

Clasificación de los modelos científicos usando una modificación de la teoría de los tres mundos de Karl Popper[†]

Oscar Orellana

Resumen

Aunque existen varias formas diferentes de clasificar los modelos científicos, por una parte, ninguna de ellas (de acuerdo a nuestro mejor conocimiento) nos permite distinguir claramente los modelos teóricos de los restantes modelos científicos, de modo que estos se puedan caracterizar como objetos abstractos (artefactos), y por otra parte, pensamos que “La Ontología Pluralista o Teoría De Los Tres Mundos” de Karl Popper, podría resolver tal inconveniente para el desarrollo posterior de nuestro proyecto FONDECYT, número 1141260, titulado: “Modelling in Science and Abstract Objects: for a fictional artefactual approach”.

En este artículo procedemos a introducir una doble modificación tanto de “La Ontología Pluralista o Teoría de los Tres Mundos” de Karl Popper, como del correspondiente esquema Popperiano, con los objetivos de: (a) usarlo como modelo o esquema clasificatorio ontológico artificial de los modelos científicos, a partir de las interacciones existentes y los elementos comunes entre los tres mundos de Popper superpuestos al conjunto de los modelos científicos; (b) explorar heurísticamente la eventual naturalización del modelo o esquema clasificatorio basado en los tres mundos de Popper modificado. Es decir, investigar por medio de ejemplos de modelos científicos específicos (bien definidos y autorizados) la correspondencia entre el conjunto de los modelos científicos y el modelo o esquema clasificatorio propuesto; (c) clasificar los modelos teóricos como aquellos que pertenecen a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 de Popper (modulo modificaciones y considerados como

[†] Los resultados presentados en este artículo fueron obtenidos en el marco del proyecto Fondecyt Regular N°1141260.

conjuntos), para caracterizarlos como objetos abstractos (o artefactos); y (d) otros objetivos complementarios a los anteriores y de más largo plazo.

Pero, previamente se hacen algunos comentarios sobre: clasificación artificial v/s natural; clasificación ontológica v/s epistemológica; los modelos científicos como clases de equivalencia; la evolución de la doctrina de los tres mundos; y se presenta una breve caracterización tanto del proceso de modelización científica, como de lo que entenderemos por modelo científico.

Palabras Claves: Clasificación artificial y natural; clasificación ontológica y epistemológica; relación y clases de equivalencia; proceso de modelización; modelo científico; la ontología pluralista o teoría de los tres mundos de Karl Popper; diagrama de Venn.

Tabla de Contenidos: (1) Introducción: motivación y planteo del problema; (2) Clasificación artificial v/s clasificación natural; (3) Clasificación ontológica v/s clasificación epistemológica; (4) Los modelos científicos como clases de equivalencia; (5) Evolución del esquema de la doctrina de los tres mundos y la primera modificación tanto de la teoría de los tres mundos, como del esquema de Popper; (6) Caracterización del proceso de modelización científica, más un esquema simplificado del mismo; (7) Caracterización de los modelos científicos; (8) El esquema de Popper como diagrama de Venn: segunda modificación; (9) El diagrama de Venn como modelo o esquema clasificatorio; (10) Heurística: algunos ejemplos de modelos científicos y su clasificación de acuerdo al modelo o esquema propuesto; (11) Caracterización de los modelos teóricos como aquellos que pertenecen a la intersección del mundo 2 (mundo mental) con el mundo 3 (mundo de las creaciones humanas) de Popper (modulo modificaciones); (12) Comentarios finales.

I. Introducción (motivación y planteo del problema)

En el proyecto FONDECYT titulado: “Modeling in Science and Abstract Objects: for a fictional artefactual approach”, nos hemos planteado las siguientes inquietudes generales respecto de los modelos científicos: (a) ¿cómo se puede distinguir un modelo de otro?, es decir cómo definir un criterio de identidad; (b) cuando estamos trabajando con modelos científicos emerge la necesidad de aclarar cómo y cuándo podemos analizar y comparar propiedades, elementos y relaciones que le pertenecen al modelo en relación con (en representación de) la realidad problemática que supuestamente modela; (c) cuales son los compromisos ontológicos

y epistemológicos de un modelo científico determinado; (d) cual es la relación entre los modelos científicos y la verdad; (e) ¿cuál es el estatuto epistemológico de los modelos científicos?; (f) ¿cuál es la relación entre los modelos científicos y los usuarios conscientes?; (g) otras inquietudes.

Uno de los objetivos específicos de nuestro proyecto consiste en proponer una clasificación de los modelos científicos que nos permita distinguir claramente los modelos teóricos de los restantes modelos científicos de modo que estos puedan caracterizarse como objetos abstractos (o artefactos) y así eventualmente darle una solución a las inquietudes planteadas en el párrafo anterior.

Cómo hipótesis de trabajo pensamos que algunas de las inquietudes planteadas pueden ser resueltas con la ayuda de un modelo o esquema clasificatorio “ad hoc” (de corte y confección) a los objetivos de nuestro proyecto. En este sentido, hemos planteado en nuestro proyecto que la ontología pluralista de K. Popper podría ser de gran ayuda. En particular, pensamos que la teoría de los tres mundos de Popper nos permite distinguir y delimitar claramente (como conjunto) los modelos teóricos de los restantes modelos científicos, de modo que puedan ser tratados como objetos abstractos (o artefactos) y en consecuencia susceptibles de ser estudiados con la ayuda de la teoría artefactual de Amiel L. Thomasson.

Puesto que los modelos científicos son artificiales, sigue que el conjunto de los modelos científicos es un subconjunto del Mundo 3 de Popper (mundo de los productos de la mente humana). Entonces, la aplicación de la teoría de los tres mundos de Popper (después de sufrir un par de modificaciones) consistirá principalmente en dividir el conjunto de los modelos científicos (o en su defecto el conjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados”) en tres subconjuntos: (i) concretos-artificiales (el Mundo 1 de Popper intersectado con el conjunto de los modelos científicos (“bien definidos y autorizados”). Por ejemplo: el modelo miniaturizado a escala hecho de madera de un perfil aerodinámico a escala real; (ii) mentales-artificiales (el Mundo 2 de Popper intersectado con el conjunto de los modelos científicos (“bien definidos y autorizados”). Por ejemplo: un experimento mental para chequear la consistencia lógica de una teoría; y (iii) abstractos-artificiales (el Mundo 3 de Popper intersectado con el conjunto de los modelos científicos (“bien definidos y autorizados”). Por ejemplo: el modelo para un tipo de reacción auto-catalítica llamado Brusselator (acrónimo de Bruselas y oscilador) de Ilya Prigogine; o el modelo de un cierto tipo de singularidad matemática usando ecua-

ciones diferenciales para estudiar su emergencia, forma y tiempo crítico; o modelo geométrico de un cierto sistema axiomático.

