

## PEIRCE EN LA CIENCIA Y LA FILOSOFÍA DEL SIGLO XXI: NUEVAS OPORTUNIDADES

### III Jornadas "Peirce en Argentina"

Eliseo Fernández

Linda Hall Library of Science and Technology

5109 Cherry St.

Kansas City, MO 64110, USA

[marcieli@swbell.net](mailto:marcieli@swbell.net)

### RESUMEN

Esta ponencia se fija tres metas principales por medio de un examen de obstáculos que han coartado la recepción de importantes contribuciones de Peirce por parte de filósofos y científicos.

En primer lugar, dado que Peirce anticipó de forma casi profética nuevas ideas que fueron luego descubiertas independientemente por otros investigadores, señalo la necesidad de explicar la sorprendente falta de influencia directa de su pensamiento sobre la interacción de ciencia y filosofía durante gran parte del siglo pasado.

En segundo término, después de considerar algunas de estas nuevas ideas (v. g. las nociones de indefinición y aleatoriedad reales, objetivas, en la física cuántica, la de la universalidad de las transacciones semióticas en biología, etc.), explico su ulterior adopción a regañadientes por la necesidad de dar cuenta de ciertas revelaciones experimentales anómalas o previamente insospechadas (v. g. enredamiento cuántico, código genético, etc.). Para acomodar conceptualmente estos fenómenos fue necesario modificar radicalmente algunas nociones fuertemente arraigadas. Éstas solían ser precisamente las que dificultaban la asimilación de las ideas peirceanas.

Finalmente esbozo una estrategia, basada en los puntos anteriores, para facilitar y fomentar la aplicación del pensamiento peirceano en ciencia y filosofía. Consiste esencialmente en combinar ideas de Peirce con otras nuevas y fecundas concepciones posteriores a su obra. La estrategia se ilustra en detalle en un caso en que parece haber logrado considerable éxito: **la biosemiótica**. Concluyo sugiriendo otros dominios de aplicación dentro de las interpretaciones relacionales de la física cuántica y del realismo relacional en la filosofía de la ciencia..

Palabras-clave: **Peirce, biosemiótica, física cuántica, realismo relacional**

### Introducción: La idiosincrasia del pensamiento de Peirce y la idiosincrasia de su recepción

Las trágicas vicisitudes que aquejaron a Peirce y a su obra de por vida son bien conocidas por los miembros de esta audiencia.<sup>1</sup> La supresión de sus escritos y la forma mutilada y fragmentaria en que vieron la luz durante la primera mitad del siglo pasado constituyó un obstáculo mayor a la difusión y recepción de sus ideas. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo la ardua labor de numerosos estudiosos ha resultado en notables progresos en la restitución, transcripción y publicación de una parte considerable del corpus peirceano. No

obstante, esta disponibilidad no ha bastado para lograr que los descubrimientos así transmitidos se apliquen consecuentemente a la resolución de problemas filosóficos y científicos actuales — una resolución que tal vez sea imposible sin ellos.

Esta situación nos incita a preguntarnos si existen otros factores que conspiran contra la adopción o el considerado rechazo de estas ideas por parte de pensadores contemporáneos. En lo que sigue esbozo en términos generales ciertas características de las tesis peirceanas que contribuyen a explicar las peculiaridades y anomalías de su recepción, aplicando al mismo tiempo algunas de estas mismas tesis para develar la naturaleza de estos obstáculos, tanto en sus rasgos generales como en los del caso particular que nos ocupa.

Para ajustarme a los límites de esta presentación me contentaré meramente en enunciar las ideas consideradas sin intentar incluir los argumentos que Pierce y otros autores avanzaron en su defensa. Los lectores de la versión escrita de esta ponencia encontrarán notas y referencias bibliográficas que los remitirán a citas y comentarios que desarrollan en detalle esos argumentos. Me limitaré además a considerar solamente un restringido grupo de ideas de especial interés para las ciencias de la naturaleza y su filosofía, dejando de lado importantes contribuciones a las ciencias humanas y las matemáticas que han padecido un destino semejante.

