

ArtyHum, 81, 2021, pp. 46-97.

ARTE

EL PENSAMIENTO ABDUCTIVO Y EL USO DE ICONOGRAFÍAS ARTÍSTICAS Y DE DISEÑO EN LAS CIENCIAS.

**Los métodos del pensamiento científico –inductivo, hipotético-deductivo
y abductivo– y sus relaciones con las analogías en la investigación en Ciencia.**

Por Ibar Federico Anderson.

Universidad Nacional de La Plata.

Fecha de recepción: 12/12/2020.

Fecha de aceptación: 05/05/2021.



Resumen.

Este trabajo conforma parte de mis investigaciones dentro del proyecto de investigación acreditado en la Secretaría de Ciencia y Técnica (SCyT) de la Facultad de Bellas Artes (FBA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Proyecto Código B374-SCyT-FBA-UNLP, cuyo título es: «Gestión integrada de Diseño e Innovación. Contribuciones para una revisión teórico-conceptual y metodológica» a cargo del Director: Mg. Diseñador Industrial Federico del Giorgio Solfa. Esta investigación plantea un breve análisis sobre los tres (3) métodos de pensamiento científico: (a) el inductivo, (b) el hipotético-deductivo y (c) el abductivo; para terminar relacionándolo con el método central de la investigación en Ciencias: las analogías. Este artículo inicia con un breve recorrido histórico y particularizado –también de ejemplos– sobre algunos casos históricos en que las abducciones, analogías y metáforas del han iluminado la Ciencia y el conocimiento. Como lo fue la alegoría de la Caverna al principio del VII libro de la República (380 a.C.), realizada por el filósofo griego Platón (427-347 a.C.) y El origen de las especies por medio de la selección natural (1859) de Charles

Darwin (1809-1882), en Biología. También se estudian otras analogías como la cadena de montaje de Henry Ford (1862-1947) en la segunda fase de la Revolución Industrial y sus implicancias con el matadero Swift & Company's y el faenado de carne en Cincinnati (Ohio, EE.UU.). En ningún momento se descuida que el «pensamiento abductivo» (base para el «pensamiento de diseño») está fuertemente relacionado al uso de analogías, metáforas e iconografías artísticas y de diseño, que consolidan los modelos teóricos explicativos en Ciencias. Finalmente en las conclusiones, arribamos a un breve cuadro que resume estas ideas sobre el método, el criterio de verdad, el criterio de demarcación y sus relaciones con la metafísica –esenciales a la hora de entender cómo se procede metodológicamente– en: (1) el neopositivismo de Carnap y el Círculo de Viena, (2) el racionalismo crítico de Popper y (3) los otros métodos que agrupan a Lakatos, Pierce y Samaja. Este último autor toma las enseñanzas del epistemólogo Charles S. Peirce y la abducción como método creativo para formular hipótesis en Ciencias, que son la base de este artículo.

Palabras clave: *Pensamiento científico, métodos, inductivo, hipotético-deductivo, abductivo, Design Thinking.*

Abstract.

This work is part of my research within the research project accredited in the Secretariat of Science and Technology (SCyT) of the Faculty of Fine Arts (FBA), National University of La Plata (UNLP). Project Code B374-SCyT-FBA-UNLP, whose title is: «Integrated Management of Design and Innovation. Contributions for a theoretical-conceptual and methodological review» by the Director: Mg. Industrial Designer Federico del Giorgio Solfa. This research presents a brief analysis of the three (3) methods of scientific thought: (a) the inductive, (b) the hypothetical-deductive and (c) the abductive; to finish by relating it to the central method of science research: analogies. This article begins with a brief historical and particularized journey –also of examples– on some historical cases in which abductions, analogies and metaphors have illuminated Science and knowledge. As was the allegory of the Cave at the beginning of the VII Book of the Republic (380 BC), made by the Greek philosopher Plato (427-347 BC) and The Origin of Species by means of Natural Selection (1859) by Charles Darwin (1809-1882), in Biology.

Other analogies are also studied such as Henry Ford's assembly line ((1862-1947) in the second phase of the Industrial Revolution and its implications with the Swift & Company's slaughterhouse and the slaughter of meat in Cincinnati (Ohio, USA) At no time is it neglected that “abductive thinking” (the basis for “design thinking”) is strongly related to the use of analogies, metaphors and artistic and design iconographies, which consolidate the explanatory theoretical models in Sciences. conclusions, we arrive at a brief table that summarizes these ideas about the method, the criterion of truth, the criterion of demarcation and their relations with metaphysics –essential when it comes to understanding how to proceed methodologically– in: (1) the neopositivism of Carnap and the Vienna Circle, (2) Popper’s critical rationalism and (3) the other methods that bring together Lakatos, Pierce and Samaja. The latter author takes the teachings of the epistemologist Charles S. Peirce and the abduction as a creative method for formulating hypotheses in science, which are the basis of this article.

Keywords: *Scientific thinking, methods, inductive, hypothetical-deductive, abductive, Design Thinking.*

Introducción.

En el artículo publicado en la revista *ArtyHum* N° 69, bajo el título: *Alicia a través de las puertas, los espejos y las ventanas* (2020)⁷¹, se había realizado un análisis de la psiquis humana según una de las grandes obras teóricas del médico neurólogo austriaco padre del psicoanálisis y una de las mayores figuras intelectuales del siglo XX, **Sigmund Freud** (1856-1939): *El yo y el ello, y otras obras* (1923-1925).

El pensamiento es la actividad y creación de la mente humana; se dice de todo aquello que es traído a la existencia mediante la actividad del intelecto. El término es comúnmente utilizado como forma genérica que define todos los productos que la mente puede generar incluyendo las actividades racionales y reflexivas del intelecto o las abstracciones de la imaginación; todo aquello que sea de naturaleza mental es considerado pensamiento, bien sean estos abstractos, racionales, creativos, artísticos, etc.

Se considera pensamiento también la coordinación del trabajo creativo de múltiples individuos con una perspectiva unificada en el contexto de una institución.

Existen diversas clasificaciones para las formas del pensamiento humano. Una de ellas, la forma del pensamiento científico y sus vínculos creativos con el Arte y el Diseño es la que nos interesa particularmente.

Podemos resumir que poseemos tres (3) tipos de razonamientos: (a) el deductivo, (b) el inductivo y el (c) abductivo.

En dicha revista *ArtyHum* N° 69 se brindaron ejemplos de cada uno de los tres casos antes citados de métodos de razonamientos aplicados al Arte, Diseño y Arquitectura.

Repasemos cada uno brevemente.

(a-1) El método de razonamiento deductivo.

En lógica, un razonamiento deductivo es un argumento donde la conclusión se infiere necesariamente de las premisas. En su definición formal, una deducción es una secuencia finita de fórmulas, de las cuales la última es designada como la conclusión (la

⁷¹ ANDERSON, I. F.: "Alicia a Través de las Puertas, los Espejos y las Ventanas", *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 69, Vigo, 2020, pp. 8-41. Disponible en línea: <https://www.artylum.com/revista/69/#p=8> [Fecha de consulta: 12/12/2020].



conclusión de la deducción), y todas las fórmulas en la secuencia son, o bien axiomas, o bien premisas, o bien inferencias directas a partir de fórmulas previas en la secuencia por medio de reglas de inferencia. En resumen, deducir algo con base en un argumento.

Puede decirse que es el método más común o más utilizado al momento de razonar. El razonamiento deductivo, puede definirse como aquel en el cual, de acuerdo a las premisas y las reglas de inferencia en uso, la conclusión es necesaria. Es mediato porque se efectúa siguiendo una serie de pasos lógicos. Estos razonamientos deductivos, nos permiten referir los objetos o fenómenos estudiados a las leyes que los rigen; de igual manera, permiten descubrir una consecuencia desconocida, a partir de un principio conocido. Estos principios se consideran como premisas.

Un ejemplo de razonamiento deductivo sería el siguiente:

«*Todos los metales son maleables*» (Premisa 1), «*El oro es metal*» (Premisa 2), «*Luego, (término de enlace o conector) el oro es maleable*» (Conclusión).

Otro ejemplo de razonamiento deductivo, según el silogismo aristotélico (deductivo), es el siguiente: «*Todos los hombres son mortales*», «*Sócrates es un hombre*», «*Sócrates es mortal*» (Conclusión).

Lo que en verdad lleva a afirmar que Sócrates morirá es que *Tales, Anaxímenes, Empédocles, Herodoto, Pitágoras*, etc., murieron antes que él. La premisa «*Todos los hombres son mortales*» no es realmente una prueba objetiva sino observaciones individuales. La verdadera inferencia es la que se hace durante la inducción (es decir, en casos aislados).

La primera premisa afirma que todos los objetos clasificados como «*humanos*» tienen el atributo «*mortal*». La segunda premisa asegura que «*Sócrates*» es clasificado como «*humano*» (miembro del conjunto «*humanos*»). Por silogismo, se puede concluir entonces que «*Sócrates*» debe ser «*mortal*», pues hereda este atributo a partir de su clasificación como «*humano*». Esta forma de argumento se conoce como silogismo.



(a-2) El método de razonamiento hipotético-deductivo.

Hoy en día ya no hablamos de método deductivo, que es una idea obsoleta, hablamos de método hipotético-deductivo, a partir de **Karl Popper** (1902-1994) quien rechazó la posibilidad de elaborar leyes generales a partir de la inducción, y sostuvo que en realidad esas leyes generales son hipótesis formuladas por el científico, que utiliza el método inductivo de interpolación para, a partir de esas hipótesis de carácter general, elaborar predicciones de fenómenos individuales. En esta concepción del método científico es central la *falsabilidad* de las teorías científicas (esto es, la posibilidad de ser refutadas por la experimentación). En el método hipotético-deductivo, las teorías científicas nunca pueden considerarse verdaderas, sino a lo sumo «no refutadas».

Popper reemplaza el método inductivo por el hipotético-deductivo y sustituye el principio de *verificación* por el de *falsación*. Reemplaza el criterio de verdad por el de verosimilitud.

También rechaza el espíritu antimetafísico (en contra de la Filosofía) del *neopositivismo*, ya que la metafísica engendra teorías científicas. Recordando que para el neopositivismo del *Círculo de Viena* –con **Rudolf Carnap** (1891-1970) como fundador– lo importante era lo que es verificable.

Sin embargo, **Mario Bunge** (1919-2020) ha señalado que la *falsabilidad*, o más bien, la refutabilidad, no puede ser el único sello de la científicidad porque entonces: (a) todas las teorías falsas deberían considerarse científicas, lo que es absurdo, (b) no se podría exigir refutabilidad directa a las teorías de elevado nivel y (c) la científicidad supondría mucho más que la comprobabilidad.

La fuerza de la afirmación acerca de la relación entre las premisas y la conclusión del enunciado son los puntos clave de la diferencia entre la deducción y la inducción. Esto quiere decir que en la deducción, se afirma que la conclusión se sigue de las premisas necesariamente; mientras que en la inducción, la conclusión se sigue de las premisas solamente de manera probable.



La diferencia entre la deducción y la inducción, hay quienes consideran que son procesos opuestos, lo cual no es del todo cierto. Sin embargo existe una diferencia entre ellas, que va más allá del simple punto de partida y de finalización que toma cada uno de estos métodos; que se entiende como inverso al del otro método (deducción: de lo general a lo particular, e inducción: de lo particular a lo general).

El método hipotético-deductivo es un modelo del método científico compuesto por los siguientes pasos esenciales: (1) observación del fenómeno a estudiar, (2) creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, (3) deducción de consecuencias o proposiciones más elementales de la propia hipótesis, (4) verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. Este método obliga al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación). Los pasos 1 y 4 requieren de la experiencia, es decir, es un proceso empírico;

mientras que los pasos 2 y 3 son racionales. Por esto se puede afirmar que el método sigue un proceso inductivo (en la observación), deductivo (en el planteamiento de hipótesis y en sus deducciones), y vuelve a la inducción para su verificación. En el caso de que todas las variables puedan ser objeto de estudio, el último paso sería una inducción completa que daría paso a una ley universal. En caso contrario, la inducción es incompleta, y por lo tanto, la ley obtenida sería una ley probabilística.

