostensibles —terceridades, en términos peirceanos—, el fanerón posee facultades cognitivas inherentes (Duch, 2012: 195) que influyen la manera en que éste interpreta y representa a al primero.

**En palabras de Amador, los arquetipos son imágenes guía que “establecen los vínculos esenciales entre la realidad primordial y la realidad existencial”** (2008: 80). A su vez, estos patrones de la psique son la fuente de mitemas directrices (Durand, 2012) o temas recurrentes que no sólo están presentes en la narrativa de todas las mitologías y las religiones (Lavaniegos, et al, 2014: 107) — que son cosmogonías y formas serias de simbolismo proposicional (García, 1989)—, sino también en las teorías cosmológicas (Cassirer, 1976: 520).

De acuerdo a Panikkar (en Kerényi y Sholem, 1994: 393) el instrumento del mito es el símbolo, y de acuerdo a Barthes, el ámbito del símbolo es el mito:

El mito es una concatenación narrativa de símbolos. Dicho más gráficamente: unos símbolos que <<se ponen en marcha>> y generan así **una acción susceptible de ser relatada (...) la narración mítica** —como los símbolos que la compusieron— es por naturaleza polisémica (Barthes, 2010: 199).

Desde este punto de vista narratológico, la ciencia —en tanto cosmogonía moderna— **también ‘pone en marcha’ a sus símbolos cuya polisemia, sin interponerse a la precisión científica** (Durand, 2000: 90), les permite articularse de manera similar a una mitología.

La física cuántica es la persistencia de esa predisposición para representar de manera organizada al Universo y darle una interpretación necesariamente analógica. Al formar parte de esta última, las imágenes en física cuántica hacen

que la ciencia retome sus fuentes imaginarias de intuición e invención primigenias de las que ya ha hablado Durand (2000: 88).

La teoría del Big Bang le debe al mito universal del origen cósmico —ya presente en el imaginario colectivo— el poder narrativo de su discurso. En todo esto, el bosón, campo y mecanismo de Higgs son, podría decirse, versiones actualizadas de aquellos símbolos mitológicos que, al ser jerarquizados, cumplen la función cognoscitiva de explicar el funcionamiento del todo. Respecto a esto último, Corral afirma que proyectos como el Experimento ATLAS “proporcionan una visión del universo que es más profunda y que llega más lejos en su relación con el ser humano” (2014: 107).

De manera más específica, para los físicos la expansión cósmica destruyó la simetría perfecta del universo temprano (una billonésima de segundo después de la ‘gran explosión’), el cual es descrito como un fluido primigenio u océano compuesto por bosones. Esta Gran Expansión Asociativa (Felder, 2013: 22) presupuso la separación de las fuerzas elementales que antes se encontraban regidas por una misma armonía.

De acuerdo a Randall el descubrimiento del bosón de Higgs “forma parte de la historia de la evolución del universo, cuando se rompió su simetría inicial, las partículas adquirieron masa, se formaron los átomos, estructuras mayores y luego nosotros” (2012: 11). Este tipo de narrativas, provenientes de físicos teóricos y experimentales, cumplen la función ontológica de un mito a medida que se “enraíza la vida humana en el cosmos y su orden arquetípico” (Amador, 2008: 155). En la reconstrucción de este rompecabezas cosmológico el Experimento ATLAS obtiene su logotipo y es nombrado en honor a ese titán de la mitología griega: representa la voluntad y esfuerzo antropomórficos que sustentan la masa de nuestro mundo material y energético.

En física cuántica este mito manifiesto del origen y del estado prístino del universo, frente al mito latente de la destrucción o colapso, provoca una tensión tópica (Durand, 2012: 116). Esto se debe a que, por un lado, la física de partículas

busca explicar la procedencia espaciotemporal del cosmos y, por otro lado, los principios esenciales de la antimateria, la muerte de estrellas, y el enfriamiento inevitable del espacio; sin mencionar el mecanismo destructivo detrás de las bombas atómicas<sup>53</sup>.

La simetría y el equilibrio son las lecciones fundamentales de este mito constitutivo. En física teórica esto equivaldría al teorema de Noether, el cual explica que toda simetría atribuible a un sistema físico posee una ley de conservación correspondiente (Lederman y Hill, 2006). En efecto, el balance es el valor paradigmático en la física (Barrow, 2005: 96), ya sea como una anulación de fuerzas opuestas, o la existencia sistemática de homologías (p. ej. energía oscura, antimateria, universos paralelos, agujeros blancos, etcétera).

Desde su interpretación física la Figura 1 está inmersa en una tensión entre **la simetría y la complejidad ya que “la búsqueda de simetrías fue fundamental en el desarrollo de varias teorías de campos cuánticos unidos en el Modelo estándar de física de partículas” (Ladyman, 2008: 360). Esto se debe a que los modelos basados en simetría hacen teóricamente manejables a los fenómenos cuánticos.**

Es decir, las implicaciones arquetípicas de la Figura 1 también se remontan a su misma fundamentación conceptual en el modelo estándar de física de partículas: **“todo concepto auténticamente físico y todo juicio físico básico entraña esa ‘síntesis de lo opuesto’, ya que siempre se trata de relacionar dos formas distintas de multiplicidad y, por así decirlo, de hacerlas que se compenetren” (Cassirer, 1976: 480).**

Para Durand estas oposiciones semánticas u homologías diferenciales no serían más que, precisamente, arquetipos junguianos manifestados en el imaginario científico. La razón de ello es que funcionan como temas con

---

<sup>53</sup> Así como el LHC ha sido apodado la “Máquina del Big Bang”, también ha sido objeto de especulaciones pseudocientíficas sobre su potencial como una fuente de destrucción masiva accidental. Concretamente se le ha señalado erróneamente en algunos medios de comunicación como un experimento con la capacidad de replicar fenómenos como un agujero negro masivo.