Las dos modificaciones del Esquema de los Tres Mundos de Popper consistirán: (1) en admitir y permitir la posibilidad cierta de interacción directa entre los mundos 1 y 3 de Popper, (es decir, sin intermediación del mundo 2, ver ponencia de Carlos Verdugo titulada “Vigencia de la Ontología Pluralista de Karl Popper”, en esta misma serie) y (2) en considerar los tres subconjuntos del conjunto de los modelos científicos glosados arriba como tres conjuntos que se intersectan mutuamente en un diagrama de Venn, lo cual dividirá el conjunto de todos los modelos científicos (o el conjunto de todos los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, o sin apellidos, si se estima necesario o adecuado, respectivamente) en 7 subconjuntos, los cuales se obtienen considerando (en un conjunto universo dado, que puede ser: el conjunto de todos los modelos científicos, o de todos los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, o sin apellido): (a) todos los elementos de uno de los subconjuntos que no pertenecen a los otros dos subconjuntos (tomándolos de a uno, total 3), (b) todos los elementos en común a dos de los subconjuntos (tomándolos de a pares, total 3), y (c) los elementos comunes a los tres subconjuntos (tomando a los tres juntos, total 1). En otras palabras, consideramos: la intersección de los tres subconjuntos tomados juntos (total 1), las intersecciones de los tres subconjuntos tomados de a pares (total 3), y las partes de cada subconjunto que no se intersectan con ninguno de los otros dos subconjuntos (total 3), (Ver diagrama de Venn en la sección VIII de este artículo).

Los modelos o elementos en común a los tres subconjuntos (de los modelos científicos con o sin apellidos) tomados juntos o de a pares, quedarán representados en el diagrama de Venn por medio de la intersección de los tres subconjuntos tomados juntos y las intersecciones de los tres subconjuntos tomados de a pares, respectivamente. Las relaciones de interacción entre los tres subconjuntos de los modelos científicos con o sin apellidos (o tres mundos de Popper sobrepuestos al conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos), se representarán en el diagrama de Ven por medio de los correspondientes trazos dirigidos en una y otra dirección (Ver diagrama de Venn en la sección VIII de este artículo).

Si la solución propuesta para el conjunto de los modelos científicos sin apellido no es satisfactoria, se puede restringir la investigación al conjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, porque sobre este conjunto (como se verá), se puede definir una relación de equi-

valencia basada en la correspondiente caracterización tanto del proceso de modelización, como la de un modelo científico. Esta relación de equivalencia divide al conjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados” en clases de equivalencia, evitando problemas de ambigüedad y repetición, a la vez que resuelve el problema de la unicidad tan caro para el problema de la identidad de un modelo científico.

Finalmente, glosaremos algunos ejemplos de modelos científicos que procederemos a clasificar en uno de los 7 subconjuntos en que se divide el diagrama de Venn, para iniciar la exploración heurística de la eventual naturalización del esquema o modelo clasificatorio propuesto, y de este modo distinguir los modelos teóricos como aquellos que pertenecen a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 de Popper (modulo las dos modificaciones), y poder caracterizarlos como objetos abstractos (o artefactos), para terminar con alguno comentarios importantes.

II. Sistemas clasificatorios artificiales v/s naturales

La utilidad de los sistemas clasificatorios en las ciencias naturales (física, química, astronomía, biología, zoología, etc.), sociales (economía, sociología, historia, etc.), cognitivas (psicología, neurología, psiquiatría, etc.), y formales (matemáticas y lógica) está más que demostrada y es muy difícil de exagerar. Por ejemplo, la clasificación de las ecuaciones diferenciales parciales: en lineales y no lineales; en deterministas y estocásticas; y en hiperbólicas, elípticas y parabólicas, respectivamente, juegan un rol fundamental a la hora de elegir los métodos de resolución tanto analíticos, como numéricos para poder simularlas en una plataforma computacional. Sin embargo, tanto la invención y/o descubrimiento, como el establecimiento de un sistema clasificatorio representan un problema tanto para la ciencias naturales y formales, como para la filosofía de la ciencia.

De acuerdo a Hans Vaihinger (padre del ficcionalismo moderno y que veía ficciones en todas partes): (1) “Todos los objetos cósmicos presentan formas especiales, las cuales son expresadas teóricamente en alguna clasificación, y cuando esta especificación corresponde con la realidad en todos los aspectos, entonces es un sistema natural. **El sistema natural es en sí mismo uno de los problemas más complicados de la filosofía y las ciencias naturales, y de él emerge la pregunta vital acerca de la naturaleza de las especies**” y; (2) “Un sistema natural es uno en que las entidades están dispuestas de acuerdo a los principios que aparentemente sigue la naturaleza en su desarrollo. Expresado de manera breve,

el sistema natural de clasificación debe ser una copia correspondiente al origen real y las relaciones mutuas de todas las cosas. **Esta es la meta de la ciencia y todo método directo debe trabajar directamente hacia él**".

La clasificación de los modelos científicos que proponemos en estas notas no pretende ser un sistema en el sentido de Vaihinger, por el contrario es un esquema (un modelo) sujeto a modificaciones y perfeccionamiento de acuerdo se avance en el conocimiento de los modelos científicos. La clasificación que proponemos en estas notas siendo artificial y convencional, es coherente, y no solo se mostrará útil y pertinente en relación con la clasificación de los elementos pertenecientes al conjunto de los modelos científicos, sino que también esperamos que alcance grados crecientes de naturalización por aproximaciones sucesivas utilizando algunos modelos científicos como ejemplos de las diferentes clases de modelos científicos inducidas por el modelo o esquema clasificatorio propuesto.

III. Clasificación ontológica v/s epistemológica

Siguiendo la ontología pluralista de Popper y sus consecuencias. La clasificación basada en la teoría de los tres mundos de Popper (modulo las dos modificaciones), que proponemos en estas notas es una clasificación ontológica, en el sentido de que consistentemente con la ontología pluralista Popperiana, consideramos los modelos científicos como objetos reales. Los modelos científicos podrán ser concretos o abstractos, pero los consideramos a todos como objetos reales de acuerdo a la teoría de los tres mundos de Popper.

Resumiendo, el modelo o esquema clasificatorio propuesto en las presentes notas es ontológico y provisionalmente artificial.