Es decir, que para el investigador experimentado, la deducción esta retroalimentada con la inducción. Algunos dan por hecho que la deducción y la inducción son procesos opuestos, lo cual no es del todo cierto.

(b) El método de razonamiento inductivo.

El origen del método inductivo en la Filosofía Moderna se debe a la obra de **Francis Bacon** (1561-1626) en su *Novum organum* (1620) en la cual encontramos el primer intento sistemático por mostrar la importancia del argumento inductivo en la formación del conocimiento científico



en contraposición al deductivismo imperante en la época.

El propósito del razonamiento es el estudio de las pruebas que permiten medir la probabilidad de los argumentos, así como de las reglas para construir argumentos inductivos fuertes. A diferencia del razonamiento deductivo, en el razonamiento inductivo no existe acuerdo sobre cuándo considerar un argumento como válido. De este modo, se hace uso de la noción de fuerza inductiva, que hace referencia al grado de probabilidad de que una conclusión sea verdadera cuando sus premisas son verdaderas. Así, un argumento inductivo es fuerte cuando es altamente improbable que su conclusión sea falsa si las premisas son verdaderas. Para más información ver *Charles S. Peirce* en *la Inducción como probabilidad* (1878).

Tradicionalmente se consideraba (y en muchos casos todavía se considera) que el razonamiento inductivo es una modalidad del razonamiento que consiste en obtener conclusiones generales a partir de premisas que contienen datos particulares o individuales. Por ejemplo, a partir de la observación repetida de

objetos o eventos de la misma índole se establece una conclusión general para todos los objetos o eventos de dicha naturaleza.

Sin embargo, esa definición, en el presente y en lógica, ya no está en uso; como ya mencionamos, a veces se expresa la diferencia entre deducción e inducción diciendo que la segunda, contrariamente a la primera, «*va de lo particular a lo general*». Si con ello se quiere decir que en un argumento inductivo válido las premisas son siempre todas afirmaciones particulares y la conclusión es una afirmación general (esto es, cuantificacional).

Muchos consideran que, a pesar que la inducción no puede ser validada, la gran ventaja de la inducción no es que se puede justificar o validar (como si se puede la deducción), pero que, con cuidado y un poco de suerte, puede corregirse, como otros métodos no lo hacen.

La inducción es un método, al igual que el deductivo, muy importante y también muy utilizado, sobre todo por los científicos. Los razonamientos inductivos, a diferencia de los deductivos, van de lo menos general a lo más general.



Por ejemplo, se analizan tres casos (a, b, c), se determina que todos ellos tienen una característica, y esto permite obtener un juicio universal. Cuando en este método se parte de algunos casos, la inducción se denomina *incompleta*; por el contrario, cuando se enumeran todas las cosas para llegar a una conclusión general, esta inducción se conoce como *completa*. Por lo general, parte de la observación exacta de fenómenos particulares para llegar a conclusiones empíricas, extraídas de la experiencia.

Por ejemplo, a partir de la observación repetida de objetos o eventos de la misma índole se establece una conclusión general para todos los objetos o eventos de dicha naturaleza. Ejemplo de razonamiento inductivo: (a) «*Sócrates es un hombre y es mortal*», (b) «*Platón es un hombre y es mortal*», (c) «*Aristóteles es un hombre y es mortal*», (d) «*probablemente todos los hombres sean mortales*» (Conclusión).

En un argumento inductivo válido las premisas son siempre todas afirmaciones particulares y la conclusión es una afirmación general.

La gran ventaja de la inducción no es que se puede justificar o validar, como puede en la deducción, pero que, con cuidado y un poco de suerte, puede corregirse, como otros métodos no lo hacen.

(c) El método de razonamiento abductivo (también conocido como analógico).

John Stuart Mill (1806-1873) considera que la analogía es como un argumento inductivo pero sin ser inducción completa. No obstante, acepta el argumento analógico, siempre y cuando se den ciertas condiciones; no solamente tener en cuenta las semejanzas, sino también las diferencias considerando las relaciones entre ambas en un conocimiento suficientemente extenso.

Solo se puede admitir el argumento analógico en la medida en que las semejanzas son grandes y las diferencias muy pequeñas, lo que, en realidad, convierte a dicho argumento analógico en un argumento inductivo.

Ernst Mach (1838-1916) considera la analogía como una relación entre sistemas de elementos homólogos que pueden dar lugar a diferencias y



semejanzas, en la medida en que dichas relaciones pueden establecerse y medirse.

En cualquier caso tanto para Stuart Mill como para Mach el argumento analógico como inducción siempre va de lo particular a lo particular y no puede pasar de ser un argumento probable.

Por lo tanto la problemática del argumento analógico reside en que podamos inferir algo no perceptible, partiendo de lo mundano y perceptible en la experiencia, y conforme a un sistema formal lógico.

El Razonamiento analógico es una modalidad de razonamiento que consiste en obtener una conclusión a partir de premisas en las que se establece una similitud o analogía entre elementos o conjuntos de elementos distintos, por lo tanto éste va de particular en particular.

En el razonamiento por analogías se utilizan similitudes perceptibles como base para inferir alguna otra similitud que aún no se puede percibir. El razonamiento analógico es uno de los métodos más comunes por los que los seres humanos tratan de entender el

mundo y tomar decisiones. Quizás el tipo de razonamiento no deductivo, o inductivo, usado más corrientemente, es el razonamiento por analogía.

Un argumento analógico o argumento comparativo es la forma más simple y comúnmente utilizada de razonamiento inductivo. Se fundamenta en la similitud de dos elementos para concluir que otro elemento –cuyas características son similares a las de estos dos elementos– puede también ser similares a estos. No todas las analogías son argumentos, sin embargo, son usualmente utilizados para ilustrar una creencia dentro de un discurso.

El argumento analógico se construye bajo la premisa de que todos los elementos comparados tienen algo en común. Esto no quiere decir que pueda abarcar la totalidad de los elementos, pero si puede establecer semejanzas entre algunas propiedades de ellos.

Por esta razón, a los argumentos analógicos también se les denomina *argumentos comparativos*, ya que se valen del razonamiento de situaciones anteriores o parecidas de validez relativa para realizar comparaciones entre elementos que comparten una o varias características.



Es así como todos los argumentos analógicos tienen la misma estructura, hablan de la misma propiedad o propiedades de uno o varios elementos. Su veracidad o falsedad puede ser apelable ya que su validez siempre es relativa y dependerá de la lógica de quienes lo establecen y evalúan.

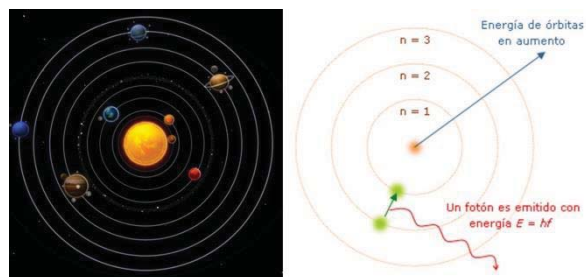
Los argumentos analógicos tienen la siguiente estructura:

Dos o más individuos comparten las mismas propiedades a y b. La mayoría de estos individuos comparten también las propiedades c y d. Por tanto, la minoría de estos individuos también deben compartir las propiedades c y d. Esta estructura en contexto puede ser ilustrada de la siguiente manera:

Juan, Andrés y Pablo son todos diseñadores industriales. Juan y Andrés tienen algún producto industrial en su casa, hecho por un diseñador industrial importante. Entonces, es altamente probable (pero no es seguro) que Pablo tenga algún producto industrial en su casa hecho también por un diseñador importante. Debido al parecido de su estructura mental de pensamiento, formada (educada) por la bibliografía de Historia del Diseño Industrial.

Existen muchos ejemplos de analogías que varían en función del tipo y del ámbito lingüístico o filosófico en el que nos encontremos. Una analogía es una comparación en la que una idea o una cosa que se compara con otra cosa que es diferente a ella. El objetivo es explicar esa idea o cosa comparándola con algo que es familiar.

Para hacer una analogía se pueden utilizar metáforas y símiles. Un ejemplo de analogía es: «*La estructura de un átomo es como la del sistema solar. El núcleo es el sol y los electrones son los planetas girando alrededor de su sol*».



A la izquierda imagen del sistema solar. A la derecha imagen del modelo atómico de Bohr (análogo a un sistema solar), es un modelo clásico del átomo, pero fue el primer modelo atómico que se ubica entre la mecánica clásica y la cuántica. Fue propuesto en 1913 por el físico danés Niels Bohr (1885-1962) para explicar cómo los electrones pueden tener órbitas estables alrededor del núcleo y por qué los átomos presentaban espectros de emisión característicos (dos problemas que eran ignorados en el modelo previo de Rutherford). Además el modelo de Bohr incorporaba ideas tomadas del efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein (1879-1955).

Estamos ante una analogía propiamente dicha, por ejemplo, cuando se dice: «*el electrón es al núcleo del átomo lo que un planeta es al Sol*». Pero si no se explicitan todos los elementos, estamos ante un símil o una metáfora. La diferencia entre estos últimos es bastante sutil, mientras en los símiles la relación que se efectúa es únicamente de comparación: «*los electrones son como planetas*»; en las metáforas se llega a establecer una identificación aunque sólo sea en un sentido figurado: «*los electrones son los planetas del átomo*».

En suma, comprobar la fertilidad de las analogías como herramienta para predecir o entender nuevos fenómenos, puede ser clave para valorar la lógica y la racionalidad del pensamiento científico y la importancia de los modelos en la construcción de las Ciencias. Estos tipos de analogía se utilizan en Ciencia para pasar de cosas conocidas a cosas desconocidas. Son planteamientos *a posteriori* que crean modelos lógico-formales.

A raíz de todo lo expuesto, estimamos que las analogías constituyen una herramienta importante no sólo para el aprendizaje de conceptos, sino

también para el desarrollo de las capacidades necesarias para los procesos de modelización científica. Tanto asimilar, usar o evaluar los modelos enseñados, como también ser capaz de elaborar modelos, exige disponer de una serie de estrategias, destrezas y visiones epistemológicas.

Así, la utilización de la analogía en Ciencias significa comparación o relación entre varias cosas, razones o conceptos; comparar o relacionar dos o más seres u objetos a través de la razón; señalando características generales y particulares comunes que permiten justificar la existencia de una propiedad en uno, a partir de la existencia de dicha propiedad en los otros.

En el aspecto lógico, permite comparar un objeto (sistema solar) con otro (modelo atómico de química), en sus semejanzas y en sus diferencias. Una analogía permite la deducción de un término desconocido a partir del análisis de la relación que se establece entre dos términos de ella conocidos.

La analogía posibilita una vía inductiva de argumentar. Nos permite intentar representar un pensamiento o experiencia respecto a un objeto a través de una comparación de distintas



dinámicas o situaciones; dando a entender que éstas comparten similitudes.

Como se puede ver, una de las funciones de las analogías es explicar mejor un concepto. Se utiliza un concepto que ya es entendido (sistema solar) para explicar otro (modelo atómico).

Los modelos ocupan un lugar sustancial en el currículo de Ciencias, junto a ellos se encuentran las analogías, recurso frecuente del lenguaje y de la intuición al que solemos apelar en distintos contextos de nuestras vidas, cuando queremos comunicar ideas o resolver problemas y carecemos de conocimientos sobre un tema, lo que nos lleva a usar ciertos giros en el lenguaje, como metáforas, alegorías, o frases del tipo: «*es similar a*», «*es parecido a*», «*como si fuera tal o cual (cosa o cuestión)*», etcétera. Multitud de expresiones del lenguaje, de refranes, de proverbios e, incluso, de anuncios publicitarios hacen uso de ellas porque conectan fácilmente con el saber popular y la forma de conocer de las personas.

Entendemos por analogía aquellos aspectos del discurso explicativo del profesor en los que se usa una situación familiar para explicar un fenómeno poco familiar. La primera definición pone el énfasis en su papel como recurso didáctico para las clases de Ciencias, ya que, en efecto, éstas son utilizadas con cierta frecuencia por el profesor y los libros de texto. En este sentido, muchas de las capacidades que exige la tarea de modelización, podrían ser desarrolladas a partir de un uso apropiado de las analogías en la clase de Ciencias.