**generalidades formales: “discontinuo-continuo; simplicidad-complejidad; invariancia-evolución; etc.” (Durand, 2000:89).**

De ahí que una diversidad de pensadores, como Demócrito, Galileo, Newton, Einstein, Bohr, Planck, e incluso Higgs, actualice los mismos conceptos fundamentales o mitemas directrices en las matemáticas, la astronomía y la física, las cuales no podrían ser entendidas sin recurrir a temas intuitivos como el orden y el caos, la simetría y la asimetría, así como el origen y el final del Universo.

Mientras que el estudio físico de lo micro se lleva a cabo en las instalaciones subterráneas del LHC, el estudio astronómico de lo macro se realiza en las faldas de volcanes, los desiertos y desde el espacio exterior. Sin embargo, tanto la visualización microscópica de lo corpuscular, como la visualización telescópica de lo interestelar extienden las raíces y las ramas de nuestra conciencia semiósica como especie sobre la realidad cosmológica que, en primera instancia, es una serie de visualizaciones de lo invisible.

Los experimentos del LHC concretan esa conexión material e intelectual, nocturna y diurna, con el universo, al grado de ser considerados en un plano **antropológico como “el punto más alto en la creciente potestad que los seres humanos han logrado sobre el fuego”** (Corral, 2014: 113).

La materialidad del ser orgánico —integrado por partículas elementales— depende de la omnipresencia del ente metafísico —manifestado a través de campos de interacción o fuerzas elementales. En esta dialéctica el experimento ATLAS es un visor analógico o un dispositivo semiósico que nos permite inducir la manera en que lo particular integra a una generalidad que ya había sido deducida. En pocas palabras, nuestra conciencia no se confina a unas dimensiones corporales, sino que es el producto de una proyección e interiorización arquetípica del microcosmos y el macrocosmos:

El camino de la objetivación física de los fenómenos consiste en ascender desde las meras constantes materiales, esto es, desde lo particular de las

unidades cósicas hasta la universalidad de leyes unitarias más generales. El camino tomado por la moderna teoría cuántica es especialmente significativo en este sentido (Cassirer, 1976: 518).

Al igual que la realidad cosmológica, la Figura 1 depende de una empatía sensorial para poder ser interpretada por sus observadores<sup>54</sup>. Este simulacro visual o capacidad de seguimiento imaginario (Pereda, en Lizarazo, 2007: 30) define las estructuras simbólicas que codificamos visualmente, entre ellas la ciencia (Cassirer, 1994: 305). Más aun, la Figura 1 implica automáticamente proyectar la ubicación espacial y capacidad de locomoción de nuestro cuerpo respecto a la de los objetos visualizados (Monteiro, 2010: 129). Este acto interpretativo de situarnos en un tiempo y espacio representados posee la carga emocional latente de toda actividad humana. Al respecto Young comparte una metáfora provocativa:

"El científico masculino en busca de los secretos de la Naturaleza se vuelve un fotógrafo-director en busca de una estrella femenina hollywoodense cuyas cualidades él descubrirá, objetificará, situará, y narrará como un catalista a una cadena de eventos que siguen en respuesta a su presencia fílmica" (2011: 153).

De este modo la Figura 1 fungiría como una puesta en escena o teatralización de las leyes físicas que dan cuenta de una matriz material y energética. El Experimento ATLAS sería una fuerza o pulsión que manipula a la naturaleza para revelar sus habitualidades frente a una comunidad científica ansiosa por visualizar cada vez con mayor detalle.

Tanto la experiencia arquetípica como el pensamiento mítico componen un simbolismo antropológico (Ricoeur, 1996: 72) que ha sido proyectado

---

<sup>54</sup> Ha sido comprobado que las regiones cerebrales encargadas del procesamiento visual son compartidas y necesarias para algunos subsistemas sensoriales de propiocepción o el sentido de ubicación espacial y equilibrio de las partes de nuestro cuerpo (Lee, D. N.; Lishman, J. R., 1975).

históricamente sobre la ciencia. Al igual que el campo de Higgs, los átomos, el ADN, las órbitas planetarias, el geomagnetismo, entre otras abstracciones científicas, no habrían podido ser conceptualizadas —ni consideradas como **descubrimientos** científicos (Gibbons, 2012)— sin haber sido visualmente connotadas por esta predisposición de pensar simbólicamente, es decir de correlacionar metafóricamente manifestaciones aprehensibles o representámenes con entes inaprehensibles. Así, los humanos poseemos una preconcepción arquetípica del cosmos a partir de la visualidad **desde** nuestro mundo terrestre:

Una de las primeras grandes experiencias de la humanidad es que existe una regularidad, una cierta uniformidad en el acaecer natural, en los movimientos de los planetas, en la salida del sol o de la luna, en el cambio de las estaciones; también en el pensamiento mítico esta experiencia ha sido reconocida plenamente y ha encontrado su expresión característica (Cassirer, 1994: 309).

En resumen, la Figura 1 refleja convenciones culturales particulares y, por otra parte, alude a instancias arquetípicas persistentes en la humanidad (Barrow, 2005: 56). Estas implicaciones pueden ser abordadas desde una perspectiva semántica toda vez que las imágenes cuánticas se refieren a una realidad simbólica, cuyo significado ha de ser entendido a través de interpretaciones analógicas.



## Conclusiones

La Figura 1 está sujeta a una intencionalidad denotativa en el plano de su configuración sintáctica, mientras que en el plano de la interpretación posee una latencia connotativa indispensable para ser relacionada metafóricamente con una realidad simbólica. No obstante, la imagen requiere de una mediación pragmática que —a través de contratos icónicos y funciones discursivas— concilie dicho fundamento representacional con la interpretación análoga de sus usuarios.

Para continuar el análisis de estas implicaciones semiósicas ha de considerarse en todo momento el papel dinámico del interpretante en los ámbitos interdependientes de la observación experimental —que plantea problemas tecnológicos—, la Comunicación Pública de la Ciencia (CPC) —que plantea problemas divulgativos— y la significación visual-lingüística —que plantea problemas semánticos.