IV. Los modelos científicos como clases equivalencia

El problema de clasificar los modelos científicos puede ser una tarea bastante compleja, como lo demuestra la literatura especializada sobre el tema y los diferentes intentos por clasificarlos. Por ejemplo: ¿dos perfiles aerodinámicos de la misma dimensión, pero de diferente color, se deben considerar iguales o diferentes? **La respuesta a esta pregunta es: depende**, porque dependiendo de las intenciones, pretexto u objetivos de los investigadores o usuarios conscientes, podrán considerarse iguales o diferentes. En efecto, si el objetivo que se persigue con el perfil aerodinámico

a escala es medir las diferentes fuerzas aerodinámicas que experimenta el perfil en un túnel de viento, el color no importa mucho y puede ser ignorado como factor diferenciador. Pero, si lo que se pretende es medir la cantidad de energía solar por unidad de área que es capaz de recolectar, entonces el color del perfil aerodinámico podría ser relevante, no se puede ignorar y tendríamos que considerar los perfiles de diferente color como diferentes aún que dimensional y materialmente fueran iguales. Por lo demás este ejemplo no ilustra todas las razones por las cuales podríamos considerar que dos modelos son iguales o diferentes. Por ello, es necesario tener una caracterización tanto del proceso de modelización, como de los modelos científicos lo más ajustadas posibles a las condiciones de contexto y los requerimientos de los usuarios conscientes. Así y todo, tal vez sea necesario adicionalmente restringir el conjunto de los modelos científicos al subconjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, para obtener un modelo o esquema clasificatorio más o menos riguroso. Por tal motivo a continuación presentamos una glosa preliminar de lo que habría que hacer para evitar ambigüedades, repeticiones y de ésta forma (dando por sentada la existencia de los modelos científicos) resolver el problema de unicidad tan caro al problema de la identidad de los modelos científicos:

4.1.- Considere el conjunto de todos los modelos científicos en un tiempo dado (el cual por lo demás es siempre finito). De esta forma se tiene un conjunto claro y preciso de modelos científicos, contando eventuales repeticiones.

4.2.- Considere el subconjunto del conjunto de todos los modelos científicos en un tiempo dado, compuesto por los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, **donde “bien definidos y autorizados” es una noción paraguas que alude, por una parte, a que el modelo está claramente (sin ambigüedades) delimitado como sistema cerrado o abierto a las correspondientes escalas espacio-temporales, con sus partes y relaciones internas y externas claramente determinadas, y por otra parte, a que el modelo está debidamente calibrado y/o modulado respecto de la realidad problemática que supuestamente modela, en el sentido de que cumple con los requerimientos de precisión y exactitud (de acuerdo a las medidas o métricas contempladas en el proceso de modelización), que la comunidad científica exige de él en un momento dado.**

4.3.- Dada una caracterización clara y precisa de lo que se considera un modelo “bien definido y autorizado” (donde juegan un papel funda-

mental tanto el proceso de modelización, como el producto del proceso de modelización, a saber: el modelo), **diremos que dos modelos son iguales si responden a la misma caracterización (Ver sección VII del presente artículo).**

4.4.- La relación de igualdad sobre el subconjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados (en un tiempo dado)”, es una relación de equivalencia.

4.5.- La relación de igualdad como relación de equivalencia sobre el subconjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados (en un tiempo dado)”, induce una partición sobre este último, en clases de equivalencia. Donde, todo modelo científico “bien definido y autorizado (en un tiempo dado)”, pertenece a una única clase de equivalencia.

4.6.- Las clases de equivalencia son disjuntas y la unión de todas ellas es el subconjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados (en un tiempo dado)”.

4.7.- Todo modelo científico “bien definido y autorizado (en un tiempo dado)”, es un representante de su clase de equivalencia.

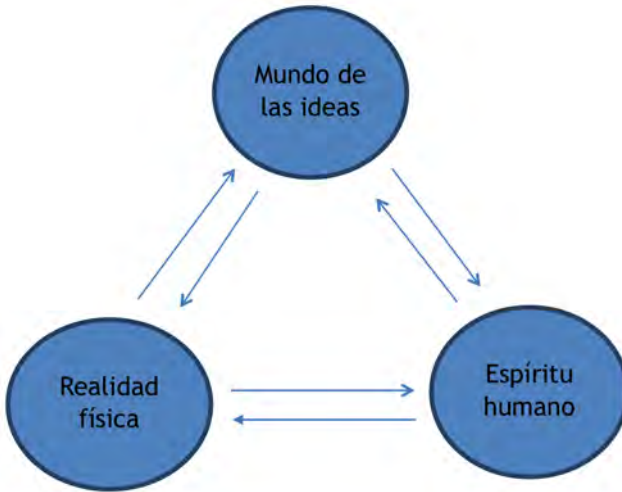
Desde esta perspectiva toda clase de equivalencia tiene al menos un elemento (es decir, toda clase de equivalencia es un conjunto no vacío) y todos los modelos científicos pertenecientes a una clase de equivalencia son considerados iguales. Así las cosas, el conjunto de modelos científicos constituido por un representante de cada clase de equivalencia es el prototipo de conjunto adecuado (más simple), para resolver en principio las inquietudes plantadas en la introducción del presente artículo.

V. Breve resumen de la evolución de la doctrina de los tres mundos

5.1.- (Giordano Bruno) La doctrina de los tres mundos tiene raíces místicas, herméticas y neoplatónicas. Pero es en la obra de G. Bruno “*Sigilus sigillorum*” donde esta doctrina es presentada por primera vez en el contexto de una visión que abarca un universo infinito físicamente homogéneo. Se trata de una construcción metafísica que conecta cíclicamente el espíritu humano a la realidad física y su origen ideal. Bruno teoriza acerca de un circuito entre el mundo de la ideas (localizado en Dios o en la mente divina), la realidad física, y el espíritu humano y su contenido, distinguiendo una dirección ascendente y una descendente.

Esta doctrina también es recurrente en algunos autores eclécticos del siglo XVII, tales como: Conrad Berg y Johannes Clauberg.

Esquema de G. Bruno:

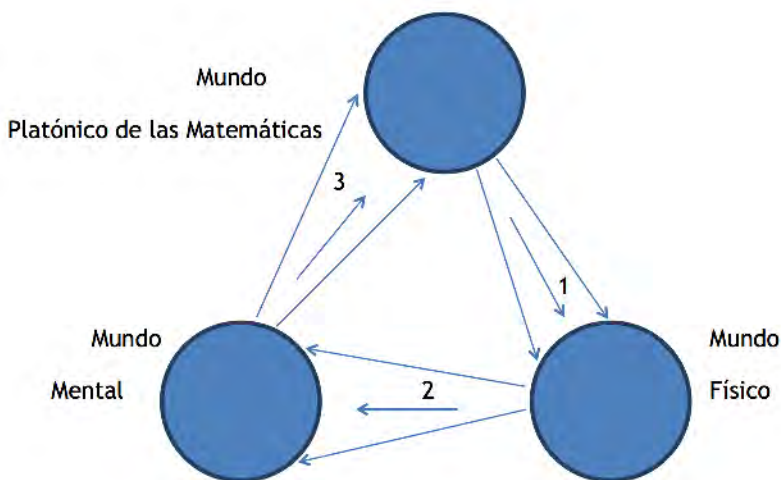


5.2.- (Roger Penrose) En la parte final de su obra titulada “Shadows of the Mind” y más recientemente en la sección (1.4) del primer capítulo de su libro titulado “The Road to Reality”, R. Penrose plantea la hipótesis de la existencia de tres mundos y tres misterios profundos: el mundo de las percepciones conscientes, el mundo físico, y el mundo Platónico de las formas matemáticas. Cada uno de estos tres mundos parece emerger misteriosamente de (o al menos estar íntimamente relacionado con) una fracción de su predecesor (tomando los mundos cíclicamente). La construcción de Penrose es similar a la teoría de los tres mundos desarrollada por G. Bruno.