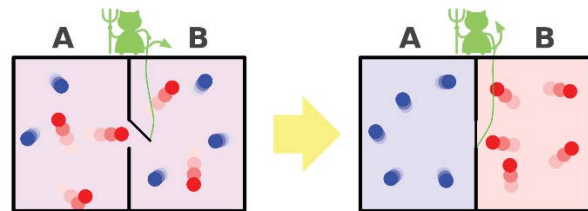
Son variados los motivos por los que los científicos utilizan las analogías; por ejemplo, para favorecer y desarrollar su propio pensamiento, generar nuevos conceptos y conocimientos, establecer una nueva teoría, o simplemente comunicar ideas novedosas sobre la base de conocimientos y asentados y admitidos por la comunidad científica. En general, el uso de analogías es parte sustancial del razonamiento científico para intentar explicar lo desconocido a partir de lo que ya se conoce.



Ejemplos de razonamientos de este tipo los encontramos en el «*Demonio de Maxwell*», y el «*Gato de Schrödinger*» o en algunos de los razonamientos empleados por **Galileo**. Comparten con las analogías el uso de elementos gráficos y visuales, siendo frecuente que ambos recursos se acompañen de dibujos e ilustraciones.

El demonio de Maxwell es el nombre de una criatura imaginaria ideada en 1867 por el físico escocés **James Clerk Maxwell** (1831/5-1879) como parte de un experimento mental diseñado para ilustrar la segunda ley de la termodinámica. Esta ley prohíbe que entre dos cuerpos a diferente temperatura se pueda transmitir el calor del cuerpo frío al cuerpo caliente. En la primera formulación el demonio de Maxwell sería una criatura capaz de actuar a nivel molecular seleccionando moléculas calientes y moléculas frías separándolas. El nombre «*Demonio*» proviene aparentemente de un juego de naipes solitario conocido en Gran Bretaña en el que se debían separar cartas rojas y negras de modo análogo a moléculas calientes y frías.

El demonio de Maxwell aparece referenciado también como *Paradoja de Maxwell* y es uno de los pilares de la física térmica y estadística.



A la izquierda el recipiente con las moléculas aun mezcladas. A la derecha las moléculas ya ordenadas por el demonio de Maxwell.

El experimento del gato de Schrödinger o *Paradoja de Schrödinger* es un experimento teórico concebido en 1935 por el físico austriaco **Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger** (1887-1961) para exponer una interpretación de la mecánica cuántica.

Erwin Schrödinger plantea un sistema que se encuentra formado por una caja cerrada y opaca que contiene un gato en su interior, una botella de gas venenoso y un dispositivo, el cual contiene una sola partícula radiactiva con una probabilidad del 50% de desintegrarse en un tiempo dado, de manera que si la partícula se desintegra, el veneno se libera y el gato muere.

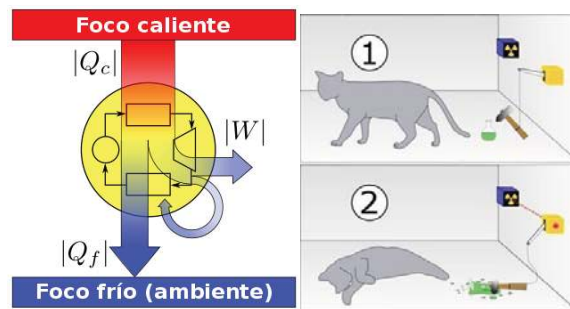


Al terminar el tiempo establecido, la probabilidad de que el dispositivo se haya activado y el gato esté muerto es del 50%, y la probabilidad de que el dispositivo no se haya activado y el gato esté vivo tiene el mismo valor. Según los principios de la mecánica cuántica, la descripción correcta del sistema en ese momento (su función de onda) será el resultado de la superposición de los estados «vivo» y «muerto» (a su vez descritos por su función de onda). Sin embargo, una vez que se abra la caja para comprobar el estado del gato, este estará vivo o muerto.

Sucede que hay una propiedad que poseen los electrones, de poder estar en dos lugares distintos al mismo tiempo, pudiendo ser detectados por los dos receptores y dándonos a sospechar que el gato está vivo y muerto a la vez, lo que se llama *superposición*. Pero cuando abramos la caja y queramos comprobar si el gato sigue vivo o no, perturbaremos este estado y veremos si el gato está vivo o muerto.

Ahí radica la paradoja. Mientras que en la descripción clásica del sistema el gato estará vivo o muerto antes de

que abramos la caja y comprobemos su estado, en la mecánica cuántica el sistema se encuentra en una superposición de los estados posibles hasta que interviene el observador, lo que no puede ser posible por el simple uso de la lógica. El paso de una superposición de estados a un estado definido se produce como consecuencia del proceso de medida, y no puede predecirse el estado final del sistema: solo la probabilidad de obtener cada resultado. La naturaleza del proceso sigue siendo una incógnita, que ha dado lugar a distintas interpretaciones de carácter especulativo.



A la izquierda ilustración de la segunda ley mediante una máquina térmica. Debido a esta ley también se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos de mayor temperatura hacia los de menor temperatura, hasta lograr un equilibrio térmico. La aplicación más conocida es la de las máquinas térmicas, que obtienen trabajo mecánico mediante aporte de calor de una fuente o foco caliente, para ceder parte de este calor a la fuente o foco o sumidero frío.



La diferencia entre los dos calores tiene su equivalente en el trabajo mecánico obtenido. A la derecha ilustración de un gato, junto a un matraz con veneno y un dispositivo con una partícula radiactiva, dentro de una caja sellada; si el dispositivo detecta radiación rompe el frasco, liberando el veneno que mata al gato. Según la interpretación de Copenhague, después de un tiempo, el gato está al mismo tiempo vivo y muerto.

Es famoso el caso **Charles Darwin** (1809-1882) y su obra fundamental: *El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida* (1859). Obra ampliamente conocida en el mundo de la biología sobre la evolución de las especies, compartiendo este logro de forma independiente con **Alfred Russel Wallace** (1823-1913). Darwin estableció que la explicación de la diversidad que se observa en la naturaleza se debe a las modificaciones acumuladas por la evolución a lo largo de las sucesivas generaciones.

A finales de Septiembre de 1838, empezó a leer el *Ensayo sobre el principio de la población* de **Thomas Malthus** (1766-1834), con su argumento estadístico de que las poblaciones humanas, si no son

limitadas, crecerán más allá de sus medios y lucharán por sobrevivir. Darwin relacionó esto con la lucha por la existencia en la vida silvestre y con la «*guerra de las especies*» en las plantas del botánico **Augustin Pyramus de Candolle** (1778-1841). En Diciembre de 1838, había observado una semejanza entre el acto de selección de los rasgos de los criadores y una selección malthusiana natural entre variantes arrojadas por «*casualidad*», de modo que «*cada parte de la estructura recién adquirida es totalmente práctica y perfeccionada*».

Por otro lado, **Adam Smith** (1723-1790), en su obra *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* (1776), considerado el primer libro moderno de economía. Smith expone su análisis sobre el origen de la prosperidad de países como Inglaterra o los Países Bajos. Este «*sistema de libertad natural*», como lo llama Smith, es el resultado del libre ejercicio del interés individual que beneficia exitosamente –sin proponérselo– al bien común en la solución de problemas y satisfacción de necesidades por medio de la libre empresa, de la «*libre competencia*» y



del libre comercio. El estado, en su teoría, debe limitarse de la mayor manera posible, siendo los mercados los que se autorregulan, por medio de «una mano invisible»; se especula que su obra influyó en la teoría de la selección natural de Darwin.

Evidentemente existe una conexión entre la «competencia por lo alimentos» de Malthus y la «libre competencia económica (de las empresas)» de Smith que iluminó a Darwin y produjo su Eureka (abducción).

La idea de competencia es desarrollada por Thomas Malthus al analizar los patrones de crecimiento en poblaciones humanas. Por ello puede considerarse a la biología en deuda con la economía política clásica, pues sólo a partir del análisis de la competencia entre individuos de la misma especie es posible alcanzar el concepto de adaptación diferencial, la idea de que en una población hay algunos individuos más aptos que otros, noción indispensable para la teoría de la selección natural.

En su libro *Ensayo sobre los principios de la población*, Malthus expone que la producción de alimentos crece de manera aritmética (1, 2, 3, 4,

5,...), mientras que la población lo hace de manera exponencial (2, 4, 8, 16, 32, ...), por lo cual preveía que en el siglo XIX habría guerras, epidemias y hambrunas. Lo que Malthus no considero fue que la Ciencia y la Tecnología, aumentarían la producción de alimentos por delante del crecimiento de la población.

En Malthus, Darwin encontró los efectos de eliminación debidos al incremento de la población más allá de los medios de subsistencia. Darwin hace análogo lo que sabía de la guerra entre especies a la lucha por la existencia entre los miembros de una población; entiende la sobrevivencia a nivel individual como el impulso que orientará la evolución de la especie. La lucha produce la adaptación, y, por lo tanto, la explica. Sin la noción de lucha entre individuos de la misma especie, la noción de guerra en la naturaleza entre especies no conduce a la teoría de la selección natural que requiere el concepto de adaptación diferencial. Lo que Malthus muestra es contrario a la visión de la naturaleza armoniosa que Darwin sostuvo antes de leerlo.

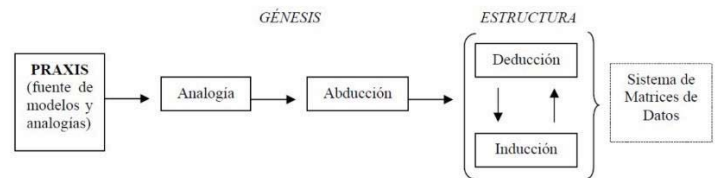


Entre el 28 de Septiembre y el 3 de Octubre de 1838, poco después de la lectura del *Ensayo sobre los principios de la población*, Darwin deja de ver a la adaptación como un proceso suave de acomodación de las especies al ambiente gracias a su flexibilidad.

En suma, Darwin lee a Malthus muy enterado de la problemática de la variabilidad y relaciona dos cuestiones esenciales: variación y lucha por la existencia. De ahí el paso fundamental en toda esta historia: los organismos son diferentes, tienen que luchar entre sí porque los recursos son limitados; los organismos más fuertes triunfan en esa lucha y heredan sus características a sus descendientes. En sus lecturas sobre cultivos vegetales y animales aprendió la importancia de seleccionar a los progenitores; de ahí el término de selección.

Juan Samaja (1941-2007) en su libro *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica* (1993) realiza una descripción de la relación entre la analogía como fuente de inspiración para la formulación de hipótesis por abducción tal como lo describe Charles Sanders Peirce.

SISTEMA ABIERTO DE LAS INFERENCIAS RACIONALES



Cuadro de relación entre la analogía-abducción con el sistema de deducción e inducción en Juan Samaja Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica (1993).

Ahora veamos cómo juegan, según Charles Sanders Peirce en la deducción, inducción y abducción: la Regla, el Caso y el Resultado.

Deducción	Inducción	Abducción
Regla + Caso	Caso + Resultado	Resultado + Regla
Resultado	Regla	Caso

Cuadro de elaboración propia.

Ahora bien, tomando el ejemplo de abducción de Darwin en biología en el libro *El origen de la especies* (1859):

(a) Resultado (observación, rasgos empíricos): La naturaleza es como una granja (analogía). Dado que la granja produce seres vivientes por «selección artificial» y acumulación de variaciones.



(b) Regla teórica (economía de mercado): Adam Smith en el libro *La riqueza de las naciones* (1776) desarrolla la teoría de la competencia económica y Thomas Malthus en *Ensayo sobre la población* (1798) desarrolla la teoría de la competencia por los alimentos.

(c) Caso (hipótesis por abducción): La naturaleza produce seres vivientes por «*selección natural*» y acumulación de variaciones.