Desde esta perspectiva las nociones semiósicas de *representamen*, en lo particular, y de *representación*, en lo general, atañen a dos esferas semióticas interdependientes como son la significación y la comunicación. Por ello la interpretación es aquella categoría teórica que permitiría vincular a los fenómenos pragmáticos y comunicacionales con los fenómenos semánticos y de significación. No obstante, esto no quiere decir que sólo la semántica se ocupe del significado, y que la pragmática sólo se ocupe de lo comunicado. Más bien, son dominios filosóficos donde se enmarcan distintas teorías semánticas, pragmáticas y sintácticas interdependientes.

Este abordaje semiótico sugiere que las tres dimensiones de significación sustentan conjuntamente la ilusión referencial de realidad cuántica, sin la cual la Figura 1 no formaría parte de la consolidación pública y la argumentación científica en torno al hallazgo del bosón de Higgs. Así, tanto la significación, como la interpretación y la comunicación de esta imagen requieren de la esencia simbólica de la representación.

En cuanto a la dimensión sintáctica, la Figura 1 es interpretada como un entramado de índices en forma de píxeles. Esto implica que el ideal representacional de esta magnitud semiósica requiere de la detección experimental y unívoca de un choque subatómico en particular, cuyos resultados fueron predichos deductivamente por los físicos en términos de una manifestación o reacción de seguridad necesaria.

En la dimensión pragmática, la Figura 1 es interpretada como un representamen reproductivo y generativo. Es decir, por un lado su sintaxis aspira a reproducir propiedades relevantes de su objeto abstracto pero ostensible, y por el otro lado la fabrica en una imagen concreta pero modelística. Bajo esta lógica la Figura 1 requiere una lectura analógica o icónica guiada por estipulaciones lingüísticas que permitan comunicar algo coherente, útil y significativo sobre esa escena cuántica inefable. En pocas palabras, la imagen es un representamen retórico, sinestésico y transitivo porque transforma información no perceptual en un modelo perceptual digital y público.

En la dimensión semántica la Figura 1 es interpretada como una imagen que significa a partir de la ausencia de su objeto evanescente, con el cual guarda un nexo metafórico. En este sentido la imagen es una representación paradigmática que ejemplifica a los bosones de Higgs hallados por ATLAS hasta ese entonces. Esto es, la Figura 1 ya no representa exitosamente a un choque corpuscular único, sino que, a través de un argumento, se le asocia de manera comprensiva y deductiva a una legalidad cósmica o generalidad que seguirá interviniendo en los experimentos del futuro.

De la misma manera en que la naturaleza material de los objetos no restringe nuestra perspectiva o mirada, la detección experimental del bosón de Higgs no se deriva solamente de la percepción tecnológicamente asistida de un referente. Los científicos de ATLAS visualizaron a dicha partícula desde el momento en que se asumieron como observadores, e imaginaron y dedujeron la existencia de una realidad inteligible: una realidad cosmológica con la posibilidad

de ser cuantificada aunque no pueda representarse en su complejidad total mediante de signos lingüísticos o no lingüísticos.

Además de ser una experiencia eminentemente simbólica, la experimentación científica también se enraíza materialmente en la imbricación espaciotemporal de nuestra sinapsis respecto a las fuerzas elementales del cosmos, las cuales han influenciado la evolución y desarrollo de la vida orgánica con sus principios de balance, continuidad, asociación y entropía.

De este modo la semiosis puede ser interpretada, en el más amplio de los sentidos, como una continuidad asociativa entre el fanerón y el cosmos. De manera similar, el tiempo y el espacio, la materia y la energía son relaciones dialécticas a partir de las cuales se derivan tendencias legales que, por un lado son entrópicas y, por el otro, el producto de patrones o tendencias teleológicas. Es el método científico, mediante inferencias abductivas, deductivas e inductivas, el que busca esclarecer pragmáticamente esta semiosis entre lo micro y lo macro.

Bajo esta lógica el verdadero descubrimiento semiótico es aquel que desdibuja las fronteras entre campos semánticos, y aquel que nos recuerda que el intérprete científico es el cosmos descubriéndose a sí mismo como un misterio: aunque no se reduzca al funcionamiento legal de ellos, el intérprete es el reflejo del universo, la síntesis de sus leyes, simetrías y entropías.

Por otro lado, el verdadero hallazgo físico no sería descubrir qué son las partículas y las fuerzas elementales en sí mismas, sino comprender cuál es la naturaleza de la relación que guardamos con ellas y, a su vez, el darnos cuenta de cómo llegamos socialmente a ese descubrimiento trascendental.

Entonces, sería reduccionista dividir el conocimiento en ciencias de la naturaleza y ciencias del espíritu. El descubrimiento del origen de la materialidad del cosmos es una retrospectiva inductiva que extiende nuestra comprensión como habitantes conscientes de una realidad cosmológica anterior a nosotros. Irónicamente, en esta búsqueda de partículas elementales —que es la búsqueda de relaciones monádicas cada vez más fundamentales o que no puedan ser

subdivididas— el intérprete ha de desarrollar una simpatía cósmica por el todo cada vez más profunda.

Estudiar semióticamente las representaciones visuales de la física implica una interdisciplinariedad ineludible. Nos lleva a reflexionar sobre la condición orgánica de nuestro cuerpo y nuestra mente: urdimbres materiales (orgánicas) y energéticas (electromagnéticas) estudiadas igualmente por la biología, la física, la química, la geología y la astronomía.

El hallazgo de esta partícula consolida una visión prevaleciente del mundo o una cosmovisión científicista: la física cuántica es el paradigma dominante en la ciencia moderna porque guía las investigaciones internacionales tecnológicamente más avanzadas. Tal revelación experimental es un síntoma cultural o una expresión de tendencias generales y esenciales del espíritu humano contemporáneo: el siglo XXI es visto como el umbral de la búsqueda de los orígenes genéticos, geográficos y cosmológicos de nuestra existencia como especie, y como conciencia sobre el Universo.