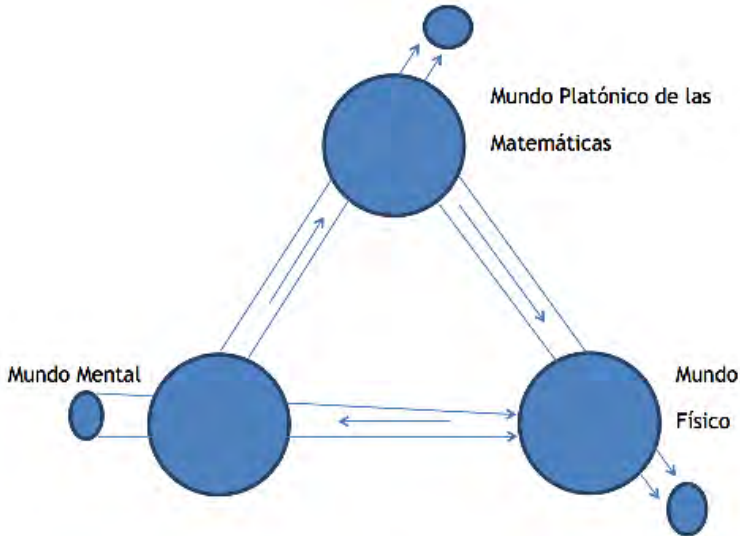
El punto de vista de Penrose acerca del mundo Platónico de las formas matemáticas está relacionado fundamentalmente con la filosofía de las matemáticas de Kurt Gödel. El Platonismo fue interpretado por la filosofía de las matemáticas del siglo XX en varias formas diferentes. El Platonismo absoluto al afirmar la existencia de un mundo estático de ob-

jetos ideales, se mostró insostenible debido a la paradoja de Russell. Sucesivamente, el Platonismo fue atacado también por Weyl, Kronecker y Brouwer. En contraste Kurt Gödel (posiblemente el Platónico matemático más prominente del siglo XX), desarrolló una forma de Platonismo de “extremos abiertos” (es decir, a nivel de axiomas y conceptos fundamentales). Según Gödel, los axiomas y conceptos fundamentales se pueden encontrar o descubrir, lo cual significa que existen objetivamente, pero no forman un mundo cerrado. Kurt Gödel rechazó las posturas intuicionistas (de que los objetos matemáticos son construcciones nuestras), en relación con la teoría de conjuntos de George Cantor, manteniendo que los axiomas de la teoría de conjuntos no forman un sistema cerrado, sino que el concepto de conjunto sugiere la extensión de dicho sistema agregándole nuevos axiomas.

Esquema I de Penrose:



Esquema II de Penrose:

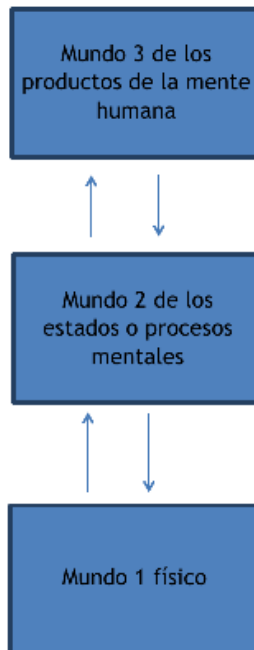


5.3.- (Karl Popper) Penrose expresa sus convicciones en términos de tres mundos diferentes, y tres misterios profundos que relacionan cada uno de estos mundos con los otros dos (ver los diagramas previos). Los mundos de R. Penrose están relacionados de alguna manera con los de K. Popper, pero los énfasis y los mundos tienen algunas diferencias. Por ejemplo: Penrose habla del mundo Platónico de las matemáticas, mientras que Popper habla del mundo de las creaciones humanas que es muchísimo más grande; Penrose habla del mundo de las percepciones conscientes, mientras que Popper habla del mundo mental incluidos los procesos conscientes e inconscientes; Penrose en su primer esquema da a entender que cada uno de los tres mundos es descrito, representado, o producido por una porción del mundo precedente siguiendo un orden cíclico, mientras que Popper habla de la interacción entre los mundos 1 (físico) y 3 (de las creaciones humanas), interposición el mundo 2 (de los procesos mentales); Penrose está interesado en argumentar a favor de la reducción de la representación de todo el conocimiento físico a las ma-

temáticas, mientras que Popper está interesado en darle una solución al problema mente-cuerpo y la relación entre el conocimiento subjetivo y el conocimiento objetivo; el esquema de Penrose es cíclico, mientras que el de Popper no es cíclico; etc.

En su artículo titulado “Three Worlds” y su libro titulado “Knowledge and the Body-Mind Problem”, entre otras de sus obras, Karl Popper distingue tres mundos: el físico, el psicológico o subjetivo, y el objetivo que consiste en los productos de la mente humana, tales como: mitos, cuentos, teorías científicas, arte y música. A la vez que coloca el mundo 2 de los procesos mentales entre el mundo 1 y el mundo 3, con las respectivas interacciones, no permitiendo la interacción directa entre el mundo 1 y el mundo 3. Por lo tanto, el esquema de Popper no es cíclico como el de G. Bruno y el de R. Penrose.

Esquema de Popper:

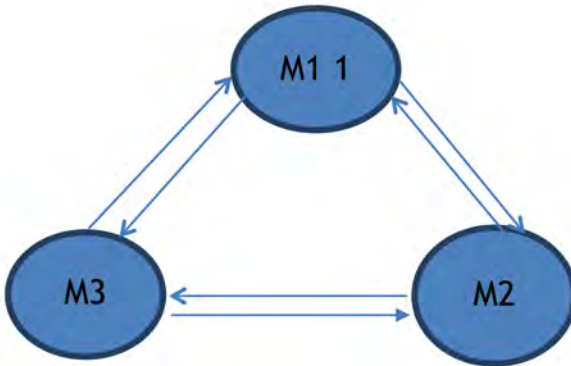


El mundo 3 de Popper contiene construcciones mentales que tienen alguna similitud con aquellas que residen en el mundo Platónico extendido de Penrose. Sin embargo, el mundo 3 de Popper no tiene existencia atemporal independiente de nosotros, tampoco es un mundo subyacente a la estructura de la realidad física, como en el caso de Penrose. En efecto, Popper considera los objetos pertenecientes al mundo 3 como esencialmente hechos por el hombre y rechaza el Platonismo. Además, con ello (como ya dijimos más arriba) pretende dar una solución a la relación entre conocimiento objetivo y subjetivo, y al problema mente-cuerpo.