A menudo, el objetivo de un argumento analógico es simplemente persuadir a las personas para que tomen una idea en serio. Darwin consideraba que utilizar una analogía entre la selección artificial y la natural para argumentar la verosimilitud de esta última:

¿Por qué no puedo inventar la hipótesis de la Selección Natural (que a partir de la analogía de las producciones domésticas, y de lo que sabemos de la lucha de la existencia y de la variabilidad de los seres orgánicos, es, en un grado muy leve, es en sí misma probable) e intente si esta hipótesis de selección natural no explica (como creo que lo hace)

una gran cantidad de hechos (...) (*Carta a Henslow*, mayo de 1860 en Darwin 1903).

Aquí parece, según el propio Darwin, que su analogía se emplea para mostrar que la hipótesis es probable en cierto grado y, por lo tanto, merece una mayor investigación.

Se produce homología cuando dos cosas o casos diferentes, aún siendo estructuralmente semejantes poseen funciones diferentes. En Biología, la evolución convergente, es la evolución independiente de características similares en especies de diferentes linajes. La evolución convergente crea estructuras análogas que tienen una forma o función similar pero que no estaban presentes en el último antepasado común de esos grupos.

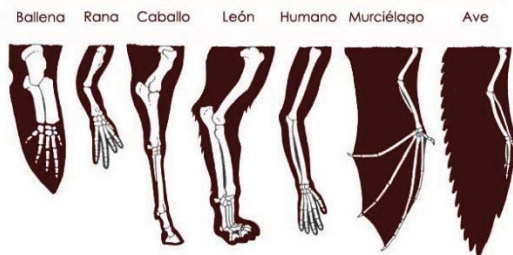
En el estudio comparativo de los seres vivos, la homología es la relación que existe entre dos partes orgánicas diferentes cuando sus determinantes genéticos tienen el mismo origen evolutivo. Hay homología entre órganos determinados de dos especies diferentes, cuando ambos derivan del órgano correspondiente de su antepasado



común, con independencia de cuan dispares puedan haber llegado a ser.

Las cuatro extremidades pares de los vertebrados con mandíbulo, desde los tiburones hasta las aves o los mamíferos, son homólogas. De la misma manera, el extremo de la pata de un caballo es homólogo del dedo mediano de la mano y el pie humanos.

En un marco evolutivo, los caracteres homólogos pueden rastrearse a un mismo estado de carácter en el ancestro en común de los taxones que lo poseen o considerarse como una serie de transformación del mismo estado de carácter.



Dibujo de diversas homologías biológicas, equivalentes al brazo humano en la ballena, rana, caballo, león, murciélago y otras aves.

Los *pterominos* (*Pteromyini*) son roedores esciuromorfos de la familia *Sciuridae*, conocidos vulgarmente como ardillas voladoras, que incluye 45 especies. El término «voladoras» es un poco engañoso, ya que en realidad no vuelan, sino que planean.

Por otro lado, el diseño de indumentaria analógica del traje wingsuit, es un traje aéreo con alas utilizado para planear, como una modalidad de paracaidismo. El desplazamiento horizontal en esta modalidad se incrementa mientras que el descenso vertical disminuye, comparado con el paracaidismo tradicional en caída libre.



A la izquierda, imagen de la ardilla voladora (pterominos). A la derecha, imagen del traje volador (wingsuit) para practicar paracaidismo planeador.

Con estos trajes la sensación de velocidad es superior a la que se tiene en la caída libre y aunque menos acrobática, se pueden realizar maniobras espectaculares más parecidas a las que realizan los pájaros. En esta modalidad de deporte extremo, el deportista salta equipado con un traje especial, compuesto por membranas que unen sus brazos al tronco y entre sus piernas, de manera que cuando extiende las extremidades forma una especie de ala



con la que se puede maniobrar. Mientras que en el salto libre la relación de planeo no se acerca a una relación de 1 (por cada metro en caída se movería menos de un metro en horizontal respecto del punto de salto), con el traje aéreo se puede alcanzar relaciones de 4.

En los 1990, el paracaidista francés **Patrick de Gayardon** (1960-1998) con 30 años, desarrolló un nuevo traje aéreo, el cual representó un salto en seguridad. Paradójicamente, De Gayardon murió el 13 de abril de 1998, en Hawaii, mientras probaba una nueva modificación de su prenda. Sin embargo, sentó las bases de una nueva generación de trajes.

En 1999, **Jari Kuosma**, de Finlandia, y **Robert Peñnik**, de Croacia, se juntaron para crear un nuevo traje que fuera mucho más seguro y accesible para todos los pilotos. Fue entonces que crearon la compañía BirdMan Inc. El primer traje aéreo en ser ofrecido al público en general se llamó *BirdMan's Classic*, diseñado por Pecnik BirdMan Inc. fue la primera empresa en promover el uso seguro de trajes aéreos, al ofrecer un programa para instructores.

Este programa, creado por Kuosma con la ayuda de los instructores **Scott Campos**, **Chuck Blue** y **Kim Griffin**, tenía como objetivo remover el estigma de que los trajes aéreos eran peligrosos y ofrecer a los nuevos pilotos una manera de disfrutar con seguridad el deporte.

Las compañías Phoenix-Fly, Fly Your Body y EG Wingsuits también han desarrollado sus propios programas de entrenamiento basados en sus productos.

Por otro lado, en arquitectura abunda en ejemplos buenos y malos. A continuación mostramos dos casos de ejemplos de diseño arquitectónico analógico: bueno y malo.

El primer buen ejemplo de diseño arquitectónico analógico es el Hotel de Dubai, Burj Al Arab (*Torre de los árabes*), un hotel de lujo ubicado en Dubai (Emiratos Árabes Unidos). El edificio abrió sus puertas en diciembre de 1999.

El Burj Al Arab fue diseñado por la consultora Atkins dirigida por el arquitecto **Tom Wright**, quien desde entonces se ha convertido en cofundador de WKK Architects.



El diseño y la construcción fueron administrados por el ingeniero canadiense **Rick Gregory** también de WS Atkins. Es muy similar a la *Torre Vasco da Gama* ubicada en Lisboa (Portugal).

Fue construido para parecerse a la vela de *spinnaker* de un yate clase J. dos alas se extienden en una V para formar un vasto mástil, mientras que el espacio entre ellas está encerrado en un atrio masivo.

El *spinnaker*, que es una vela especial en los barcos de vela deportivos. Presenta una forma simétrica respecto al eje del barco. Se utiliza cuando el viento sopla desde atrás (vientos de popa o largo). La vela tiene forma de medio balón y es muy grande. Se coloca delante del mástil con el auxilio del tangón (parte metálica que desarrolla la función de botavara para esta vela), de manera que el viento entra en la vela y empuja la embarcación hacia delante. Cuando el viento sopla de costado, el *spinnaker* suele recogerse. Sin embargo, en determinados casos puede utilizarse para llegar casi a lo que se denomina navegar «*de través*» (cuando el viento entra por la zona del

través del barco), funcionando de forma similar a la vela de proa.



A la izquierda, imagen del hotel de Dubai: *Burj Al Arab*. A la derecha imagen del *Spinnaker*, un yate clase J.

El segundo ejemplo de buen diseño analógico arquitectónico es *L'Hemisfèric (El Hemisférico)* fue el primer edificio abierto al público de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia (España), inaugurado en 1998. Es un edificio diseñado por **Santiago Calatrava** con analogía de un ojo humano, que en su interior alberga una gran sala con una pantalla cóncava de 900 m² y 24,4 m de diámetro. Cuenta con una cubierta ovoide de más de 100 metros de longitud, que alberga en su interior la gran esfera que constituye la sala de proyecciones.



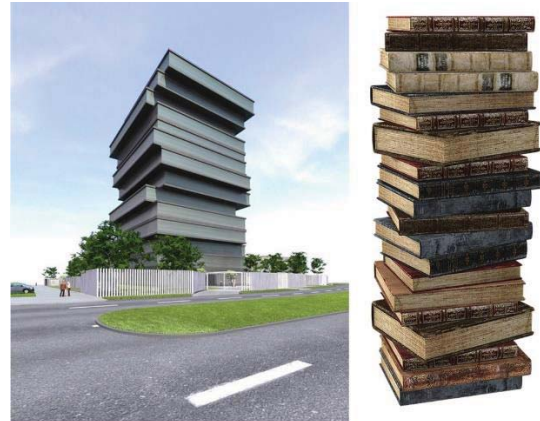


*A la izquierda, imagen del L'Hemisfèric,
inspirado en un ojo humano.*

A la derecha imagen del ojo humano.

*Este es un excelente ejemplo de una buena
aplicación del diseño analógico en
arquitectura, porque el diseño está trabajado
con sutileza y profesionalismo;
la analogía no es burda, tosca o directa.*

A continuación se muestra un caso de diseño analógico arquitectónico, de lo que a nuestro entender no es el mejor ejemplo de diseño analógico; dado que no hay una elaboración más profunda en el trabajo de diseño solo hay una copia burda, directa y tosca de un montón de «Libros» que representan –o pretenden representar– la «Educación». Falta más trabajo de diseño en el lenguaje arquitectónico.



*Imagen izquierda, edificio del Ministerio
de Educación de Perú: MINEDU.*

*Diseñado por el Arquitecto **Alfonso de la
Piedra**, como una copia textual de un montón
de libros apilados deja serias dudas sobre
el diseño analógico (diríamos que es un claro
ejemplo de todo lo que no se debe hacer
en el diseño analógico). Es un mal ejemplo
de diseño arquitectónico analógico.*

A la derecha libros apilados.

Hablando de libros, en la literatura, los escritores utilizan analogías para vincular una idea desconocida o nueva con objetos comunes y familiares. De esa manera es más fácil para los lectores comprender una nueva idea.

Además, al emplear esta herramienta literaria, los escritores captan la atención de sus lectores. Las analogías ayudan a aumentar el interés de los lectores, ya que las analogías les ayudan a relacionar lo que leen con su vida.



Casi todas las personas utilizan las analogías en la vida diaria (ejemplo: al igual que la espada es el arma del guerrero, un bolígrafo es el arma de un escritor). En estas analogías, el mensaje tiene una única interpretación, pero se utiliza de tal manera que se añade un sentido figurado. Existen varios tipos de analogías en el lenguaje.

En las *analogías verbales homólogas*⁷², el significante permanece, pero el significado varía. Son cosas diferentes, con funciones diferentes, pero que tienen una parte estructural que se asemeja.

A través de las *analogías de comparación (símil)*⁷³, se producen símiles donde compara objetos con características similares.

⁷² Ejemplos de analogías verbales homólogas:

- Alas son a pájaros, como piernas a humano.
- Conductor es a coche como piloto es a avión.
- Piloto es a avión como maquinista es a tren.
- Llanto es a tristeza como carcajada es a alegría.
- Conducir es a coche como montar es a caballo.
- Oveja es a rebaño como abeja es a colmena.
- Caliente es a frío como luz es a oscuridad.
- Azul es a cielo como blanco es a nieve.
- Agua es a sed como alimento es a hambre.

⁷³ Ejemplos de analogías de comparación (símil):

- Esta estructura es dura como el hierro.
- Su melena es tan grande como la de un león.
- Hace tanto calor que parece el infierno.
- Es negro como la noche.
- Corre tan rápido que parece el viento.
- Sus ojos brillan como dos esmeraldas.
- La calle está oscura como boca de lobo.
- La cantante alzó su voz cual sirena.
- Eran calles intrincadas cual laberinto.

En la *alegoría*⁷⁴, esta forma del lenguaje, las comparaciones se sitúan a lo largo de la narración. Los ejemplos más significativos de alegorías son las historias de la Biblia, las fábulas o en la Filosofía en dos ejemplos famosos: la alegoría de la *Caverna* de Platón⁷⁵ y la dialéctica del amo y el esclavo de Hegel (que inspiró al economista Karl Marx).