Si bien el sistema filosófico desarrollado por Peirce es fundamental para organizar un análisis semiótico como el que aquí se propone, también es pertinente darle actualidad al aprovechar las acotaciones hechas por parte de la antropología simbólica, la hermenéutica y la filosofía de la ciencia contemporáneas. Articular dichos paradigmas intelectuales nos permite abordar la significación de la Figura 1 más allá del ámbito experimental de donde emerge.

Por otro lado, comunicar y contrastar entre sí a dichas esferas teóricas es una manera de retomar las raíces filosóficas de la semiótica peirceana como una disciplina encaminada al entendimiento social del significado y el sentido de las expresiones humanas (entre ellas la física) a través de un metalenguaje científico, es decir, dependiente de comunidades de investigadores.

Aunque los hallazgos del experimento ATLAS también son relevantes para las ciencias sociales y sus disciplinas —debido a las implicaciones representacionales, discursivas y políticas en la CPC— la literatura reciente que

versa sobre la trascendencia del bosón de Higgs proviene principalmente de la perspectiva divulgativa y de alfabetización científica de físicos, tales como Baggott (2003), Corral (2014), Randall (2012), Russell (2012), Anoro y Casas (2012), Close (2012), Lederman y Teresi (2013) y Lederman y Hill (2014).

Por otro lado, si bien el concepto de *signo* ha sido crucial para la justificación epistemológica de la evidencia en la historia de la ciencia (Guillaumin, 2005), la literatura filosófica frecuentemente citada sobre las prácticas representacionales en ciencias han dejado de lado implicaciones semióticas (Perini, 2012: 155) y pragmáticas de las imágenes tales como modelos, gráficas, diagramas, etcétera.

Concretamente, la investigación en este campo ha caracterizado a las imágenes científicas en términos de representación (Suárez, 2009), idealización (McMullin, 1985; Ladyman, 2008; Weisberg, 2007), abstracción (Nersessian, 2002; Coniglione, 2004; Jones, 2005), ficción (Sugden, 2011), credibilidad (Cartwright, 2009), observación (Radder, 2011), cognición (Martínez and Huang, 2011), y ejemplificación o capacidades explicativas (Elgin, 2009).

Aprovechando dicho contexto, esta tesis es pertinente porque contribuye a un bajo pero creciente número de estudios no físicos sobre el bosón de Higgs, los cuales, retoman discusiones filosóficas sobre modelos paradigmáticos que han disparado revoluciones científicas (p. ej. el modelo atómico Rutherford–Bohr, el modelo espaciotemporal de Einstein, el sistema Lorenz, el teorema de la simetría de Noether, el principio de incertidumbre de Heisenberg, la ecuación de Schrödinger, la ley de Plank, el mecanismo de Higgs, etcétera).

En suma, esta investigación aspira a contribuir a los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT), y a los estudios de Imaginología y Visualización Científica (SIV, por sus siglas en inglés) **cuyo estado del arte “...explora las trayectorias de las imágenes científicas desde su producción y lectura a través de su difusión, despliegue, y adopción en diferentes mundos sociales, hasta su**

incorporación en las vidas e identidades de individuos, grupos e instituciones” (Mogoş, 2012: 14).

Aunque un estudio de recepción y apropiación de contenidos científicos por parte de audiencias se encuentra fuera del alcance de la presente tesis, se vislumbran posibilidades de investigación pragmática y hermenéutica concernientes a esos ámbitos. De ahí que este análisis se haya encontrado con la necesidad urgente de ahondar papel del texto lingüístico en la comprensión de contenidos científicos que incluyan imágenes científicas.

A su vez, estos planteamientos (que no descartan abordajes de tipo antropológico y sociológico) recalcan la necesidad y la oportunidad de vincular los estudios filosóficos y divulgativos de las representaciones visuales en física cuántica con perspectivas lingüísticas más específicas.

## Fuentes citadas y/o referidas

- The Oxford Handbook of Philosophy of Biology*. (2008) (M. Ruse Ed.). Nueva York: Oxford University Press.
- Allamel-Raffin, Catherine. (2011). The Meaning of a Scientific Image: Case Study in Nanoscience a Semiotic Approach. *NanoEthics*, 5(2), 165-173.
- Allen, Roland E. (2014). The London–Anderson–Englert–Brout–Higgs–Guralnik–Hagen–Kibble–Weinberg mechanism and Higgs boson reveal the unity and future excitement of physics. *Journal of Modern Optics*, 61(1), 1-6.
- Amador, Julio. (2008). *El significado de la obra de arte: conceptos básicos para la interpretación de las artes visuales*. México: UNAM.
- \_\_\_\_\_. (2015). *Comunicación y cultura: conceptos básicos para una teoría antropológica de la comunicación*. México: UNAM.
- Anoro, Teresa Rodrigo; González, Alberto Casas. (2012). *¿Qué sabemos del bosón de Higgs?* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- ATLAS Collaboration. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716, 1-29.
- Baggott, J. (2003). Higgs: The Invention and Discovery of the ‘God Particle’ by J. Baggott. *Contemporary Physics*, 54(1).
- Baldasso, Renzo. (2006). The Role of Visual Representation in the Scientific Revolution: A Historiographic Inquiry. *Centaurus*, 48(2), 69-88.
- Barceló, Juan A. (2001). Virtual reality and scientific visualization. Working with models and hypotheses. *International Journal of Modern Physics*, 12(4), 569-580.
- Barr, Stephen M. (2006). *Students Guide to Natural Science (Guides to Major Disciplines)*: Intercollegiate Studies Institute Books.
- Barrena, S. y Nubiola, J. (2007). Charles Sanders Peirce. En L. F. y. M. J. A. Fernández (Ed.), *Philosophica: Enciclopedia filosófica on line*. Roma: Facultad de Filosofía de la Universidad Pontificia de la Santa Cruz.
- Barrow, John D. (2007). *El universo como obra de arte*. España: Crítica.
- Barthes, Roland. (1997). *Image-Music-Text*. Londres: Fontana Press.
- \_\_\_\_\_. (2009). *La aventura semiológica*. Barcelona: Paidós.
- \_\_\_\_\_. (2010). *Mitologías. Primera edición. México 1980. 256 pp*. México: Siglo XXI.
- Barwich, Ann-Sophie. (2013). Science and Fiction: Analysing the Concept of Fiction in Science and its Limits. *Journal for General Philosophy of Science* 44(2), 357-373.
- Battaner Arias, Enrique. (2002). La percepción pública de la Ciencia: un ensayo histórico. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura* (Nº 683-684), 617-636.
- Beuchot, Mauricio. (2004). *La Semiótica: teorías del signo y del lenguaje en la historia*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (2014). *Semiótica*. México: Paidós.
- \_\_\_\_\_. (2014b). *Charles Sanders Peirce: Semiótica, iconicidad y analogía*. México: Herder.
- \_\_\_\_\_. et al. (2007). *Semántica de las imágenes*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- \_\_\_\_\_. (2009). *Tratado de hermenéutica analógica: hacia un nuevo modelo de interpretación*. México: UNAM.
- Brent, Joseph. (1998). *Charles Sanders Peirce: A Life*. Bloomington, Indiana: Indiana