5.4.- (Carlos Verdugo y Oscar Orellana) La primera modificación de la ontología pluralista y teoría de los tres mundos de K. Popper consiste en hacer cíclico el esquema de los tres mundos, reconociendo que es posible que pueda haber interacción directa entre el mundo 1 y el mundo 3 de ida y de vuelta (ver la ponencia de Carlos Verdugo titulada “Vigencia de la Ontología Pluralista de Karl Popper”, en esta misma serie).

Esquema de Verdugo & Orellana;

primera modificación de la teoría de los tres mundos de Popper:



VI. Fases del proceso de modelización científica

6.1.- El proceso de modelización científica se inicia enfocando una realidad problemática como sistema.

6.2.- En segundo lugar, se procede a delimitar la realidad problemática enfocada como sistema abierto o cerrado a las escalas espacio - temporales pertinentes.

6.3.- En tercer lugar se hace el levantamiento de datos, propiedades, características, magnitudes, efectos, elementos, relaciones causales, relaciones generales, etc. según corresponda.

6.4.- En cuarto lugar se procede a familiarizarse científicamente con ella, para abstraer los aspectos que se consideren relevantes y neutralicen los aspectos que se consideren irrelevantes de acuerdo a los objetivos, intenciones, intereses, o fines que persiguen los modeladores.

6.5.- En quinto lugar se procede a determinar las diferentes maneras, modos o formas de aproximarse a la realidad problemática (usando los diferentes medios teóricos y tecnológicos), para “domesticarla” y lograr nuestros fines, objetivos, intereses o intenciones.

6.6.- En sexto lugar se procede a mejorar la accesibilidad sensorial y teórica a la realidad problemática (si es que se puede y corresponde, usando todos los medios teóricos y tecnológicos disponibles), para disminuir su complejidad.

6.7.- En séptimo lugar se procede a diseñar, formular y/o construir un modelo de la realidad problemática, según esta haya dado lugar. Para ello se representa y/o instancian de manera teórico-conceptual y/o material los aspectos que hemos considerado relevantes de la realidad problemática enfocada como sistema.

6.8.- En octavo lugar se procede a definir claramente las medidas o metricas cualitativas y cuantitativas comunes a que dan lugar tanto la realidad problemática, como el modelo.

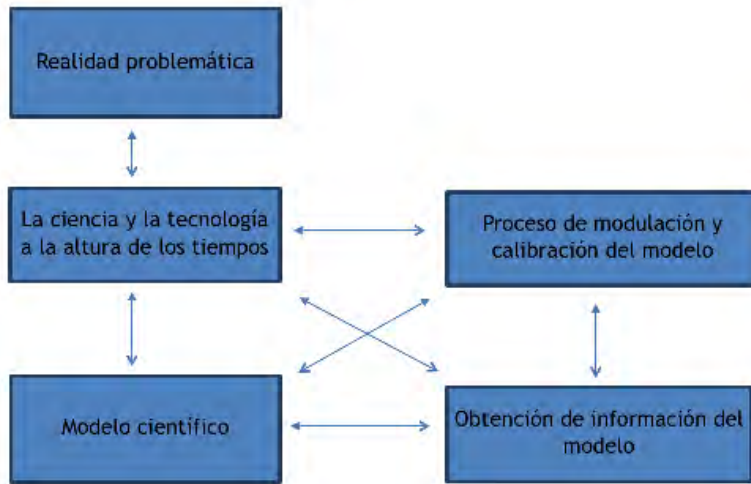
6.9.- En noveno lugar se procede a operar y controlar el modelo, para sacarle información.

6.10.- En décimo lugar se procede a calibrar y/o modular el modelo respecto de la realidad problemática, usando las medidas o metricas cualitativas y/o cuantitativas definidas de acuerdo a los diferentes mo-

dos (teóricos-conceptuales y/o tecnológicos), de aproximarse a la realidad problemática y en relación con los aspectos destacados de esta.

En cualquier caso, el proceso de modelización es dinámico y las fases descritas se recorren de ida y de vuelta una y otra vez.

Esquema de simplificación del proceso de modelización:



VII. Sobre la caracterización de un modelo científico y la igualdad entre modelos científicos

Una caracterización clara y precisa de los modelos científicos “bien definidos y autorizados” debe contemplar la claridad y precisión de al menos los siguientes aspectos, para que sirva de fundamento a una definición de igualdad entre modelos científicos.

7.1.- Los modelos científicos están elaborados o concebidos por una o varias personas. En consecuencia, siendo naturales son artificiales (es decir, son producto de la mente humana). En otras palabras los modelos científicos son artefactos abstractos o concretos. Esto no significa, que por ejemplo la modelación por medio de computadores o impresoras 3D

no sea posible (ver: Paul Humphrey “Extending Ourselves: Computational Sciences, Empiricism and Scientific Method”).

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales no es necesario que estén elaborados o concebidos por las mismas personas o comunidad científica. Pero, si es razonable exigir que la comunidad científica en la práctica de la investigación y uso de ambos modelos tenga un fundamento explícito y objetivo para tratarlos como iguales. En otras palabras, la igualdad entre dos modelos científicos no puede, ni debe ser una cuestión arbitraria o subjetiva.

7.2.- Los modelos científicos están elaborados y/o expresados por medio de algo concreto y/o abstracto (por ejemplo: madera o palabras o símbolos).

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales es necesario que estén elaborados de exactamente los mismos materiales y/o expresados simbólicamente o lingüísticamente de manera equivalente.

7.3.- Los modelos científicos se refieren a una realidad problemática real o imaginaria diferente de ellos mismos, como sistema objeto de modelización.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales es necesario que estén referidos a la misma realidad problemática.

7.4.- Los modelos científicos están elaborados o concebidos con un propósito, objetivo, intención, finalidad, o pretexto.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales es necesario que estén elaborados o concebidos con el mismo propósito, objetivo, intención, finalidad, o pretexto.

7.5.- Los modelos científicos tienen una o varios sentidos, formas, o maneras de aproximarse a la realidad problemática, que intentan modelar.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales deben tener el mismo sentido, forma, o manera de aproximarse a la realidad problemática que modelan. En particular, deben coincidir en los aspectos (elementos, partes, relaciones, etc.) enfocados o destacado, abstraídos, y que representan de la realidad problemática que modelan.

7.6.- En general, los modelos científicos, emergen en y responden a un determinado contexto histórico, cultural, y económico-financiero, y en particular al conocimiento científico y la tecnología de su tiempo.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales deben estar basados en el mismo conocimiento científico, y misma tecnología.