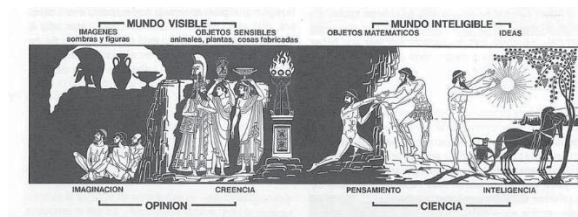
La alegoría de la *Caverna*, se trata de una explicación metafórica, realizada por el filósofo griego *Platón* (427-347 a.C.) al principio del VII libro de la

⁷⁴ La alegoría es una *figura literaria* o tema artístico, que pretende representar una idea valiéndose de formas humanas, de animales, y/o de objetos cotidianos. La alegoría pretende dar una imagen a lo que no tiene imagen, para que pueda ser mejor entendido por la generalidad. Dibujar lo abstracto, hacer «visible» lo que solo es conceptual, obedece a una intención didáctica. Así, una mujer ciega con una balanza, es alegoría de la justicia, y un esqueleto provisto de guadaña es alegoría de la muerte. El creador de alegorías suele esforzarse en explicarlas para que todos puedan comprenderlas. Por su carácter evocador, se empleó profusamente como recurso en temas religiosos y profanos. Fue usada desde la antigüedad, en la época del Egipto faraónico, la Antigua Grecia, Roma, la Edad Medio o el Barroco. Una alegoría puede entenderse, en este sentido, como una temática artística o una figura literaria utilizada para simbolizar una idea abstracta a partir de recursos que permitan representarla, ya sea apelando a individuos, animales u objetos. Por citar un ejemplo: la imagen de una calavera con dos huesos cruzados constituye una alegoría de la piratería.

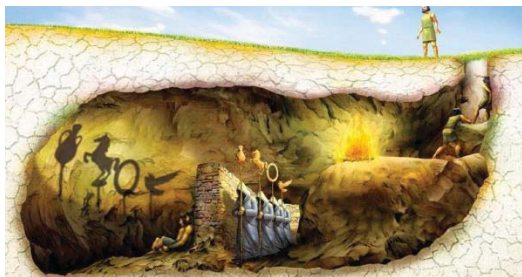
⁷⁵ La alegoría de la caverna (también conocida por el nombre de mito de la caverna, aunque en realidad solo es una alegoría de intenciones pedagógico-filosóficas, se considera la más célebre alegoría de la historia de la Filosofía. Su importancia se debe tanto a la utilidad de la narración para explicar los aspectos más importantes del pensamiento platónico como a la riqueza de sus sugerencias filosóficas.



República (380 a.C.), sobre la situación en que se encuentra el ser humano respecto del conocimiento. En ella, Platón explica su teoría de cómo podemos captar la existencia de los dos mundos: el mundo visible (conocido a través de los sentidos) de la opinión y el mundo inteligible (sólo alcanzable mediante el uso exclusivo de la razón) de la Ciencia.



Una de las más famosas y poderosas alegorías por su capacidad ilustrativa (pedagógica). Veamos dicha alegoría con otra ilustración.



La misma alegoría representada por otra iconografía cuya ilustración muestra a un ser humano saliendo de la caverna.

Cuando la comparación se prolonga a lo largo del discurso hablando del término comparado en vez de hablar del propio objeto de referencia real, entonces el recurso lingüístico recibe el nombre de *alegoría*.

Las parábolas del *Evangelio* son el ejemplo más propio de lo que es una alegoría. El cuento de *Las aventuras de Pinocho* (1883) de **Carlo Lorenzo Filippo Giovanni Lorenzini** (1826-1890) es una alegoría de lo que no debe hacer un niño, que es «*mentir*». Los niños tienen que «*decir siempre la verdad*», so pena de recibir un castigo. El mensaje se hace más patente al niño a través del cuento que la mera transmisión del mensaje «*no mientas*».

Ciertas alegorías retóricas se plasman en imágenes que aportan un sentido intermedio entre el símbolo y la alegoría como por ejemplo la representación de la «*Balanza sostenida por una mujer con los ojos tapados*» en representación de la «*Justicia*»; o «*Cupido tirando flechas con los ojos tapados*» en representación del «*Amor*».



La *metáfora*⁷⁶ es un tipo de analogía, donde se establece la comparación de un objeto, pero se omite el objeto que estamos comparando. Se habla metafóricamente cuando el discurso toma como objeto directamente el término de comparación, omitiendo la referencia al término comparado.

La metáfora es una de las figuras retóricas más importantes. Por metáfora se entiende el desplazamiento de significado entre dos términos con una finalidad estética. Su estudio se remonta a la *Arte Poética* (1447a) y al *Arte Retórica* (1354a) de *Aristóteles* (384-322 a.C.).

En efecto, la teoría literaria ha atribuido a Aristóteles los primeros estudios sobre la metáfora en su *Arte Poética*. Su Tratado dio pauta a la especialización del estudio de la metáfora en varias ramas del pensamiento y en la misma teoría literaria.

⁷⁶ Por ejemplo, *Miguel de Cervantes* (1547-1616) en el capítulo XXIII de la primera parte de *Don Quijote de la Mancha* (1605), construye la descripción de *Dulcinea* a partir de un conjunto de metáforas. Cada par de elementos comparten una semejanza que permite la idealización de la belleza de Dulcinea: ojos con soles, mejillas con rosas, labios con el color del coral, perlas con dientes, y la blancura de la piel se expresa mediante elementos como el mármol y la nieve.

Su acepción más reconocida es como tropo literario, es decir, un recurso estético que tiene que ver con la tensión entre dos términos que producen cierta tensión en el significado de un poema.

Aristóteles prepara el escenario para todas las teorías posteriores del razonamiento analógico. Aristóteles afirma que cualquier atributo compartido contribuye con cierto grado de semejanza. Es natural preguntar cuándo el grado de similitud entre dos cosas es lo suficientemente grande como para justificar inferir una semejanza adicional. En otras palabras, ¿cuándo tiene éxito el argumento de la semejanza? Aristóteles no responde explícitamente, pero se proporciona una pista por la forma en que justifica los argumentos particulares de la semejanza. Aristóteles típicamente justifica tales argumentos al articular un principio causal (a veces vago) que gobierna los dos fenómenos que se comparan. Por ejemplo, Aristóteles explica la salinidad del mar, por analogía con la salinidad del sudor, como una especie de materia terrosa residual exudada en procesos naturales



como el calentamiento. El principio común es este:

En resumen, la teoría de Aristóteles nos proporciona cuatro criterios importantes e influyentes para la evaluación de argumentos analógicos: la fuerza de una analogía depende del número de similitudes, la similitud se reduce a propiedades y relaciones idénticas, las buenas analogías se derivan de causas comunes subyacentes o leyes generales y un buen argumento analógico no necesita presuponer el conocimiento del universal subyacente (generalización).

Estos cuatro principios forman el núcleo de un modelo de sentido común para evaluar argumentos analógicos (lo que no quiere decir que sean correctos; de hecho, los tres primeros pronto serán cuestionados). El primero, como hemos visto, aparece regularmente en las discusiones de analogía de los libros de texto. El segundo se da en gran medida por sentado, con importantes excepciones en los modelos computacionales de analogía. Las versiones de la tercera se encuentran en las teorías más sofisticadas.

El punto final, que distingue el argumento de la similitud y el argumento del ejemplo, está respaldado en muchas discusiones de analogía.

Cuando **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831) escribe *La dialéctica del amo y el esclavo* que es el nombre de un famoso pasaje que se encuentra en el libro *Fenomenología del espíritu* (1807). Es ampliamente considerado como un elemento clave en la Filosofía del siglo XX y ha influenciado a muchos filósofos posteriores. En la dialéctica del amo y el esclavo se dan los tres pasos de la dialéctica hegeliana: afirmación (*tesis*), negación (*antítesis*) y negación de la negación (*síntesis*).

La relación entre amo y esclavo ha generado numerosas discusiones e ideas durante el siglo XX, en especial porque hay una posible conexión con el concepto de la lucha de clases propuesto por **Karl Marx** (1818-1883).

Un hecho que no deja de ser llamativo es que en los escritos de Marx y **Friedrich Engels** (1820-1895) no hay referencias directas o explícitas a la dialéctica del amo y el esclavo de Hegel.



La lucha de clases es una teoría que explica la existencia de conflictos sociales como el resultado de una pelea central o antagonismo inherente a toda sociedad políticamente organizada entre los intereses de diferentes sectores o clases sociales. Para muchos tal conflicto resulta un cambio o progreso político y social.

Aunque el concepto es fundamental en el marxismo o materialismo histórico, no es exclusivo de él, sino de Friedrich Engels también; la idea es que a través de la historia, las personas han tratado de organizarse en diferentes tipos de sociedades bajo la tensión causada por pobres y ricos, hombres libres y esclavos, los patricios y la plebe, señores feudales y siervos, maestros de corporaciones y oficiales, burguesía y proletariado. Este conflicto solo puede resolverse cuando se llegue a una sociedad sin clases.

Hegel	Marx
Amo y Esclavo	Burgues y Proletario
Esclavo ⇔	⇔ Proletario
Amo ⇔	⇔ Burgués

Cuadro de elaboración propia.

Por otro lado, a lo largo de la Historia, las reflexiones en la Lingüística y la Filosofía condujeron a un nuevo rumbo la abstracción de la metáfora. Solidando sus bases en un punto de vista hermenéutico, se convierte en un umbral que da acceso a comunicación sensible. El concepto no se delimita a la forma estructural de la poesía lírica, sino también comenzó a utilizarse en el discurso narrativo de ficción, pues se parte del punto de que los «mundos» expresados en la literatura no difieren del mundo tangible y los procesos sensibles comunicados por la metáfora conectan a ambos mundos. La metáfora ya no fue delimitado a un recurso estético en la estructura formal de dos palabras, sino que adquirió un sentido simbólico que estructura a diversas partes de un discurso, gracias a su cualidad para expresar nuevos significados tanto conceptuales como sensoriales implícitos en las frases descriptivas.

La metáfora consiste en un tipo de analogía o asociación entre elementos que comparten alguna similitud de significado para sustituir a uno por el otro en una misma estructura.



Una metáfora expone dos cosas en conjunto que permiten la sugerencia a compararse e interpretarse como un solo concepto. Se encuentra básicamente en todos los campos del conocimiento, puesto que responde a convenciones semánticas dadas por una cultura, que están implícitas en el lenguaje.

El término es importante tanto en teoría literaria (en la retórica tradicional donde define a un tropo de dicción, y también en estudios recientes que la ubican como elemento fundamental para entender el discurso narrativo bajo una perspectiva hermenéutica); y en lingüística (donde es una de las principales causas de cambio semántico).



A la izquierda dibujo de la silueta de un ratón (rata verdadera). A la derecha mouse de computadora, ordenador o pc.

Es un claro ejemplo de metáfora del Diseño Industrial (producto industrial).

Una analogía es una comparación entre dos objetos, o sistemas de objetos, que resalta los aspectos en los que se piensa que son similares. *El razonamiento analógico* es cualquier tipo de pensamiento que se basa en una analogía. Un *argumento analógico* es una representación explícita de una forma de razonamiento analógico que cita similitudes aceptadas entre dos sistemas para apoyar la conclusión de que existe alguna similitud adicional. En general (pero no siempre), tales argumentos pertenecen a la categoría de razonamiento ampliativo, ya que sus conclusiones no siguen con certeza, sino que solo se apoyan con diversos grados de fuerza. Sin embargo, la caracterización adecuada de los argumentos analógicos está sujeta a debate.

El razonamiento analógico ha jugado un papel importante, pero a veces misterioso, en una amplia gama de contextos de resolución de problemas. El uso explícito de argumentos analógicos, desde la antigüedad, ha sido un rasgo distintivo del razonamiento científico, filosófico y legal.



Se reconoce ampliamente que las analogías desempeñan un importante papel *heurístico*, como ayuda para el contexto de descubrimiento científico. Se han empleado, en una amplia variedad de entornos y con considerable éxito, para generar información y formular posibles soluciones a los problemas. Según **Joseph Priestley** (1732/6-1804), pionero en química y electricidad.

La analogía es nuestra mejor guía en todas las investigaciones filosóficas; y todos los descubrimientos, que no se hicieron por mero accidente, se hicieron con la ayuda de ellos.

No hay duda de que las analogías han sugerido líneas de investigación fructíferas en muchos campos. Debido a su valor *heurístico*, las analogías y el razonamiento analógico han sido un foco particular de la investigación de la IA (*Inteligencia Artificial*).

Las analogías tienen un papel *justificativo* relacionado (y no totalmente separable). Este rol es más obvio cuando se ofrece explícitamente un argumento analógico en apoyo de alguna conclusión.