### **Las ideas de Peirce se aplican a sí mismas y a su evolución**

Uno de los rasgos característicos del pensamiento de Peirce es la adopción de ciertos ideales cognoscitivos de la filosofía moderna conjuntamente con un rechazo simultáneo de otras aspiraciones íntimamente asociadas con ellos. En particular, para nuestros propósitos es importante señalar su adopción del ideal kantiano de sistematicidad arquitectónica conjuntamente con el simultáneo rechazo de la aspiración a alcanzar tal ideal por vía “axiomática”. Con el término “axiomática” me refiero a una cadena de razonamientos puramente deductivos y a partir de premisas indubitables que involucran elementos últimos y no analizables.

En contraste con el enfoque “axiomático”, la unidad del sistema peirceano radica en el empleo complementario de razonamientos abductivos, deductivos e inductivos, entrelazados en una trama de hilos argumentales que se refuerzan mutuamente. Esta consiliencia permite alcanzar una contundencia inferencial que excede en gran medida el peso de cada argumento separado. Peirce ilustra la naturaleza de este apoyo recíproco con la imagen de un cable de gran resistencia, formado por el entrelazamiento de muchos filamentos relativamente débiles. La entereza de la cadena axiomática, por el contrario, nunca puede exceder la del más débil de sus eslabones.

Ese rechazo de elementos últimos y premisas indemostrables conduce a una arquitectura teórica de un nuevo cuño. El símil estático del edificio teórico cede el paso a una comparación con la arquitectura dinámica de los seres vivos, caracterizada por crecimiento, desarrollo y evolución. El significado de un concepto se ve constantemente enriquecido por las modificaciones y novedades que afectan a otros conceptos con los que está conectado dentro de un contexto teórico. Peirce cita el ejemplo del término “electricidad”, notando cuánto más significaba en sus días que en los días de Franklin: “...los hombres y las palabras se educan mutuamente; cada aumento de la información de un hombre entraña un aumento correspondiente de la información de una palabra, y recíprocamente”. CP: 5.513 (1868).

Ahora bien, si abrazamos esta concepción del desarrollo de las ideas nuestro examen de la recepción de las concepciones peirceanas no debe limitarse a indagar lo que Peirce haya querido decir con uno u otro enunciado. Debemos además conjeturar lo que él habría dicho si hubiera estado informado de otras importantes nociones que emergieron en las nueve décadas transcurridas desde su muerte, ya que al combinarse con ellas sus ideas habrían cobrado nuevos significados e implicaciones. Por consiguiente el examen de la influencia de las concepciones de Peirce sobre desarrollos filosóficos y científicos ulteriores debe contemplar las posibles transformaciones de esas ideas una vez que han entrado en contacto con tales novedades. Nos limitaremos aquí a considerar unas pocas entre muchas importantes revelaciones que emergieron en la física y la biología durante el siglo XX.

### **Algunas concepciones peirceanas redescubiertas por la física cuántica**

Con respecto a la física nuestra tarea incluye la elucidación de las posibles conexiones entre dos notables y discordantes fenómenos en la historia de la interacción entre física y filosofía durante el siglo pasado: 1) el insignificante impacto de la obra de Peirce en la interacción entre física y filosofía <sup>2</sup>, y 2) el reciente e independiente redescubrimiento por varios físicos de algunas de sus concepciones más originales.

En el segundo punto me refiero a un grupo de provocativas ideas estrechamente relacionadas entre sí y con la categoría peirceana de primeridad. Se trata de azar absoluto (*tijismo*), posibilidad real, mutabilidad de las leyes físicas, e imposibilidad de exactitud absoluta. Ideas muy emparentadas han surgido en ciertas interpretaciones actuales de la física cuántica bajo apelativos tales como: **indefinición objetiva**, **aleatoriedad objetiva**, **borrosidad** (*fuzziness*) **objetiva**, y **probabilidad objetiva** (no atribuible a la ignorancia del agente cognoscente).

Estas expresiones y otras semejantes han estado surgiendo en las dos últimas décadas dentro de enfoques distintos y relativamente independientes para solucionar las agudas dificultades filosóficas de la física cuántica. Estos problemas han aquejado a la teoría desde su nacimiento a pesar de su

incomparable éxito como instrumento para predecir y explicar los fenómenos y para originar un vasto dominio de aplicaciones técnicas. Dentro de estos trabajos debemos mencionar la interpretación relacional de Carlo Rovelli, la interpretación basada en la “fortuicidad genuina” de Aage Bohr<sup>3</sup> y Ole Ulfbeck, la “interpretación de Ítaca” de David Mermin, la interpretación de relacionalidad de Jeeva Anandan y la “interpretación de Pondicherry” de Ulrich Mohrhoff.