7.7.- Los modelos científicos se elaboran o conciben con el compromiso expreso de ser verídicos, en el sentido de “representar y dar cuenta” cualitativa y/o cuantitativamente de los aspectos de la realidad problemática enfocados en el proceso de modelización, de acuerdo a las medidas o métricas definidas y los requerimientos exigidos por la comunidad científica que lo elaboró y/o concibió, respectivamente.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales deben estar fundamentados respecto de la realidad problemática que modelan en las mismas métricas o medidas. En particular deben coincidir en la exactitud y precisión de aquellos aspectos de la realidad problemática enfocados durante el proceso de modelización usando las mismas métricas o medidas. En otras palabras, los dos modelos deben coincidir en los requerimientos de la comunidad científica durante el proceso de calibración o modulación (fidelización) del modelo, en aquellos aspectos de la realidad problemática que el modelo modela.

7.8.- Para obtener una caracterización más rigurosa de los modelos científicos se debe exigir que estos estén bien definidos y autorizados por la correspondiente comunidad de investigadores, lo cual restringe el conjunto de los modelos científicos a un subconjunto de este, constituido por los modelos científicos bien definidos y autorizados.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales ambos deben estar bien definidos y autorizados por el grupo de personas o comunidades científicas respectivas.

7.9.- Los modelos científicos siempre dan más de lo que se ha puesto en ellos. Por ejemplo: (a) si es un modelo matemático este implica lógicamente una serie de consecuencias lógicas no prevista, y (b) si es un modelo concreto puede comportarse o mostrar propiedades inesperadas. Lo deseable es que estas consecuencias o propiedades también resulten estar bien moduladas y/o calibradas con la realidad problemática objeto de modelización. Este aspecto de los modelos dice relación con el uso predictivo y verificativo que se hace de ellos.

Para que dos modelos científicos sean considerados iguales las consecuencias y propiedades que se obtengan de ellos a posteriori deben ser iguales.

Si los modelos son complejos y por lo tanto exhiben consecuencias y/o propiedades y/o características emergentes. Entonces, para ser considerados iguales debieran exhibir las mismas consecuencias, propiedades, y/o características emergentes.

VIII. El esquema de los tres mundos de Popper. Segunda modificación

En consistencia con la ontología pluralista de Popper consideramos que los modelos científicos son objetos reales. Ahora y puesto que los modelos científicos son artificiales (pero naturales), se sigue que son habitantes del mundo 3 de Popper. Por lo tanto, la segunda modificación del esquema de Popper consiste en superponer los tres mundos de Popper sobre el conjunto de los modelos científicos o en su defecto sobre el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizado por la comunidad científica correspondiente (donde ambos son obviamente subconjuntos del mundo 3), dando lugar a una estructura auto-similar. Además, considerando los tres mundos en que se divide el conjunto de los modelos científicos (o el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) como conjuntos, los graficamos en un diagrama de Venn de modo que se intersecten, donde la intersección significa que estos tres mundos en que se divide el conjunto de los modelos científicos (o el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) tienen elementos en común ontológicamente hablando.

Resumiendo, esta segunda modificación tiene dos aspectos, por un lado, los tres mundos de Popper se superponen al conjunto de los modelos científicos (o conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados), los cuales son subconjunto del mundo 3 de Popper, y por otro lado, los tres mundos de Popper en que se ha particionado el conjunto de los modelos científicos (o que se ha particionado el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) son considerados como tres conjuntos que conforman un diagrama de Venn que alude al aspecto ontológico de los modelos científicos.

De acuerdo a la descripción de los dos párrafos anteriores, el universo del discurso puede ser el conjunto de todos los modelos científicos, o el conjunto de todos los modelos científicos bien definidos y autorizados, donde el segundo es obviamente subconjunto del primero. Sin embargo, ambos tienen un número finito de elementos, es decir tienen cardinalidad finita. En consecuencia, la subdivisión auto-similar tiene un límite,

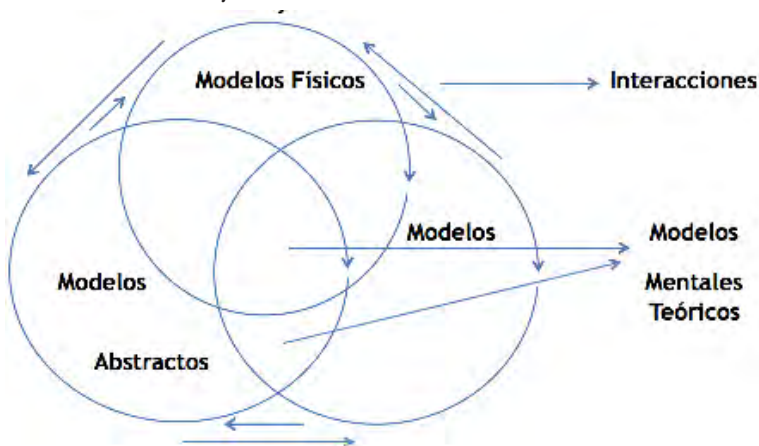
y se puede realizar recursivamente hasta que el número de subconjuntos de la división coincida con el número de modelos científicos. Pero, llegados a este límite no tenemos ninguna clasificación que se pueda juzgar interesante y/o útil.

Puesto que el conjunto de los modelos científicos sin apellido, puede ser una realidad muy compleja de analizar y puede presentar dificultades insalvables si deseamos hacer una clasificación de sus elementos, es que hemos intentado caracterizar el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados al cual habría que restringirse, como una alternativa viable a nuestras pretensiones, porque este conjunto es muchísimo más manejable, sobre todo si consideramos la relación de equivalencia definida en la cuarta sección del presente trabajo.

Dado el conjunto de los modelos científicos (o el conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) como universo del discurso, los tres subconjuntos fundamentales que se obtienen al subdividirlo de acuerdo a los tres mundos de Popper, y la sobre posición de todos ellos en un diagrama de Venn, se obtienen una partición del conjunto de los modelos científicos (o del conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) en 7 subconjuntos, como se ilustra a continuación.

El diagrama de Venn más las interacciones entre los tres mundos:

Conjunto de los modelos científicos o conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados:



IX. EL diagrama de Venn como modelo o esquema clasificatorio

9.1.- Note que el diagrama de Venn desde el punto de vista ontológico (en principio) divide al conjunto de los modelos científicos (o conjunto de los modelos científicos bien definidos y autorizados) en 7 tipos de modelos científicos.

9.2.- La proporciones en que el diagrama de Venn divide al conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos, no son necesariamente las correctas. Para obtener las proporciones correctas habría que hacer un catastro completo de todos los modelos científicos con o sin apellidos existentes a la fecha.