El grado de apoyo previsto para la conclusión puede variar considerablemente. En un extremo, estos argumentos pueden ser fuertemente predictivos.

En el otro extremo, un argumento analógico puede proporcionar un apoyo muy débil para su conclusión, estableciendo nada más que una plausibilidad mínima. Considere el argumento del filósofo del sentido común **Thomas Reid** (1710-1796) para la existencia de vida en otros planetas. Reid señala una serie de similitudes entre la Tierra y los otros planetas en nuestro sistema solar: todas las órbitas y están iluminadas por el sol; varios tienen lunas; todos giran sobre un eje. En consecuencia –parafraseando a Reid– es lógico pensar que esos planetas pueden ser –como nuestra tierra– la morada de criaturas vivientes (ahora observen estas ideas con a la luz de la exploración a Marte de la NASA y vean que tan equivocado estaba estas ideas de este filósofo del sentido común).

Comúnmente, la analogía solo identifica correspondencias entre un conjunto seleccionado de elementos.



En la práctica, especificamos una analogía simplemente indicando las similitudes más significativas (y algunas veces las diferencias).

Podemos mejorar esta caracterización preliminar del argumento a partir de la analogía introduciendo la representación tabular. Colocamos los objetos, propiedades, relaciones y proposiciones correspondientes lado a lado en una tabla de dos columnas, una para cada dominio. Por ejemplo, el argumento se puede representar de la siguiente manera (para la inferencia analógica).

Tierra	Marte
Similitudes conocidas:	
Orbita el Sol	Orbita el Sol
Tiene una Luna	Tiene Lunas
Gira sobre su eje	Gira sobre su eje
Sujeto a la gravedad	Sujeto a la gravedad
Similitud inferida:	
Apoya la vida	Podría soportar la vida

Fuente: elaboración propia.

Como han señalado repetidamente filósofos e historiadores como **Thomas Kuhn** (1992-1996) en el año 1996, no siempre hay una separación clara entre los dos roles que hemos identificado, *descubrimiento* y *justificación* (dos contextos totalmente distintos). De hecho, las dos funciones se combinan en lo que podríamos llamar el rol *paradigmático* de la analogía:

a lo largo del tiempo, una analogía puede moldear el desarrollo de un programa de investigación.

De manera más general, las analogías pueden desempeñar un importante papel programático al guiar el desarrollo conceptual. En algunos casos, una analogía programática culmina en la unificación teórica de dos áreas diferentes de investigación.

La cognición analógica, que abarca todos los procesos cognitivos involucrados en el descubrimiento, la construcción y el uso de analogías, es más amplia que el razonamiento analógico. Comprender estos procesos es un objetivo importante de la investigación actual de la Ciencia cognitiva y un objetivo que genera muchas preguntas. ¿Cómo identifican los humanos las analogías? ¿Cómo influyen las analogías y las metáforas en la formación de conceptos?

Esta entrada, sin embargo, se concentra específicamente en argumentos analógicos. Concretamente, se centra en tres cuestiones epistemológicas centrales:

¿Qué criterios debemos utilizar para evaluar argumentos analógicos?



¿Qué justificación filosófica puede proporcionarse para inferencias analógicas? ¿Cómo encajan los argumentos analógicos en un contexto inferencial más amplio (es decir, cómo los combinamos con otras formas de inferencia), especialmente la confirmación teórica?

Encontrar tales respuestas constituiría un primer paso importante hacia la comprensión de la naturaleza del razonamiento analógico. Sin embargo, aislar estas preguntas es hacer la suposición no trivial de que puede haber una teoría de los argumentos analógicos, una suposición que, como veremos, es atacada de diferentes maneras por filósofos y científicos cognitivos.

Los argumentos por analogía son ampliamente discutidos dentro de la teoría de la argumentación. Existe un debate considerable sobre si constituyen una especie de inferencia deductiva. Los teóricos de la argumentación también utilizan herramientas como la teoría del acto de habla, esquemas de argumentación y tipos de diálogo para distinguir diferentes tipos de argumentos analógicos.

Los argumentos por analogía también se discuten en la vasta literatura sobre modelos científicos y razonamiento basado en modelos. Pero el objetivo del modelado no tiene nada que ver intrínsecamente con la analogía. Los modelos son herramientas para la predicción y la explicación, mientras que los argumentos analógicos apuntan a establecer la plausibilidad. Una analogía se evalúa en términos de similitud entre fuente y destino, mientras que un modelo se evalúa con qué éxito proporciona acceso a un fenómeno, ya que interpreta los datos empíricos disponibles sobre el fenómeno.

Decir que una hipótesis es plausible es transmitir que tiene un apoyo epistémico: tenemos algunas razones para creerlo, incluso antes de la prueba. Una afirmación de plausibilidad en el contexto de una investigación también suele tener connotaciones pragmáticas: decir que una hipótesis es plausible sugiere que tenemos alguna razón para investigar más a fondo. Por ejemplo, un matemático que trabaja en una prueba considera que una conjetura es plausible si tiene algunas



posibilidades de éxito. En la concepción probabilística, la plausibilidad se identifica naturalmente con la credibilidad racional (grado de creencia subjetivo racional) y se suele representar como una probabilidad.

Pero para que una teoría sea valiosa, debe mostrar una analogía. Las proposiciones de la hipótesis deben ser análogas a algunas leyes conocidas. La existencia de una analogía es esencial para que una teoría novedosa sea valiosa.

Nadie ha formulado una regla aceptable, o un conjunto de reglas, para inferencias analógicas válidas, quizás solo Charles S. Peirce lo haya hecho con las denominadas abducciones.

Como se enfatizó anteriormente, el razonamiento analógico toma mucho más que los argumentos analógicos. En esta sección, examinamos dos contextos amplios en los que el razonamiento analógico es importante.

¿Cómo se relaciona el razonamiento analógico con la confirmación de hipótesis científicas? Los ejemplos y la discusión filosófica de las secciones anteriores sugieren que un buen argumento analógico puede dar soporte a una hipótesis.

Una de las analogías más famosas fue la cadena de montaje de Ford y los frigoríficos de carne de Cincinnati (en Ohio, EE.UU.).

Considerando que fue *Adam Smith* (1723-1790) quien discutió de manera extensa la división del trabajo en la manufactura de alfileres en su libro *La Riqueza de las Naciones* (1776). La producción en cadena, producción en masa, producción en serie o fabricación en serie fue un proceso revolucionario en la producción industrial cuya base es la cadena de montaje, línea de ensamblado o línea de producción; una forma de organización de la producción que delega a cada trabajador una función específica y especializada en máquinas también más desarrolladas. Transformando las relaciones del trabajador y la máquina, en la división del trabajo, en lo que se conoció como segunda fase de la *Revolución Industrial*.

Su idea teórica nace con el taylorismo y quien tuviera la idea de ponerla en práctica, fue *Ransom Olds* (1864-1950), quien inauguró su cadena de montaje en 1901 construyendo su prototipo de automóvil denominado



*Curved Dash*⁷⁷. Pero el sistema de cadena de montaje fue popular unos años después, gracias a **Henry Ford** (1862-1947), quien tomando la idea de Olds, desarrolló una cadena de montaje con una capacidad de producción superior y de la cual su producto emblemático, fue el Ford «T». Aunque esta evolución lograda en la cadena de montaje provocaría que se atribuya erróneamente su invención a Ford, en lugar de Olds. Olds fue quien inventó originariamente la idea y de hecho patentó el concepto de línea de ensamble, el cual puso a trabajar en su fábrica de 1901: *Compañía de Vehículos Olds Motor*. Este desarrollo es a menudo opacado por Henry Ford, quien perfeccionó la línea de ensamble al instalar cintas transportadoras conducidas que podían producir un Modelo «T» en 93 minutos.

La cuestión de Ford va más allá con la organización del trabajo taylorista⁷⁸ que reducía los costos de las

fábricas y desentendía del salario de los obreros. Eso dio inicio a numerosas huelgas y descontento generalizado del proletariado con el modelo, cosa que Henry Ford corrigió y con esto logró también una visible transformación social. El taylorismo ha recibido críticas y, también, ha sido bien valorado. La evolución de este modelo productivo se continuaría en el toyotismo, pero esa es otra cuestión que no nos interesa analizar aquí.

La línea de ensamble desarrollada para el Ford Modelo «T» comenzó a operar el primero de diciembre de 1913. El concepto de línea de ensamble fue introducido para la Compañía Ford Motor por **William Klann** luego de su regreso de visitar el matadero *Swift & Company's*⁷⁹ de **Gustavus Franklin Swift** (1839-1903)⁸⁰ en Chicago y

velocidad determinada aún en gran parte por el tiempo dedicado a fabricar algún objeto. La división del trabajo no bastó para aumentar la velocidad en la producción por lo que **Frederick Taylor** (1856-1925) trabajó la idea de cronómetro con el objetivo de eliminar ese "tiempo inútil" o malgastado en el proceso productivo.

⁷⁹ La compañía Swift & Company fue fundada en el año 1855 por Gustavus Franklin Swift. La Swift & Company se trata una compañía privada, dedicada en exclusiva a la comercialización y distribución de carne en Estados Unidos, llegando a volúmenes que le convierten en la tercera más grande del mundo. Especializada en la distribución de carne de vacuno así como la de cerdo.

⁸⁰ Un empresario estadounidense de la industria cárnica, que desarrolló los sistemas de

⁷⁷ El *Oldsmobile Model R* de gasolina, también conocido como *Curved Dash Oldsmobile*, se acredita como el primer automóvil producido en serie, lo que significa que fue construido en una línea de ensamblaje utilizando piezas intercambiables.

⁷⁸ La disciplina del trabajo y la búsqueda del control coetáneo, de los tiempos de producción del obrero tenían un límite objetivo en el siglo XIX. Este era que el día tiene 24 horas y la forma en que el obrero trabajaba tenía una



observando lo que era referido como línea de desensamble, donde los cuerpos eran sacrificados mientras se movían a lo largo de la cinta transportadora. La eficiencia de una persona removiendo la misma pieza una y otra vez atrapó su atención. William reportó la idea a Peter E. Martin, quien pronto sería jefe de la producción Ford, y este estaba indeciso en ese momento pero lo motivó a continuar. Otros en Ford reclamaron haber expuesto primero la idea a Henry Ford, pero la revelación de Pa Klann sobre el matadero está muy bien documentado en los archivos del Museo de Henry Ford.

En 1922, Ford dijo de su línea de montaje de 1913:

“Creo que esta fue la primera línea móvil que se instaló. La idea surgió de manera general del carrito superior que usan los empacadores de Chicago para aderezar la carne⁸¹”.

transporte frigorífico ferroviario, que fue empleado en el medio oeste. El invento permitió desarrollar una forma de transporte de carne más allá de los centros de producción gracias al desarrollo de vagones frigoríficos.

⁸¹ Ford, Henry y Crowther, Samuel (1922). *Mi vida y mi trabajo*. Garden City, Nueva York: Garden City Publishing. Pp. 81.

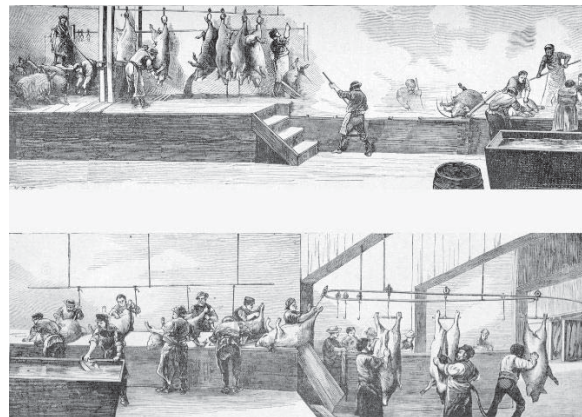


Imagen de los mataderos de carne de porcino en Cincinnati, Ohio (Estados Unidos, grabado de 1880).



A la izquierda, trabajadores en la fábrica de empacado de carne de Chicago.

La demanda de automóviles de Ford era superior a la que podrían fabricarse.

William Klann era parte de un equipo de asesores que Ford envió para encontrar un mejor medio de producción.