- University Press.
- Bryson, Steve. (1996). Virtual Reality in Scientific Visualization. *Communications of the ACM*, 39(5), 62-71.
- Burch, Robert. (2014). Charles Sanders Peirce. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford: Center for the Study of Language and Information (CSLI).
- Burri, Regula Valérie y Dumit, Joseph. (2008). Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. En O. A. Edward J. Hackett, Michael Lynch, Judy Wajcman (Ed.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (pp. 297-318). Reino Unido: MIT Press.
- Calderón Sánchez, Humberto. (2009). *Introducción al conocimiento de la imagen. Sociedad, medios, educación*. México: Siglo XXI.
- Cartwright, Nancy. (2009). If No Capacities Then No Credible Worlds. But Can Models Reveal Capacities? *Erkenntnis*, 70, 45–58.
- Cassirer, Ernst. (1962). *An Essay on Man: An Introduction to a Philosophy of Human Culture*. Inglaterra: Yale University Press.
- \_\_\_\_\_. (1976). *Filosofía de las formas simbólicas III: fenomenología del reconocimiento*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (1994). *Antropología filosófica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Castaignts Teillery, Juan. (2011). *Antropología simbólica y neurociencia*. Ciudad de México: Anthropos y Universidad Autónoma Metropolitana.
- Chalmers, Matthew. (2015). It's the faster, stronger, better Large Hadron Collider. *New Scientist* (3011), 7.
- Chiriac, Horia-Costin. (2011). Scientific Representations and the Dynamics of Descriptive Imaginary. *Argumentum: Journal the Seminar of Discursive Logic, Argumentation Theory & Rhetoric*, 9, 162-168.
- Chiriac, Horia-Costin. (2012). Scientific mythology and the dynamics of scientific concepts. *Argumentum: Journal the Seminar of Discursive Logic, Argumentation Theory & Rhetoric*, 10(1), 182-190.
- Ciapuscio, Guiomar Elena. (2011). De metáforas durmientes, endurecidas y nómades: un enfoque lingüístico de las metáforas en la comunicación de la ciencia. *Arbor, Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 187-747, 89-98.
- Close, Frank. (2012). Higgs boson: beginning of the end or end of the beginning? *Contemporary Physics*, 53(4).
- CMS Collaboration. (2012). Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. *Physics Letters B*, 716, 30-61.
- Corral, Gerardo. (2014). *El Higgs, el universo líquido y el Gran Colisionador de Hadrones*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Cox, Donna J. (2008). Using the Supercomputer to Visualize Higher Dimensions: An Artist's Contribution to Scientific Visualization. *Leonardo*, 41(4), 391-400.
- Crease, Robert P. (1997). Hermeneutics and the natural sciences: Introduction. *Man and World* (30), 259–270.
- Cruz Revueltas, Juan Cristóbal. (2009). *¿Signo, ícono o ídolo?* Ciudad de México: Siglo XXI.
- Cushing, James T. (1994). *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony*: The University of Chicago Press.
- de Rijcke, Sarah, y Beaulieu, Anne. (2007). Taking a Good Look at Why Scientific Images