Sin reparar en sus importantes diferencias reuniremos estas propuestas bajo la común denominación de “interpretaciones relacionales”. Otros enfoques, que tratan de cimentar la física cuántica sobre el concepto de información (por autores tales como Bub, Pitowski y Zeilinger) comparten algunas de las nociones mencionadas. Ninguno de estos científicos parece haber sido influenciado por la obra de Peirce, lo que hace aún más notable esta parcial convergencia de ideas.

### **Las novedades cuánticas a la luz de las categorías peirceanas**

En esta escueta exposición no hay espacio para detallar los problemas filosóficos de la física cuántica ni las distintas características de las soluciones contempladas por las diferentes interpretaciones relacionales.<sup>4</sup> Me limitaré a dar una somera idea de algunas de las raíces conceptuales de dichas dificultades, articulada en la terminología de las categorías peirceanas, y de allí procederé a extraer ciertos rasgos comunes a esas interpretaciones. Creo que esos rasgos exhiben innegable afinidad con ideas que Peirce avanzó originalmente como solución a otros problemas más generales.

A partir de Newton lo que hoy llamamos física clásica se basó en un esquema explicativo de gran simplicidad. Peirce atribuyó esta “simplicidad natural” a ciertas disposiciones innatas y espontáneas de nuestro aparato cognitivo que tienden a ajustar nuestra conducta a las consecuencias de cambios que irrumpen en el medio. Estamos biológicamente programados para representar los fenómenos físicos como un mundo de objetos distintamente individuados por sus localizaciones en el espacio y el tiempo y que sufren transformaciones continuas y causalmente ordenadas. “...Cuanto más se apartan los estudios físicos de los fenómenos que han influido el desarrollo de la mente tanto menos podemos esperar que las leyes que los gobiernan sean “simples”, es decir compuestas de unas pocas concepciones naturales a nuestras mentes.” CP: 6.10 (1891).

El esquema explicativo clásico consiste en establecer una separación tajante entre algunas propiedades contingentes y mensurables de los fenómenos (**condiciones iniciales**) y ciertas reglas matemáticas de transformación (**leyes de evolución**) que restringen el posible curso de los acontecimientos. La aplicación de las leyes a las condiciones iniciales permite calcular un conjunto de cantidades que representa la predicción de un acontecimiento futuro.

Las **condiciones iniciales** caracterizan matemáticamente objetos y hechos de existencia actual, individuados por una exacta determinación de sus propiedades espaciales y temporales, representadas por relaciones métricas con respecto a marcos de referencia y relojes. Esta individuación ejemplifica la categoría peirceana de **segundidad**, que rige la existencia actual de objetos totalmente determinados por sus propiedades intrínsecas (no-relacionales) junto con una red de **relaciones diádicas** que constituyen sus pautas de acción y reacción en el espacio.

Por su parte, las **leyes de evolución** no tienen existencia individual. Su realidad consiste en representar un hábito o tendencia inflexible del curso de los fenómenos a exhibir repetidamente los mismos sucesos cada vez que se repitan previamente las mismas condiciones iniciales. En términos peirceanos esta necesidad física ejemplifica la categoría de **terceridad**, que rige la mediación entre lo actual y lo posible por medio de **relaciones triádicas** — relaciones que asumen su forma más conspicua en el encadenamiento lógico de pensamientos.

Después de innumerables triunfos (mecánica, electrodinámica, termodinámica, etc.) este esquema explicativo enfrentó barreras infranqueables en las primeras décadas de siglo XX. Estos límites surgieron de reiterados fracasos en explicar fenómenos recalcitrantes, como, por ejemplo, ciertas características de la emisión y absorción de ondas electromagnéticas (catástrofe ultravioleta) y el efecto fotoeléctrico. Esto llevó a introducir nuevos conceptos, incompatibles con el esquema explicativo clásico, y a explorar la estructura de la materia a niveles de resolución donde las nociones clásicas no son aplicables en principio.