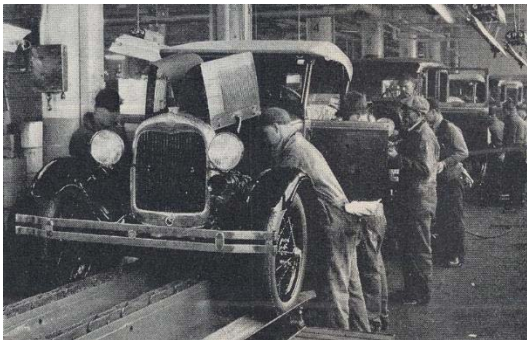
Klann tropezó con la industria Swift Meatpacking, ubicada en Chicago, que en realidad era una línea de desmontaje que utilizaban para desarmar cerdos y vacas y ese mismo sistema de modo inverso fue el que

Ford utilizó en su desarrollo de la línea de montaje móvil para su Ford modelo «T».

A la derecha, primera Línea de ensamblaje de Ford, 1913, dedicada a las magnetos.



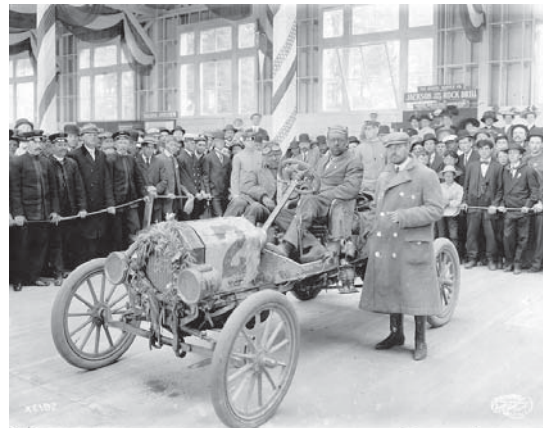
El fordismo es un sistema en la producción industrial en serie, establecido antes de la Primera Guerra Mundial. El concepto recibe el nombre de Henry Ford, quien popularizó línea de ensamble inventada por Ransom Eli Olds, y es atribuido al teórico marxista **Antonio Gramsci**, quien lo usó por primera vez en su ensayo *Americanismo y fordismo* (1934), perteneciente a sus Cuadernos desde la cárcel.



Ford A en la línea de ensamblaje, Literary Digest, 7 de Enero de 1928. La línea de ensamblaje móvil fue introducida en la fabricación de automóviles por Henry Ford en el año 1914, en su planta de Michigan, Estados Unidos.

Fue precisamente el 9 de Octubre de 1913 cuando Henry Ford lanzó la primera línea de montaje en su fábrica en Highland Park, en las afueras de Detroit, con lo que se logró la mayor contribución en el mundo de la fabricación, como es la primera cadena

de montaje móvil. En la imagen observamos el Ford A en la línea de ensamblaje, *Literary Digest*, 7 de Enero de 1928. La línea de ensamblaje móvil fue introducida en la fabricación de automóviles por Henry Ford en el año 1914, en su planta de Michigan, Estados Unidos. Al estandarizar el trabajo y los componentes, la producción en serie permitió reducir el precio de los coches y aumentar el salario de sus trabajadores.



Ford T, vehículo presentado en 1908 por el industrial Henry Ford. Fue el primer vehículo en producirse de manera masiva, mediante el sistema de cadena de montaje, siendo producido mediante la aplicación de las teorías del taylorismo.

Una línea de ensamble es un proceso de manufactura en donde las partes (comúnmente partes intercambiables) son añadidas conforme el ensamble semi-terminado se mueve



de una estación de trabajo a otra estación de trabajo en donde las partes son agregadas en secuencia hasta que se produce el ensamble final. Moviendo las partes mecánicamente a la estación de ensamblado y trasladando el ensamble semi-terminado de estación a estación de trabajo, un producto terminado puede ser ensamblado mucho más rápido y con menor trabajo al tener trabajadores que transporten partes a una pieza estacionaria para ensamblar. Las líneas de ensamble son el método más común para ensamblar piezas complejas tales como automóviles y otros equipos de transporte, bienes electrónicos y electrodomésticos.

Las líneas de ensamble están diseñadas para una organización secuencial de trabajadores, herramientas o máquinas y partes. El movimiento de los trabajadores es minimizado lo más posible. Todas las partes o ensambles son manejados por transportadoras o vehículos como carretillas elevadores o gravedad, la cual no tiene la necesidad de utilizar un transporte manual. El levantamiento de carga pesada es realizado por máquinas como grúas

elevador o carretillas elevadoras. Normalmente cada trabajador realiza una simple operación.

Conclusiones.

La analogía es la base de la mayoría de los razonamientos ordinarios, por cuanto, la gente tiende a tomar decisiones basándose en experiencias pasadas o en otro tipo de comparaciones.

Este método consiste en atribuirle a un objeto que se investiga, las propiedades de otro análogo que ya es conocido, ejemplo: si se sabe que Marte y la Tierra, son planetas similares, y que en la Tierra hay vida, se puede concluir qué, probablemente, en Marte habrá vida.

Ningún “*argumento*” analógico pretende ser matemáticamente cierto. Lo único que se puede afirmar de ellos es un grado de probabilidad.

La diferencia fundamental entre la analogía y los métodos deductivo e inductivo, es que la analogía se distingue básicamente en que va de lo particular a lo particular; y, a eso se le añade que su grado de certeza es menor, ya que llega a conclusiones meramente probables.



Complementando la información anterior; todos los razonamientos analógicos tienen la misma estructura general, o siguen el mismo patrón. Dado lo anterior, toda inferencia analógica, parte de la similitud entre dos o más cosas, en uno o más aspectos, para concluir la similitud de esas “cosas” en cualquier algún otro aspecto.

Puede entenderse que el *método de razonamiento deductivo* es aquel que, más allá de ir de lo general a lo particular, proporciona las premisas, bases o fundamentos determinantes para garantizar la veracidad de la respectiva conclusión. Normalmente parte de leyes generalizadas o de razones inherentes a los fenómenos, para establecer conclusiones puramente lógicas.

Así los enunciados deductivos se califican como válidos o inválidos; será válido un enunciado o argumento cuando las premisas, de ser verdaderas, proporcionan bases contundentes para la verdad de la conclusión. Y, en este método, es imposible que las premisas sean verdaderas, a menos que la conclusión también lo sea.

Por tanto, cuando el razonamiento es incorrecto, el enunciado será inválido. De esta manera, en la deducción, o bien las premisas apoyan realmente a la conclusión, de forma concluyente, o no logran hacerlo.

El *método de razonamiento inductivo* es aquel que, mediante las premisas, pretende proporcionar fundamentos más o menos probables a la conclusión. La estructura que usualmente maneja es ir de lo particular a lo general. Es muy útil cuando se aplica en las Ciencias, y generalmente se efectúa de manera empírica, mediante la observación de fenómenos particulares.

A pesar de que poseen rutas o caminos que van en distintas direcciones, tanto la deducción como la inducción, son procesos que están muy vinculados entre sí. Los enunciados deductivos o son válidos o no lo son; mientras que, los inductivos se califican o se clasifican según el grado de probabilidad con la que sus premisas aportan fundamento para la mayor o menor veracidad de las conclusiones.



Por otro lado, se puede afirmar que, el *método de razonamiento analógico* es el de la comparación; mediante el cual, se pretende llegar a una conclusión probable de un fenómeno o problema, tomando como referencia otro que pueda tener elementos en común. Es un método que permite suponer y establecer conclusiones que pueden ser razonables, pero, sin embargo, siempre es bueno poder probar concretamente lo que se estudia para que exista veracidad y seguridad sobre el objeto de estudio. De todas maneras, la razón anterior no quita la utilidad que este método le proporciona a la gente, al momento de pensar tomando como base lo que está al alcance.

Los métodos deductivo e inductivo, casi siempre se desempeñan combinando postulados o ideas generales con otras particulares, mientras que, en términos generales, la analogía siempre se desempeña comparando casos particulares para llegar, la mayoría de la veces, a conclusiones particulares, pero objetivas.

De otro lado, la inducción no pretende que sus premisas sean fundamentos para la verdad de la conclusión, sino solamente que proporcionen cierto apoyo a dicha conclusión; por ende, en la inducción los argumentos o hipótesis, no pueden ser calificados de válidos o inválidos, sino de mejores o peores, de acuerdo con el grado de apoyo que las premisas otorguen a las conclusiones.

El contexto de justificación (contexto de objetividad), en cambio, abarca todo lo relativo a la validación del conocimiento científico; por lo tanto se refiere a la estructura lógica de las teorías y su posterior puesta a prueba. Es aquí donde se desarrolla la metodología (técnicas y procedimientos para la realización efectiva de la investigación).

¿Qué se entiende por método proyectual? *Ceteris paribus*: ¿Qué se entiende por metodología proyectual? Acaso: ¿debemos comenzar explicando el método científico y las diversas metodologías de la investigación científica? ¿Método proyectual se corresponde con metodología de la investigación científica? ¿Tienen algo de común ambas?



Responder esta pregunta puede requerir soluciones tajantes (si/no) o quizás distintas medidas o magnitudes de respuestas cualitativas (nada, poco, bastante, mucho). En definitivas cuentas responder la pregunta no es fácil, la respuesta no puede ser ingenua; todo lo contrario, intuimos que debe ser sofisticada.

Sería correcto empezar por el análisis del MC-14, que es un método científico de 14 etapas⁸². Lo cual nos remite a la siguiente pregunta: ¿Qué es la Ciencia?^{83 84 85 86}.

⁸² Las 14 etapas del MC-14 son: (1) Observación, (2) ¿Existe algún problema?, (3) Objetivos y planificación, (4) Búsqueda, exploración y recopilación de pruebas, (5) Generación creativa y alternativas lógicas, (6) Evaluación de las pruebas, (7) Realización de hipótesis, conjeturas y suposiciones, (8) Experimentación, prueba y cuestionamiento de las hipótesis, (9) Realización de conclusiones, (10) Prórroga o dilación de afirmaciones o juicios de valor, (11) Desarrollo de la teoría (tesis) y envío a revisión por pares, (12) Métodos creativos, lógicos y no lógicos y técnicos, (13) Objetivos del método científico y (14) Actitudes y habilidades cognitivas.

⁸³ La Ciencia es un sistema ordenado de conocimientos estructurados que estudia, investiga e interpreta los fenómenos naturales, sociales y artificiales. El conocimiento científico se obtiene mediante observación y experimentación en ámbitos específicos. Dicho conocimiento es organizado y clasificado sobre la base de principios explicativos, ya sean de forma teórica o práctica. A partir de estos se generan preguntas y razonamientos, se formulan hipótesis, se deducen principios y leyes científicas, y se construyen modelos teóricos (teorías científicas) y sistemas de conocimientos por medio de un método o metodología de la investigación científica.

⁸⁴ La Ciencia considera y tiene como fundamento la observación experimental. Este tipo de observación se organiza por medio de métodos,

Lo cual no es tan difícil de responder, pues existen consensos internacionales. Habida cuenta de que la Ciencia posee una historia de sus orígenes.

Para lo cual, nos concentraremos en las consecuencias actuales del conocimiento surgido, cuyos fundadores fueron *Nicolás Copérnico* (1473-1543), *Johannes Kepler* (1571-1630), *Galileo Galilei* (1564-1642) e *Isaac Newton* (1642-1727), entre otros importantes intelectuales como *Francis Bacon* (1561-1626), *René Descartes* (1596-1650), *John Locke* (1632-1704), *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646-1716) e *Immanuel Kant* (1724-1804).

modelos y teorías con el fin de generar nuevo conocimiento. Para ello se establecen previamente unos criterios de verdad y un método de investigación. La aplicación de esos métodos y conocimientos conduce a la generación de nuevos conocimientos en forma de predicciones concretas, cuantitativas y comprobables referidas a observaciones pasadas, presentes y futuras. Con frecuencia esas predicciones se pueden formular mediante razonamientos y estructurar como reglas o leyes generales, que dan cuenta del comportamiento de un sistema y predicen cómo actuará dicho sistema en determinadas circunstancias.