- Don't Speak for Themselves. *Theory & Psychology*, 17(5), 733-742.
- Deely, John N. (1996). *Los fundamentos de la semiótica*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Denkmayr, Tobias, et al. (2014). Observation of a quantum Cheshire Cat in a matter-wave interferometer experiment. *Nature Communications*, 5.
- Downes, Stephen M. (2009). Models, Pictures, and Unified Accounts of Representation: Lessons from Aesthetics for Philosophy of Science. *Perspectives on Science* 17(N° 4), 417-428.
- Durand, Gilbert. (2000). *Lo imaginario*. Barcelona: Ediciones de Bronce.
- \_\_\_\_\_. (2007). *La imaginación simbólica*. Argentina: Amorrortu.
- \_\_\_\_\_. (2012). La mitocrítica paso a paso. *Acta Sociológica* (57), 105 –118.
- Eco, Umberto. (1976). *Signo*. Barcelona: Editorial Labor.
- \_\_\_\_\_. (1989). *La estructura ausente: introducción a la semiótica* (Tercera ed.): Lumen.
- \_\_\_\_\_. (1990). *Semiótica y filosofía del lenguaje*. Barcelona: Lumen.
- \_\_\_\_\_. (1992). *Los límites de la interpretación*. Barcelona: Lumen.
- \_\_\_\_\_. (2000). *Tratado de semiótica general*. España: Lumen.
- Elgin, Catherine. (2009). Exemplification, Idealization and Scientific Understanding. In M. Suárez (Ed.), *Fictions in Science* (pp. 77-90).
- Eliade, Mircea. (1974). *Tratado de historia de las religiones*. Madrid: Cristiandad.
- Elizondo, Jesús Octavio. (2012). *Signo en acción: el origen común de la semiótica y el pragmatismo*. México: Paidós.
- Englert, F y Brout, R. (1964). Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons. *Physical Review Letters*, 13(9), 321-323.
- Farkas, József y Sarbo, Janos. (2002). A Peircean Ontology of Semantics. *Lecture Notes in Computer Science Volume 2393*, 177-190.
- Farmer, Steve, et.al. (2002). Neurobiology, Layered Texts, and Correlative Cosmologies: A Cross-Cultural Framework for Premodern History. *Bulletin of the Museum of Far Eastern Antiquities*, 72(2000), 48-90.
- Felder. (2013). *Acerca de la "Partícula de Dios": Teoría Integrada de la Materia, el Espacio y el Tiempo*. Buenos Aires: Proyecto Larsen.
- Fló, Juan. (2010). *Imagen, ícono, ilusión: investigaciones sobre algunos problemas de la representación visual*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Frigg, Roman. (2006). Scientific Representation and the Semantic Conception of Theories. *Theoria*, 21(55), 49-65.
- Galison, Peter L. (1997). *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. Estados Unidos: University Of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_. (2002). Images Scatter into Data. Data Gather into Images. In B. y. W. Latour, Peter (Ed.), *Iconoclash: Beyond the Image Wars in Science, Religion, and Art* (pp. 300-322). Cambridge: MIT Press.
- García, Carlos. (1989). *La mitología: interpretaciones del pensamiento mítico*. Barcelona: Montesinos.
- Gentner, Dedre, & Jeziorski, Michael (1993). The shift from metaphor to analogy in Western science *Metaphor and Thought* (2 ed., pp. 447-480 ): Cambridge University Press.
- Ghins, Michel. (2012). Scientific Representation and Realism. *Principia*, 15(3), 461-474
- Gibbons, Michelle. (2008). Scientific Images, Hermeneutic Privileges. *Conference*

- Papers -- National Communication Association*, 1.
- Gibbons, Michelle G. (2012). Reassessing Discovery: Rosalind Franklin, Scientific Visualization, and the Structure of DNA. *Philosophy of Science*, 79(1), 63-80.
- Giere, Ronald N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752.
- Gigante, María E. (2012). Accommodating Scientific Illiteracy: Award-Winning Visualizations on the Covers of "Science". *Journal of Technical Writing and Communication*, 42(1), 21-38.
- Gombrich, E. H. (1972). The visual image. *Scientific American*, 227(3).
- Gómez López, Susana. (2013). De la mimesis a la representación: empirismo y lenguaje en los orígenes de la ciencia moderna. *Revista de Filosofía*, 31(8), 57-77.
- \_\_\_\_\_. (2005). Modelos y representaciones visuales en la ciencia. *Escritura e imagen*(1), 83-116.
- Guevara Villegas, Aline. (2005). *Planeación y creación de textos visuales para la comunicación de la ciencia*. (Tesis de licenciatura), UNAM, México.
- \_\_\_\_\_. (2015). *Visualizar lo invisible: Propuesta para analizar las interacciones entre sistemas culturales de conocimiento mediante la comunicación pública de la ciencia y la tecnología*. (Tesis de maestría), UNAM, México.
- Guillaumin, Godfrey. (2005). *El surgimiento de la noción de evidencia. Un estudio de epistemología histórica sobre la idea de evidencia científica*. México: UNAM.
- Hawking, Stephen y Mlodinow, Leonard. (2010). *The Grand Design: new answers to the ultimate questions of life*. Nueva York: Bantam Books.
- Heisengerb, Werner. (1971). *Physics and Philosophy: the revolution in modern science*. Londres: Ruskin House.
- Higgs, Peter W. Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons. *Physical Review Letters*, 13(16), 508-509.
- Johnson, Davi. (2008). *Brain Images as Rhetorical Resources: Scientific Authority and the 'Democratization of Expertise'*. Paper presented at the annual meeting of the NCA 94th Annual Convention, San Diego, CA.
- Jung, Carl. (1960). *The Structure and Dynamics of the Psyche (Collected Works of C.G. Jung)*: Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_. (1970). *Arquetipos e inconsciente colectivo*. Barcelona: Paidós.
- Kerényi, K. et al. (1994). *Arquetipos y símbolos colectivos*. Barcelona: Anthropos.
- Knuuttila, Tarja. (2011). Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 42(2), 262-271.
- Kottak, Conrad Phillip. (1997). *Antropología cultural: Espejo para la Humanidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- Kusenko, Alexander; Pearce, Lauren; y Yang Louis. (2015). Postinflationary Higgs Relaxation and the Origin of Matter-Antimatter Asymmetry. *Physical Review Letters*, 114 (061302 ), 1-5.
- Ladyman, J. (2008). Idealization. En C. M. Psillos S. (Ed.), *The Routledge Companion to Philosophy of Science* (pp. 358-366). Nueva York: Routledge.
- Lang, Thomas A. (2009). When a Picture Needs 1,000 Words. *CHEST*, 135(6), 1688-1691.
- Lederman, Leon, y Christopher T. Hill (2013). *Beyond the God particle*. Nueva York: Prometheus Books.