Es notable que Peirce haya logrado vislumbrar esta situación con casi cuatro décadas de anterioridad a la invención de la mecánica cuántica y sin tener conocimiento de las anomalías mencionadas:

Cuando arribamos a los átomos la presunción en favor de una ley simple parece muy tenue. Cabe dudar seriamente que las leyes fundamentales de la mecánica se apliquen a los átomos individuales, y parece bien probable que sean capaces de moverse en más de tres dimensiones.  
CP:6.11(1891)

Finalmente, *circa* 1926, se halló un nuevo esquema explicativo tras muchos intentos y dificultades y gracias a la labor coordinada de varios de los físicos más brillantes de la historia. Por medio de este nuevo instrumento teórico, conocido como el “formalismo cuántico”, se ha logrado explicar y predecir los fenómenos de la escala subatómica con una precisión inigualada. A pesar de ello resulta extremadamente difícil establecer qué forma de realidad puede manifestarse en ciertos hechos desconcertantes, que no dejan de suscitar enorme perplejidad.

### **¿Qué concepción de la realidad sugieren las perplejidades cuánticas?**

La imagen del mundo físico que parece surgir de la teoría desafía nuestras intuiciones más básicas. Los objetos cuánticos no son distinguibles, la teoría prohíbe asignarles trayectorias definidas y ubicaciones precisas simultáneamente. Es imposible ordenar sus acciones en conformidad con las relaciones temporales y causales de los sucesos clásicos. No es posible adjudicarles propiedades independientes de los procedimientos instrumentales que los producen, detectan o miden. La lista de perplejidades puede prolongarse aún más incluyendo las paradojas de superposición (gato de Schrödinger) y el enredamiento cuántico.

A pesar de siete décadas de intensa labor intelectual estamos muy lejos de alcanzar un consenso acerca de qué forma de realidad se insinúa detrás de estas afrentas al sentido común. Presa de desesperación filosófica algunos investigadores han recurrido a soluciones que otros consideran ontológicamente

extravagantes: la perpetua multiplicación de universos paralelos, la acción del futuro sobre el pasado, la irrealidad del tiempo y, en algunas de las interpretaciones relacionales, la irrealidad de la materia.

Las interpretaciones relacionales, entre las soluciones más recientes y promisorias, representan una convergencia parcial de ideas que surgieron independientemente. Aquí nos limitaremos a considerar sus rasgos comunes. Para nosotros, estudiantes de Peirce, la característica más notable de estas posiciones es un tácito repudio de la metafísica nominalista que ha preponderado en la filosofía y la ciencia modernas desde antes de la “revolución científica”.

En efecto, un rasgo común de estas propuestas es la afirmación de la **naturaleza relacional de la realidad física**, invirtiendo los términos de la ontología nominalista. Las relaciones no tienen una realidad subordinada a sus *relata* sino que, al contrario, la realidad de los entes individuales relacionados depende totalmente de la realidad de las relaciones. Los elementos constitutivos de la realidad física son las **relaciones de interacción entre sistemas** — no hay objetos preexistentes a ellas. La noción misma de sistema aislado, un elemento básico de la perspectiva clásica, resulta ahora autocontradictoria. Las propiedades llamadas “intrínsecas” (como la masa o la carga de una partícula) son realmente relacionales y sólo atribuibles a las interacciones con los sistemas que las detectan o miden. Como no puede haber una descripción desde fuera del mundo, toda descripción está ligada a una perspectiva. No hay nada que simplemente acontezca — todo acontecimiento sucede únicamente dentro de interacciones con otros sistemas.

La aplicación de estas ideas logra disipar plausiblemente las más notorias de las perplejidades cuánticas. No es posible presentar aquí los argumentos, pero el siguiente ejemplo ilustra sus líneas generales. Una de las antinomias de las interpretaciones corrientes es que la teoría permite que una propiedad de un sistema **S** tenga un valor definido con respecto a un observador **A** y **al mismo tiempo** un valor indefinido para otro observador **B**. En la interpretación relacional esto no es más una paradoja, sino una consecuencia natural de su

perspectivismo. Cuando se tiene en cuenta que toda comparación entre los resultados obtenidos por **A** y por **B** supone una nueva interacción física entre **A** y **B** (no hay observadores desencarnados) su examen conduce a un nuevo resultado, que la teoría predice y resulta coherente con los anteriores.