9.3.- Al existir intersecciones no vacías entre los tres subconjuntos básicos (físicos, mentales, y abstractos) en que hemos subdividido el conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos, la clasificación propuesta reconoce y establece fronteras difusas , tanto desde el punto de vista ontológico, como desde el punto de vista epistemológico, entre los diferentes modelos científicos. En otras palabras, se reconoce que no existe una separación dicotómica o un criterio de demarcación entre estos tres tipos básicos de modelos. Pero, la subdivisión en 7 subconjuntos que se establece por intermedio del diagrama de Venn, no contempla intersecciones, lo cual la hace a primera vista una subdivisión interesante y probablemente útil. En particular se muestra útil a nuestros propósitos, en el sentido que nos permite distinguir claramente el conjunto de los modelos teóricos como aquellos pertenecientes a la intersección entre el conjunto de los modelos mentales con el conjunto de los modelos abstractos, lo cual a su vez nos permite pensar los modelos teóricos como “objetos abstractos” (o artefactos).

9.4.- El modelo propuesto no solo contempla la intersección entre los tres conjuntos básicos en que hemos dividido el conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos, sino que también contempla las correspondientes interacciones entre los tres subconjunto fundamentales, lo cual hace que el esquema o modelo clasificatorio propuesto también sea interesante desde el punto de vista del epistemológico, y en particular hace posible la aplicación de la epistemología Popperiana, debidamente modificada.

9.5.- Los tres subconjuntos fundamentales en que hemos subdividido el conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos forman un solo conjunto. En consecuencia, tales subconjuntos se presuponen entre sí, es

decir son coherentes. Por lo tanto, no se puede definir uno de ellos con independencia de los otros dos.

9.6.- Note que las modificaciones primera y segunda que hemos hecho del diagrama de Popper, nos ha llevado a una estructura auto-similar, es decir esta estructura nos permite continuar subdividiendo cada uno de los subconjuntos fundamentales (tres en total) en tres de manera iterativa. Pero, como ya notamos antes, este proceso tiene un límite, porque la cardinalidad del conjunto de todos los modelos científicos con o sin apellidos es finita. En consecuencia, el límite de este proceso de subdivisión se produce cuando cada subconjunto generado en el proceso iterativo llega a tener un y solo un modelo científico como elemento, lo cual no es muy útil, ni interesante como modelo o esquema clasificatorio. Por lo tanto, para que el modelo o esquema clasificatorio propuesto tenga algún valor, el proceso de subdivisión (en tres a la vez) de cada subconjunto fundamental de una iteración dada, debe detenerse antes de que tengamos un modelo científico por subconjunto así producido. Nosotros pensamos, que la primera iteración graficada en el diagrama de Venn de más arriba, es lo más adecuado, porque evita complicaciones innecesarias y divide el conjunto de los modelos científicos con o sin apellidos en 7 conjuntos disjuntos.

9.7.- El fundamento último de que el sistema clasificatorio que proponemos debe tener estructura auto similar finita es más o menos obvio, a saber: todo modelo científico como habitante del mundo 3 de Popper (es decir, como producto de la mente humana) es un artefacto, es algo artificial, y en consecuencia es producto de una conjunción físico-mental. En otras palabras, no existen los modelos científicos puramente físicos, o puramente mentales, o puramente artificiales. Pero, si podemos notar que siendo todos los modelos científicos artefactos, algunos son más concretos que otros, algunos son más mentales que otros, y algunos son más abstractos que otros.

X. Heurística: algunos ejemplos de modelos científicos y su clasificación de acuerdo al diagrama de Venn propuesto

10.1.- Un perfil aerodinámico miniaturizado de acuerdo a la teoría de los números adimensionales correspondientes y hecho de metal; o una estructura hecha de esferas y alambres del sistema solar; o la estructura física del ADN de Watson y Crick; el experimento de las celdas de Bernard;

son modelos pertenecientes al mundo 1 del diagrama de Venn, debido a su estructura física y/o material.

10.2.- Un experimento mental, o los procesos mentales que se siguen en la creación de un modelo científico; o los experimentos mentales de Albert Einstein; son modelos pertenecientes al mundo 2 del diagrama de Venn, debido a su carácter mental.

10.3.- El Brusselator de Ilya Prigogine en su momento, o el modelo de una singularidad matemática usando ecuaciones diferenciales para estudiar su emergencia, forma y tiempo crítico; o el modelo geométrico de un sistema axiomático; el mercado de un solo bien y la igualdad entre las cantidades demandada y ofrecida como condición de equilibrio; los modelos estacionario y dinámico de Von Tünen, Galría y Orellana, respectivamente; son modelos pertenecientes al mundo 3 del diagrama de Venn, debido a su carácter abstracto.

10.4.- El modelo de la morfogénesis de Alan Turing es un modelo teórico que está en la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.5.- El modelo numérico sobre “concurrent coupling of length scales in nano mechanics” de una fractura (mecánica continua, dinámica molecular y mecánica cuántica) y el SILOGEN, es un modelo teórico que está en la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.6.- Los modelos de viscosidad artificial y sintética en dinámica de fluidos computacional, para poder computar las ondas de choque; son modelos pertenecientes a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.7.- El modelo del movimiento planetario y el modelo de un péndulo sin rozamiento con el aire, basados en las leyes de Newton, pertenecen a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.8.- El modelo hidrodinámico de las celdas de Bernard basado en las ecuaciones de la dinámica de fluidos, para investigar la inestabilidad térmica de una capa de fluido calentado por debajo pertenece a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.9.- El modelo de redistribución de las zonas de criminalidad en la ciudad de Los Ángeles-California (EEUU), pertenece a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.10.- Los modelos advectivo-difusivo de la calidad del aire, pertenecen a la intersección del mundo 2 con el mundo 3 del diagrama de Venn.

10.11.- Los modelos del movimiento de placas tectónicas que forman la capa solida de la tierra, pertenecen al mundo 3 del diagrama de Venn.

10.12.- El modelo convectivo de la atmosfera de la tierra en una celda cubica de Lorentz y los modelos depredador-presa y las ecuaciones de Lotka-Volterra, pertenecen al mundo 3 del diagrama de Venn.

10.13.- Los diagramas de flujo, los mapas conceptuales y semánticos, los diagramas de bloque, y los diagramas de Bode son modelos pertenecientes al mundo 3 del diagrama de Venn.

Así, modulo errores de clasificación absolutamente corregibles, podríamos continuar clasificando los modelos científicos existente de acuerdo al esquema clasificatorio propuesto. La idea fundamental consiste (obviamente) en que dado un modelo científico (bien definido y autorizado), este se pueda ubicar en uno de los 7 subconjuntos que componen el diagrama de Venn ilustrado más arriba. Pero, por ahora nosotros estamos particularmente interesados en aquellos modelos que están en la intersección del conjunto de los modelos mentales con el conjunto de los modelos abstractos (es decir, los modelos teóricos), por los motivos señalados en la introducción del presente artículo.

XI. Caracterización de los modelos teóricos como aquellos que pertenecen a $M2 \cap M3$

De acuerdo al esquema o modelo clasificatorio presentado en este artículo, los modelos teóricos (donde algunos ejemplos han sido dados en la sección precedente), pertenecen a la intersección del mundo 2 (mundo mental restringido al conjunto de los modelos científicos de acuerdo a las modificaciones introducidas a la teoría de los tres mundos) con el mundo 3 (mundo de las creaciones humanas restringido al conjunto de los modelos científicos de acuerdo a las modificaciones introducidas a la teoría de los tres mundos). En consecuencia, los modelos teóricos pueden considerarse como objetos abstractos o artefactos, y por lo tanto son susceptibles de ser analizados por medio de la teoría artefactual de Amiel L. Thomasson.