- Lederman, Leon, y Teresi, Dick. (2013). *La partícula divina: si el universo es la respuesta ¿cuál es la pregunta?* México: Booket.
- Lederman, Leon M. y Hill, Christopher T. (2006). *La simetría y belleza del universo*: Tusquets.
- Ledoux, Stephen F. (2002). Defining Natural Sciences. *Behaviorology Today, Vol. 5* (N°1), 34-37.
- Lee, D. N.; Lishman, J. R. (1975). Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies, 1*(2), 87-95.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. En *Reading Science. Functional and Critical Perspectives on Science Discourses* (87-113). J.R, Martin y R. Veel (Eds.) Londres: Routledge.
- Lizarazo Arias, Diego. (2004). *Íconos, figuraciones, sueños: hermenéutica de las imágenes*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- \_\_\_\_\_. (coord.). (2007). *Semántica de las imágenes: Figuración, fantasía e iconicidad*. México: Siglo XXI.
- Lüthy, Christoph y Smets, Alexis (2009). Words, Lines, Diagrams, Images: Towards a History of Scientific Imagery. *Early Science and Medicine, 14*(1), 398-439.
- Luzón Marco, María José. (1994). A functional-semiotic analysis of visual aids in scientific discourse. *Miscelánea: A journal of english and american studies* (15), 367-390.
- Lynch, Michael. (1998). The Production of Scientific Images: Vision and Re-Vision in the History, Philosophy, and Sociology of Science. *Communication & Cognition, 31*(2), 213-228.
- Marafioti, Roberto. (2004). *Charles S. Peirce: el éxtasis de los signos* (Seg. ed.). Buenos Aires: Biblos.
- Másmela, Carlos. (2006). *Dialéctica de la imagen: una interpretación del Sofista de Platón*. Barcelona: Anthropos.
- McCabe, David P., & Castel, Alan D. (2008). Seeing is believing: The effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition, 107*(1), 343-352.
- McMullin, Ernan. (1985). Galilean Idealization. *Studies in History and Philosophy of Science, 16*(3), 247-227.
- Mogoş, Andreea. (2012). Scientific images and visualisations in Digital Age. From Science to Journalism. *Journal of Media Research, 5*(3), 10-20.
- Montañés Perales, Óscar. (2010). La cultura científica como fundamento epistemológico de la comunicación pública de la ciencia. *Artefactos* (3), 187-229.
- Monteiro, Marko. (2010). Beyond the merely visual: Interacting with digital objects in interdisciplinary scientific practice. *Semiotica, 181*(1), 127-147.
- Moreno Castro, Carolina. (2010). La construcción periodística de la ciencia a través de los medios de comunicación social: hacia una taxonomía de la difusión del conocimiento científico. *Artefactos*( N°. 3), 109-130.
- Morris, Charles. (1971). *Writings on the General Theory of Signs*. Países Bajos: Mouton.
- Municio, Ángel. (2003). Ambos son una cultura. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad, 1*(1).
- Muñoz Dagua, Clarena. (2010). El rol de la metáfora léxica en la divulgación de la ciencia. *Tabula Rasa*(N° 13), 273-292.
- Nersessian, Nancy. (2002). Abstraction via generic modeling in concept formation in science. *Mind & Society, 3*(1), 129-154.

- Northcut, Kathryn. (2006). Images as Facilitators of Public Participation in Science. *Journal of Visual Literacy*, **26**(1), 1-14.
- Noth, Winfried. (2001). Ecosemiotics and the semiotics of nature. *Sign Systems Studies*, **29**(1), 71.
- Pape, Helmut. (1984). Laws of Nature, Rules of Conduct and their Analogy in Peirce's Semiotics. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, **20**(3), 209.
- Peirce, Charles S. (1931-1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, vols. 1-8, C.* Vol. 1-8. W. P. y. B. A. W. Hartshorne C. (Ed.). Estados Unidos: Harvard University Press.
- Perini, Laura. (2012). Image Interpretation: Bridging the Gap from Mechanically Produced Image to Representation. *International Studies in the Philosophy of Science*, **26**(2), 153-170.
- Peters, Ted y Peterson, Carl. (2013). The Higgs Boson: An Adventure in Critical Realism. *Theology and Science*, **11**(3), 185–207.
- Pimentel, Juan. (2010). Qué es la historia cultural de la ciencia. *Arbor, Ciencia, Pensamiento y Cultura* (743), 417-424.
- Radder, Hans. (2011). *El mundo observado, el mundo concebido*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Randall, Lisa. (2012). *El descubrimiento del Higgs: una partícula muy especial*. Barcelona: Acantilado.
- Reese, William L. (1961). Peirce on abstraction. *The Review of Metaphysics*, **14**(4), 704-713.
- Reséndiz, Rafael. (1996). *Semiótica, comunicación y cultura (Notas sobre la teoría de la significación)*. México: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM.
- Revilla, Federico. (2004). *Fundamentos antropológicos de la simbología*. España: Cátedra.
- Ricoeur, Paul. (1980). *La metáfora viva*. Madrid: Ediciones Cristiandad.
- \_\_\_\_\_. (1995). *Teoría de la interpretación: discurso y excedente de sentido*. México: Siglo XXI.
- Riesenhuber, Maximilian, et al. (2015). Adding Words to the Brain's Visual Dictionary: Novel Word Learning Selectively Sharpens Orthographic Representations in the VWFA. *The Journal of Neuroscience*, **35**(12), 4965-4972.
- Rijcke, Sarah , & Beaulieu, Anne. (2007). Essay Review: Taking a Good Look at Why Scientific Images Don't Speak for Themselves. *Theory & Psychology*, **17**(5), 733-742.
- Rivadulla, Andrés (2006). Metáforas y modelos en ciencia y filosofía. *Revista de Filosofía*, **31**(2), 189-202.
- Rivas Monroy, María Uxía. (1998). Verdad, realidad y ciencia en C.S. Peirce. *Ágora: Papeles de Filosofía*, **14**(2), 79-94.
- Rivas Monroy, María Uxía. (2001). La semiosis: un modelo dinámico y formal de análisis del signo *Razón y palabra* (21), Sin número de páginas.
- Rorty, Richard. (1998). *El Giro Lingüístico: Dificultades Metafilosóficas de la Filosofía Lingüística*. Barcelona: Paidós.
- Russ, John C. (2004). Seeing the Scientific Image, Part 1. *Proceedings of the Royal Microscopical Society*, **39**(2), 97-114.
- \_\_\_\_\_. (2004b). Seeing the Scientific Image, Part 2. *Proceedings of the Royal Microscopical Society*, **39**(3), 179-193.