### **El azar objetivo**

En la física clásica el azar y las probabilidades que lo cuantifican tienen carácter subjetivo – son atributos de los estados cognitivos de los investigadores y no tienen contrapartida en la realidad física. Esta concepción entraña el determinismo absoluto del acaecer físico y la perennidad e inmutabilidad de las leyes que lo gobiernan. Como es sabido Peirce, con su doctrina de **tijismo** (*tychism*, de *tyché*, azar), se opuso firmemente a estas concepciones y reclamó la existencia de una espontaneidad real en la naturaleza que permite la emergencia de genuinas novedades. Concluyó además que las leyes físicas no son absolutamente rígidas y que están sujetas también a cambios evolutivos. Varias interpretaciones de la física cuántica, no sólo las relacionales, han redescubierto estas tesis peirceanas. El indeterminismo es comúnmente aceptado, pero la forma más radical de tijismo se presenta en la interpretación basada en la “fortuicidad genuina” de Aage Bohr y Ulfbeck (Bohr *et al.* 2004). En ella se niega realidad a los componentes ópticos básicos de la física corriente, es decir las partículas y los campos de fuerza. Sólo tienen existencia actual ciertos acontecimientos que estos autores denominan “clics”, los registros de los detectores o contadores de las supuestas partículas, que irrumpen en el espacio y el tiempo **sin ser causados por nada**. Las relaciones causales que atribuimos a los fenómenos macroscópicos de nuestra experiencia son resultado de las distribuciones de probabilidad del comportamiento colectivo de los “clics”, que vienen predichas por el formalismo cuántico. Pero – y esto es de importancia crucial – los autores producen una derivación del formalismo a partir de principios generales que atañen sólo a las simetrías (relaciones de invariancia) del espacio y el tiempo y que no dependen de las formulaciones corrientes de la mecánica cuántica.



## El redescubriendo de la semiótica peirceana por la biología

Antes de extraer conclusiones sobre el papel que juegan las ideas de Peirce en la física, donde en general han sido redescubiertas independientemente, nos incumbe examinar el caso de la biología, donde por el contrario han sido aplicadas recientemente como resultado de una sostenida reflexión sobre ellas. La biosemiótica es una nueva y floreciente disciplina arraigada en la semiótica peirceana.<sup>5</sup> Se basa en el descubrimiento de que las transacciones semióticas (la emisión, transmisión, y recepción de signos, el procesamiento de información, la construcción, transcripción y traducción de códigos, etc.) son coextensivos con la emergencia, el funcionamiento y la evolución de todas las formas vivientes y sistemas de organismos, desde la dinámica interna de las bacterias hasta toda la biosfera.

El descubrimiento del código genético a mediados de siglo hizo necesario recurrir constantemente a un vocabulario semiótico en expansión (información, transcripción, traducción, codificar, decodificar, moléculas mensajeras,...y muchos otros). En un comienzo se pensó que esta terminología era meramente metafórica y que nuevos descubrimientos permitirían eliminarla a favor de los conceptos químicos y biológicos tradicionales. Esto no ha sucedido y ahora, por el contrario, la biosemiótica se fija la tarea inversa de reformular las concepciones biológicas básicas en función del papel esencial que juegan las interacciones semióticas dentro de los fenómenos vitales (Barbieri 2007, 2008; Fernández 2008).

Desde un principio los fundadores de la disciplina (Thomas Sebeok, Jesper Hoffmeyer, Claus Emmeche, Kalevi Kull, y varios otros) se inspiraron en la semiótica peirceana. Un acontecimiento decisivo fue la síntesis de las ideas de Peirce y las casi olvidadas investigaciones de Jacob von Uexküll<sup>5</sup> que Sebeok hizo conocer bajo la rúbrica de *zoosemiótica*, que luego rebautizó *biosemiótica*. En contraste con la situación que examinamos en la física, la recepción de las ideas de Peirce en biología se caracteriza por la influencia directa de su obra. Lejos de adoptarlas pasivamente los biosemióticos las han sometido a severas

críticas, combinándolas al mismo tiempo con nociones más recientes que no están en modo alguno prefiguradas en ellas.

### **Lecciones para el futuro**

El examen de las similitudes y las diferencias entre la incorporación de concepciones peirceanas en la física y en la biología proporciona enseñanzas valiosas para los que deseamos difundirlas, estudiarlas y aplicarlas.