Comentarios finales

(1) El proceso de modelización científica, es decir el proceso de creación (descubrimiento y/o invención) de todo modelo científico tiene tres componentes fundamentales, a saber: la realidad problemática concreta o abstracta que se desea modelar, la comunidad de científicos que crea el modelo (en la cual podríamos incluir a los usuarios conscientes), y el modelo (producto del proceso de modelización). Estas tres componentes no se pueden separar dicotómicamente y definir cada una de ellas con independencia de las otras dos, es decir son coherentes entre sí. Por ello es que estas tres componentes juegan un rol fundamental en la definición de igualdad entre modelos científicos con o sin apellidos.

(2) Los modelos materiales son objetos cuyas propiedades físicas pueden estar potencialmente en una relación representacional con respecto a la realidad problemática que modelan; los modelos abstractos son estructuras abstractas cuyas propiedades pueden estar potencialmente en una relación de representación matemática con respecto a la realidad problemática que modela, y los modelos mentales son estructuras mentales cuyas propiedades pueden estar potencialmente en una relación de representación lógica y/o conceptual con respecto a la realidad problemática que modelan. Pero, una vez que el modelo científico está bien definido y es autorizado tal relación pasa de potencia a actual, respecto de los aspectos de la realidad problemática representados en el modelo.

(3) La caracterización de un modelo científico bien definido y autorizado, por una parte, debe incluir las medidas y/o métricas que se deben usar en el proceso de fidelización (calibración y /o modulación) del modelo respecto de los aspectos de la realidad problemática que modela, y por otra parte, debe incluir explícitamente los niveles de precisión y exactitud que cumple el modelo respecto de la realidad problemática en aquellos aspectos que representa de acuerdo a las correspondientes medidas y/o métricas.

(4) El programa de investigación que se propone o que se infiere de este artículo en relación con las inquietudes y objetivos planteados en la introducción es el siguiente:

4.1.- Estudiar y/o investigar el conjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados”.

4.2.- Estudiar y/o investigar hasta qué punto se pueden generalizar los resultados del estudio y/o investigación previa al conjunto de todos los modelos científicos.

4.3.- Estudiar y/o investigar hasta qué punto se pueden generalizar los resultados de los estudios y/o investigaciones previas al conjunto de todos los modelos.

(5) Si por ejemplo: (5.1) en teoría de conjuntos, dos conjuntos son considerados iguales si tienen los mismos elementos, independientemente del orden en que se presenten los elementos en uno y el otro conjunto, y cuantas veces un determinado elemento se repite o no se repite en cualquiera de los dos conjuntos; y (5.2) en geometría vectorial, dos vectores son iguales si tienen la misma magnitud, la misma dirección y el mismo sentido, modulo traslaciones paralelas. Entonces, es razonable esperar que sea cual sea la definición de igualdad entre modelos científicos que se adopte, necesariamente se dejaran algunos aspectos fuera de tal definición. Lo importante es no dejar fuera algún aspecto (propiedad o característica) de los modelos científicos relevante o fundamental, para la práctica de la investigación científica y el correspondiente uso de los modelos científicos. Por ejemplo (si se trata de un modelo físico), de que materiales esta hecho el modelo y en consecuencia cuáles son sus cualidades primarias y secundarias.

La noción de igualdad entre modelos científicos “bien definidos y autorizados” dada en la sección VII siendo provisional es perfectible y susceptible de ser completada. Lo importante es darse cuenta que tiene sentido preguntarse bajo qué condiciones pueden dos modelos considerarse iguales y que es posible tener una definición de igualdad entre modelos científicos que sea operacionalmente valida de acuerdo a la práctica científica. Por lo tanto, desde el punto de vista formal, se puede pensar que existe una noción de igualdad entre los modelos científicos “bien definidos y autorizados”, la cual induce una partición sobre el conjunto de los modelos científicos “bien definidos y autorizados” en clases de equivalencia.

Reconocimiento

El trabajo de investigación hecho por el autor de la presente ponencia ha sido en parte financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), bajo el proyecto número 1141260,

titulado: “Modelling in Science and Abstract Objects: for a fictional artefactual approach”, y la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso – Chile.

En cuanto al contenido de la ponencia, el autor está en deuda con los colaboradores Carlos Verdugo y Juan Redmond, porque no sería lo que ha llegado a ser sin los comentarios, recomendaciones y críticas que ha recibido de parte de ellos. Los errores que persisten son de entera responsabilidad del suscrito.

Bibliografía

- POPPER, Karl R., “Knowledge and the Body-mind Problem: In defense of interaction”, Editorial Routledge; 1994.
- POPPER, Karl R., “Three Worlds”; The Tanner Lecture on Human Values; Delivered at The University of Michigan; April 7; 1978.
- PENROSE, Roger, “The Road to Reality”; Editorial Knoff; 2004.
- PENROSE, Roger, “The Emperor’s New Mind”; Editorial Penguins, 1991.
- PENROSE, Roger, “Shadows of the Mind: A search for the missing science of consciousness”; Editorial Oxford University Press; 1994.
- THOMASSON, Amiel L., “Fiction and Metaphysics”; Editorial Cambridge University Press; 1999.
- HUMPHREYS, Paul, “Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method”; Editorial Oxford University Press; 2004.
- SUAREZ, Mauricio, (Editor); “Fiction in Science”; Editorial Routledge; 2009.
- VAIHINGER, Hans, “The Philosophy of “As If””; Editorial Kegan Paul, Trench, Truebner & Co., Ltd.; 1935.
- BOLZANO, Bernard, “Theory of Science”; Editorial D. Reidel Publishing Company; 1973.

- BAILER-JONES, Daniela M., "Scientific Model in Philosophy of Science"; Editorial University of Pittsburgh Press; 2009.
- FRIEDMAN, Avner & LITTMAN, Walter, "Industrial Mathematics: A course in solving real-world problems"; Editorial SIAM; 1994.
- McCLAMROCH, N. H., "State Models of Dynamic Systems: A case study approach"; Editorial Springer-Verlag; 1980.
- PRIGOGINE, Ilya & NICOLIS, G., "On Symmetry Breaking Instabilities in Dissipative Systems"; the Journal of Chemical Physics, 46, 3542; 1967.
- TURING, Alan, "The Chemical Basis of Morphogenesis"; Phil. Transc. R. Soc. Lond. B1952 237, 37-72.
- SPRUIT, Leen, "Giordano Bruno Revisited: Roger Penrose's Theory of the Three Worlds"; Band 3; 1999.