- \_\_\_\_\_. (2004c). Seeing the Scientific Image, Part 3. *Proceedings of the Royal Microscopical Society*, **39**(4), 267-281.
- Russell, Robert John (2012). The Higgs Boson, the Rationality of Nature, and the Logos of God. *Theology and Science*, **10**(4).
- Salupere, Silvi. (2011). Semiotics as science. *Sign System Studies*, **39**(2-4), 271-289.
- Sebeok, Thomas. (1996). *Signos: una introducción a la semiótica*. Barcelona: Paidós.
- Sisto, Vicente Mario. (1998). Del signo al sentido: aproximaciones para un estudio semiótico de la conciencia. *Documentos de trabajo*(37), 45.
- Smith, Lisa, et al. (2011). **Aesthetics and Astronomy: Studying the Public's Perception and Understanding of Imagery From Space**. *Science Communication*, **33**(2), 201-238.
- Suárez, Mauricio. (2003). Scientific representation: against similarity and isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science*, **17**(3), 225-244.
- \_\_\_\_\_. (2008). Scientific Fictions as Rules of Inference. En M. Suárez (Ed.), *Fictions in science: philosophical essays on modeling and idealisation* (pp. 158-179). Londres: Routledge.
- \_\_\_\_\_. (2009). Scientific representation. *Philosophy Compass*, **Vol.1** (N°5), 91-101.
- \_\_\_\_\_. (2014). Fictions, Conditionals, and Stellar Astrophysics. *International Studies in the Philosophy of Science*, **3**(27), 235-252.
- Sugden, Robert. (2008). Credible Worlds: The Status of Theoretical Models in Economics). En D. M. Hausman (Ed.), *The Philosophy of Economics- An Anthology* (pp. 476-509).
- Trafton, J. gregory, Trickett, Susan B., & Mintz, Farilee E. (2005). Connecting Internal and External Representations: Spatial Transformations of Scientific Visualizations. *Foundations of Science*, **10**(1), 89-106.
- Trevi, Mario. (1996). *Metáforas de símbolo*. Bachelona: Anthropos.
- Uskokovic, Vuk. (2009). A collection of micrographs: where science and art meet. *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*, **Vol. 7** ( N° 3), 231–247.
- van Frassen, C. Bas. (1980). *The scientific image*. Nueva York: Oxford University Press.
- \_\_\_\_\_, C. Bas. (2008). *Scientific representation. Paradoxes of Perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- Váňa, Jan (2015). *Where does the “God” within the “God particle” come from?: Cultural sociological analysis of the Higgs boson research*. (Tesis de Maestría), Universidad de Masaryk, Brno.
- Vega Encabo, Jesús. (2002). Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*, **173**(683-684), 521-552.
- \_\_\_\_\_. (2012). Los límites de la visibilidad: ciencia e imagen. En A. García Varas (Ed.), *Filosofía e(n) imágenes: interpretaciones desde el arte y el pensamiento contemporáneos* (pp. 41-69). Zaragoza: Fernando el Católico.
- Wasik, Zdzislaw. (2001). On the biological concept of subjective significance: A link between the semiotics of nature and the semiotics of culture. *Sign Systems Studies*, **29**(1), 83.
- Weisberg, Michael. (2007). Three Kinds of Idealization. *The Journal of Philosophy*, **104**(12), 639-659.
- Whitson, Tony. (1997). Cognition as a Semiotic Process: From Situated Mediation to Critical Reflective Transcendence. *Situated Cognition: Social, Semiotic, and*

- Psychological Perspective*, 97-149.
- Wilczek, Frank (2015). Physics in 100 Years. *MIT Center for Theoretical Physics*, 25.
- Willem du Toit, Cornelius (2014). The Higgs Boson, Creation and “Truth”: In Search of a Common Understanding.** *Religion and Theology*, 21(3-4), 380-400.
- Winther, Rasmus G. (2014). Mapping Kinds in GIS and Cartography. In C. Kendig (Ed.), *Natural Kinds and Classification in Scientific Practice*: Pickering & Chatto.
- Wise, M. Norton. (2006). Focus: Making Visible. *Isis* (97), 75-82.
- Young, Kay. (2011). The Aesthetics of Elegance and Extravagance in Science and Art. *Narrative*, 19(2), 149-170.
- Yu, Liu, & O'Halloran, Kay L. (2009). Intersemiotic Texture: analyzing cohesive devices between language and images. *Social Semiotics*, 19(4), 367-388.
- Zeman, Jay. (1997). Peirce's Theory of Signs.** En T. Sebeok (Ed.), *A perfusion of signs* (pp. 22-39). Bloomington: Indiana University Press.

## **Sitios web referidos a pie de página**

Comunicado institucional del CERN sobre el hallazgo de un bosón Higgs en 2012:  
<http://press.web.cern.ch/press-releases/2012/07/cern-experiments-observe-particle-consistent-long-sought-higgs-boson>

Galería de imágenes de eventos de colisiones en el Experimento ATLAS:  
<http://cds.cern.ch/record/1459495>

Diapositivas con los resultados experimentales presentados en seminario de especialistas del CERN:  
<https://indico.cern.ch/event/284760/>

Anuncio en 2013 de la confirmación del hallazgo del bosón Higgs por parte del Experimento ATLAS: <http://atlas.ch/news/2013/higgs-into-fermions.html>.

Descripción técnica del funcionamiento del detector ATLAS, así como un video monográfico de sus componentes:  
<http://www.atlas.ch/pixel-detector.html>  
<http://www.atlas.ch/detector.html>

## **Video-documentales**

*Particle Fever* (2013), documental dirigido por Mark Levinson. El video está disponible en la dirección: <http://particlefever.com/>

*Subatomic: The European Organization for Nuclear Research* (2015), documental realizado en 2013 por Arthur Ou. Este filme es la quinta entrega de una serie documental titulada *The Invisible Photograph*, hecha en colaboración con el CERN para el Museo Carnegie de Arte en Pensilvania, Estados Unidos. Para visualizar el video recomiendo visitar la siguiente dirección: <http://www.nowseethis.org/invisiblephoto>