Comencemos con las semejanzas. En ambos casos la incorporación tuvo lugar a partir de descubrimientos empíricos inesperados, no anticipables desde los marcos conceptuales de esas disciplinas o desde las especulaciones de Peirce. También en ambos casos la incorporación fue suscitada por la imposibilidad de asimilar los nuevos resultados dentro de esos marcos y por la necesidad de reorganizarlos sobre la base de nuevas ideas (Fernández 2008). Con respecto a las diferencias cabe notar que en la física las ideas de Peirce fueron redescubiertas *de novo*, mientras que en la biología entraron gracias a una activa reflexión sobre los escritos de Peirce y de su exitosa combinación con ideas ajenas a ellas.

Me parece que para extraer la lección que entraña este examen no hay nada mejor que aplicar las ideas de Peirce a las ideas de Peirce. En particular su concepción de la creación de novedades tanto en la naturaleza como en el pensamiento humano. Para Peirce el pensamiento creativo, que alcanza su forma más perspicua en las matemáticas, se basa en el razonamiento que el denominó **teoremático**. En oposición al razonamiento **corolario**, que se limita a deducir lo que estaba implícito en las premisas, el razonamiento teoremático contiene pasos abductivos que inyectan nuevas premisas no deducibles de las otras, aunque lógicamente compatibles con ellas. Si aceptamos esta posición se impone que tratemos de inventar procedimientos heurísticos que nos conduzcan a esas nuevas premisas. Sugiero aquí uno.

En lugar de limitarnos a examinar los casos en que Peirce anticipó nuevas ideas debemos examinar también los casos en que no logró anticiparlas, a pesar de que tal vez hubiera podido hacerlo. Tomemos, por ejemplo, el concepto de **simetría** en la física, que se aplica igualmente a fenómenos, ecuaciones y leyes. Se presenta una simetría cuando hay una situación en que ciertas relaciones de interés resultan invariantes después de la aplicación de un grupo determinado de transformaciones. Aquí el término “grupo” tiene un significado técnico referente a la estructura algébrica de las operaciones. No es exagerado decir que el concepto de simetría es la herramienta de síntesis y descubrimiento más importante de la física de siglo XX, con efectos comparables a los que acarrió la introducción del concepto de energía en el siglo XIX. Es además esencial para fundamentar el realismo relacional o estructural que anima a ciertas posturas contemporáneas en filosofía de la ciencia.

Algunos contemporáneos de Peirce (Poincaré, Lorentz, Larmor, entre otros) vislumbraron parcialmente los rasgos generales del concepto. ¿Qué ingredientes impidieron, por su presencia o su ausencia en el pensamiento de Peirce, que él anticipara esa idea? Si lográramos aislarlos nos guiarían a conjeturar qué nociones habría que añadir a las de Peirce para anticipar el papel de la simetría, y tal vez el de muchos otros conceptos que aún no se han descubierto.

El éxito de la incorporación de las ideas peirceanas en la biosemiótica nos alienta a proseguir esta estrategia para difundirlas y al mismo tiempo ampliarlas al combinarlas con otras concepciones fecundas que han visto la luz en el pasado siglo. Con respecto a la física cabría preguntarse, por ejemplo, qué efecto tendría la rigurosa distinción peirceana entre relaciones diádicas y triádicas si fuera introducida en las interpretaciones relacionales.

El “giro modal” de las dos últimas décadas de Peirce (ver Lane 2007), que entrañó el reconocimiento pleno de la realidad de posibilidades no actualizadas, inició modificaciones en sus concepciones en semiótica, lógica modal y

sinejismo que quedaron sin completar. Sugiero que estas tareas inconclusas están preñadas de oportunidades para aplicar la estrategia que aquí propongo.

## NOTAS

<sup>1</sup> Pueden hallarse los pormenores en Houser 1989.

<sup>2</sup> Existen, sin embargo, algunas excepciones. Hay influencia directa de ideas peirceanas en los trabajos de Finkelstein, Shimony, Beil, Wheeler, y otros. Ver las referencias bibliográficas.

<sup>3</sup> Aage Bohr, Premio Nobel de Física 1975, no debe ser confundido con su padre, Niels Bohr, uno de los principales creadores de la mecánica cuántica.

<sup>4</sup> Se hallará una excelente introducción histórica al desarrollo de la mecánica cuántica y sus problemas filosóficos en Bitbol 1996 y 1998.

<sup>5</sup> Hay excelentes crónicas del origen, evolución y actual florecimiento de la biosemiótica en Favareau 2007 y Kull 2005.

<sup>6</sup> Un concepto principal en esta síntesis es el de *Umwelt* (Ver Deely 2004).

## BIBLIOGRAFÍA

Anandan, Jeeva (2002). Causality, symmetries, and quantum mechanics. *Foundations of Physics Letters* 15(5):415-438. Disponible gratis en versión electrónica: arXiv:physics/0112020v6.

Barbieri, Marcello (Ed.)(2007). *Introduction to Biosemiotics: The New Biological Synthesis*. Dordrecht: Springer.

\_\_\_\_\_ (2008). Biosemiotics: a new understanding of life. *Naturwissenschaften* 95(7):577-599.

Beil, Ralph G. y Ketner, Kenneth L. (2006). *A triadic theory of elementary particle interactions and quantum computation*. Lubbock: Institute for Studies in Pragmaticism.

Bitbol, Michel (1996). *Mécanique quantique, une introduction philosophique*. Paris: Flammarion.

\_\_\_\_\_ (1998). *L'aveuglante proximité du réel*. Paris: Flammarion.

Bohr, A., Mottelson, B. R, y Ulfbeck, O (2004). The Principle underlying quantum mechanics. *Foundations of Physics* 34:405-417.

Deely, John (2001). Umwelt. *Semiotica* 134(1/4):125-135. Disponible gratis en versión electrónica:

<http://web.archive.org/web/20060221134707/http://www.ut.ee/SOSE/deely.htm>

Favareau, Donald (2007). The Evolutionary history of biosemiotics, en Barbieri 2007. pp. 1-67.

Fernández, Eliseo (1989). From Peirce to Bohr: theorematic reasoning and idealization in physics. En: Moore 1999, pp. 233-245.

\_\_\_\_\_ (2008). Signs & instruments: the convergence of Aristotelian and Kantian intuitions in biosemiotics. *Biosemiotics* 1(3) (En prensa).

Finkelstein, David (1996). *Quantum Relativity: A Synthesis of the Ideas of Einstein and Heisenberg*. Berlin: Springer.

Hoffmeyer J. (1996). *Signs of meaning in the universe*. Bloomington: Indiana University Press.

Houser, Nathan (1989). The Fortunes and misfortunes of the Peirce papers. *Fourth Congress of the International Association for Semiotic Studies*, Perpignan, France, 1989. Publicado en *Signs of Humanity*, vol. 3, Michel Balat y Janice Deledalle-Rhodes (eds.), Berlin: Mouton de Gruyter, pp. 1259–1268. Disponible gratis en versión electrónica en *Arisbe*: <http://www.cspeirce.com/menu/library/aboutcsp/houser/fortunes.htm>.

Kull, K. (2005). A Brief history of biosemiotics. *Journal of Biosemiotics* 1(1):1-25.

Lane, Robert (2007). Peirce's modal shift: from set theory to pragmatism. *Journal of the history of philosophy* 45(4): 551-576.

Laudisa, F. y Rovelli, C. (2008). Relational quantum mechanics. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Disponible gratis en versión electrónica: <http://plato.stanford.edu/entries/qm-relational/>

Mermin, David (1998). What is quantum mechanics trying to tell us? *American Journal of Physics* 66:753-767.

Mohrhoff, Ulrich (2005). The Pondicherry interpretation of quantum mechanics: An overview. *Pramāna* 64:71–85. Disponible gratis en versión electrónica en: <http://in.arxiv.org/abs/quant5>, -ph/0412182

Moore, Edward C. (ed)(1993). *Charles S. Peirce and the philosophy of science: papers from the Harvard Sesquicentennial Congress*. Tuscaloosa: University of Alabama Press.

Peirce, Charles S. (1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, vols. 1–6 (1931-1935) eds. Charles Hartshorne and Paul Weiss; vols. 7–8 (1958) ed. Arthur Burks. Cambridge: Harvard University Press.

Rovelli, Carlo (1996). Relational quantum mechanics. *International Journal of Theoretical Physics* 35:637-678. Disponible gratis en versión electrónica en: [arXiv:quant-ph/9609002](https://arxiv.org/abs/quant-ph/9609002).

Sebeok, Thomas A. y Umiker-Sebeok, Jean (eds.) (1992). *Biosemiotics. The Semiotic Web 1991*. Berlin and New York: Mouton de Gruyter.

Shimony, Abner (1993). *Search for a naturalistic world view, Volume I, Scientific method and epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wheeler, John A. (1987). How come the quantum. *Annals of the New York Academy of Sciences* 480:304-316.