⁸⁵ El conocimiento científico es: descriptivo, explicativo y predictivo; crítico y analítico; metódico y sistemático; controlable; unificado; lógicamente consistente; comunicable por medio de un lenguaje preciso; objetivo y provisorio.

⁸⁶ Otras características que posee la Ciencia son: observación, experimentación, medición, hipótesis, falsabilidad o refutabilidad, reproducibilidad y repetibilidad, revisión por pares, publicación del texto (paper).



El artista concibe y realiza obras de arte, el crítico de arte las analiza. Algo similar o análogo sucede con la Ciencia. El científico concibe y construye teorías, el epistemólogo reflexiona sobre ellas. La Epistemología es una disciplina científica, se la denomina también: Filosofía de la Ciencia.

En la Modernidad, la Epistemología comenzó a reflexionar sobre el conocimiento científico; hoy en día es una disciplina autónoma, dentro del campo de la Filosofía. También conforma una materia curricular de posgrado para alcanzar un título de Maestría o Doctorado en cualquier Universidad, en casi todas las especialidades disciplinares del mundo entero.

Entonces, la pregunta crucial es: ¿el método proyectual del Diseño tiene relaciones con el paradigmático método científico o metodología de la investigación científica?

Algunos de los debates más importantes en la historia del método científico fueron entre el racionalismo de **René Descartes** (1596-1650) y la supremacía de la razón matemática (razón teórica) por sobre otras formas

de pensamiento, a la que hace referencia en su libro *Discurso del método* (1637)⁸⁷ y ⁸⁸.

En contraposición al método racionalista de Descartes, fue el empirismo de **Francis Bacon** (1561-1626), el método que poseía más relaciones con la práctica que con la teoría. Los que conformaron dos modelos de métodos de investigación antagónicos u opuestos (que resultan imposibles analizar en la extensión de este texto tan breve).

Descartes, primero en el *Discurso del método* y luego en las *Meditaciones metafísicas* (1641), propone un método según el cual se

⁸⁷ En este libro Descartes realiza una investigación filosófica del método que consiste en cuatro reglas: (1) Evidencia: solo es verdadero todo aquello que no emite ninguna duda al pensamiento. (2) Análisis: Reducir lo complejo a partes más simples para entenderlo correctamente. (3) Deducción: Permitir a la operación racional deductiva el peso de la investigación, para encontrar las verdades complejas a partir de la deducción de las simples. (4) Comprobación: Comprobar si lo descubierto a partir de la razón fue conseguido a través de estas reglas antes mencionadas.

⁸⁸ El *Discurso del método*, cuyo título completo es *Discurso del método para conducir bien la propia razón y buscar la verdad en las ciencias* (*Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences*) es la principal obra escrita por René Descartes y una obra fundamental de la Filosofía occidental con implicaciones para el desarrollo de la Filosofía y de la Ciencia. Se publicó de forma anónima en Leiden (Holanda) en el año 1637. Constituía, en realidad, el prólogo a tres ensayos: *Dióptrica*, *Meteoros* y *Geometría*; agrupados bajo el título conjunto de *Ensayos filosóficos*.



debe partir de proposiciones indudables, y luego deducir otras proposiciones a partir de ellas, estableciendo así un cuerpo de conocimiento seguro e indudable. La solidez del edificio, por lo tanto, dependería en gran parte de la solidez de las proposiciones primeras.

Mediante la duda metódica, Descartes elimina rápidamente las proposiciones sintéticas como candidatas a proposiciones primeras, y eventualmente llega al *cogito ergo sum* –traducido como: “*pienso luego existo*”– como su proposición fundamental.

Empirismo que, en la Edad Contemporánea, dio origen al positivismo (*a posteriori*) de **John Stuart Mill** (1806-1873) y **Auguste Comte** (1798-1857), con su lógica o razonamiento inductivo y científico propia de la época de la Revolución Industrial de Inglaterra, iniciada en la mitad del siglo XVIII.

El positivismo fue una doctrina filosófica originada en Francia por Augusto Comte, quien consideraba que la historia de la cultura humana ha pasado sucesivamente por tres (3) niveles o estadios: el teológico (Religión/religiones), el metafísico

(Filosofía) y el positivo (Ciencia). Muy parecido a los cuatro (4) niveles de los métodos para fijar creencias que tiempo más tarde formuló **Charles Sanders Peirce** (1839-1914). En el estadio teológico, el hombre explicaba los fenómenos por medio de la intervención de seres divinos (Dioses). En el metafísico, los explicaba por medio de las ideas racionales, pero abstractas de la Filosofía. Finalmente, en el positivo, que corresponde al período de la Modernidad, los fenómenos se comienzan a explicar a partir de las leyes (Física, Química, Biología, etcétera) y se rechazan las explicaciones que no se puedan verificar empíricamente.

Luego, el empirismo inglés de **David Hume** (1711-1776) y John Stuart Mill, junto al positivismo generaron el *neopositivismo* (empiristas o positivismo lógico) del Círculo de Viena que nucleaba a científicos, matemáticos y filósofos. Anunciando el final de la Filosofía tradicional de **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831) y **Immanuel Kant** (1724-1804). Adoptando a la Filosofía (o metafísica) solo como auxiliar necesario del trabajo científico y definiendo que



cualquier disciplina que aspirara a alcanzar el nivel de Ciencia debía regirse por el método de las Ciencias Naturales (paradigma científico).

Los neopositivistas (positivistas lógicos o empiristas lógicos) querían diferenciarse del positivismo de Comte. También querían diferenciarse del empirismo tradicional representado por **John Locke** (1632-1704) y **David Hume** (1711-1776).

Karl Popper (1902-1994) hizo una presentación de su obra *La lógica de la investigación científica* (1962 en alemán, 1959 en inglés y 1934 en español) que influyó en forma importante en el Círculo de Viena. Si bien se identificó con ciertas premisas que están en el *falsacionismo*, nunca se consideró o asoció posteriormente con el Círculo siendo un crítico de su positivismo. **Imre Lakatos** (1922-1974), al principio suscribió a la escuela de Popper.

No se debe confundir “*racionalidad positiva*” (o racionalidad positivista) con “*razón*” en general. No es la razón, como facultad para conocer y relacionarse a la que considera cuestionable desde una posición que critica al neopositivismo.

Lo que se cuestiona es que los parámetros establecidos para la Ciencia como “*racionalidad*” son demasiados estrechos para abarcar la multiplicidad de lo real, por lo cual habría que pensar en una racionalidad histórica que abarque también los aspectos no mensurables de la existencia. Avanzando más allá del aspecto metodológico formal y defender la independencia metodológica de las Ciencias Sociales (como los aspectos históricos-artísticos, socio-culturales, políticos-antropológicos y económicos-productivos).

Lakatos, propuso los *Programas de Investigación Científica* (PIC) y un *falsacionismo sofisticado*, que fue fuertemente criticado y rechazado por **Paul Feyerabend** (1924-1994) por ser una metodología irracional. Con su rechazo a la existencia de reglas metodológicas universales, Feyerabend escribe su obra *Contra el método* (1970), rechazando los PIC de Lakatos.

Para Popper, contrastar una teoría significa intentar *refutarla* mediante un contraejemplo. Si no es posible refutarla, dicha teoría queda corroborada, pudiendo ser aceptada provisionalmente, pero no



verificada; es decir, ninguna teoría es absolutamente verdadera, sino a lo sumo «no refutada». Así, el *falsacionismo* fue uno de los pilares del método científico.

Popper propone una serie de reglas metodológicas que nos permiten decidir cuándo debemos rechazar una hipótesis. Popper propone un método científico de conjetura por el cual se deducen las consecuencias observables y se ponen a prueba. Si falla la consecuencia, la hipótesis queda *refutada* y debe entonces rechazarse. En caso contrario, si todo es comprobado, se repite el proceso considerando otras consecuencias deducibles. Cuando una hipótesis ha sobrevivido a diversos intentos de *refutación* se dice que está *corroborada*, pero esto no nos permite afirmar que ha quedado *confirmada definitivamente*, sino sólo provisionalmente, por la evidencia empírica.

Para ponerlo en un ejemplo, el problema de la inducción nace del hecho de que no se puede afirmar algo universal (general) a partir de los datos particulares que ofrece la experiencia.

Por muchos millones de cuervos negros que se vean, no será posible afirmar que «*todos los cuervos son negros*». En cambio, basta encontrar un solo cuervo que no sea negro para poder afirmar: «*No todos los cuervos son negros*».

Por esa razón Popper introduce el *falsacionismo* como criterio de demarcación científico, en contra del *verificacionismo*.

Si el *falsacionismo* lo que se busca es el hecho observacional que pueda anular la hipótesis inicial (y si no se encuentra, la hipótesis se refuerza de algún modo), en el *verificacionismo* se considera que han de añadirse hechos observacionales que corroboren la hipótesis, con lo que ésta queda inductivamente consolidada.

La verdadera actitud científica, según Popper, es la actitud crítica, debido a que ésta no apunta a la *verificación* (no busca pruebas para demostrar su veracidad), sino que busca realizar revisiones críticas que puedan rebatir la teoría.

El razonamiento inductivo, que empezó a tenerse en cuenta desde Isaac Newton y sus seguidores, y el



método hipotético-deductivo que surgió a principios del siglo XIX; ambos, plantearon fuertes debates epistemológicos causados por las diferencias entre ellos. Pues, si la deducción va de lo general a lo particular, la inducción va de lo particular a lo general (a pesar de los problemas que puede presentar la inducción de llevar a conclusiones falsas).

Habida cuenta de que los razonamientos inductivos o hipotético-deductivos no son los únicos tipos de razonamientos, pues existe el razonamiento analógico⁸⁹ (Pierce lo

llama *razonamiento abductivo*). La analogía es la base de la mayoría de los razonamientos ordinarios (pensamiento de individuos no-científicos, no-profesionales universitarios); por cuanto, la gente ordinaria (no especializada en el trabajo científico) tiende a tomar decisiones basándose en experiencias pasadas o en otro tipo de comparaciones y es aquí donde nos atrevemos a afirmar que este es uno de los tipos preferenciales de pensamiento que utiliza el Diseñador Industrial profesional (con título de grado académico, universitario). Pues, un carpintero también es un individuo ordinario que diseña, pero sin las herramientas teórico-metodológicas proyectuales del Diseño, Arquitectura e Ingeniería.

Charles S. Peirce en *Collected papers* (1934) reconoce tres tipos de inferencias: las deductivas, las inductivas y las abductivas.

Tradicionalmente, a partir de las ideas de Francis Bacon, se consideró que la Ciencia partía de la observación de hechos y que de esa observación

⁸⁹ La mayoría de las inferencias cotidianas, proceden por analogía. Un ejemplo sencillo de analogía sería el siguiente: Se puede inferir que el nuevo par de zapatos que se ha comprado durarán bastante tiempo, porque así ha ocurrido con los otros zapatos que se han comprado en la misma tienda. La analogía es la base de la mayoría de los razonamientos ordinarios, por cuanto, la gente tiende a tomar decisiones basándose en experiencias pasadas o en otro tipo de comparaciones. Este método consiste en atribuirle a un objeto que se investiga, las propiedades de otro análogo que ya es conocido. Ejemplo: Si se sabe que Marte y la Tierra, son planetas similares, y que en la Tierra hay vida, se puede concluir que, probablemente, en Marte habrá vida (lo que justifica a la NASA la exploración espacial en el planeta Marte). Ningún "argumento" analógico pretende ser matemáticamente cierto. Lo único que se puede afirmar de ellos es un grado de probabilidad. La analogía se distingue básicamente, de la inducción y de la deducción, en que va de lo particular a lo particular; y, a eso se le añade que su grado de certeza es menor, ya que llega a conclusiones meramente probables. Complementando la información anterior; todos los razonamientos analógicos tienen la misma

estructura general, o siguen el mismo patrón. Dado lo anterior, toda inferencia analógica, parte de la similitud entre dos o más cosas, en uno o más aspectos, para concluir la similitud de esas "cosas" en cualquier algún otro respecto.



repetida de fenómenos comparables, se extraían por inducción las leyes generales que los gobiernan. Se parte de plantear una hipótesis que se puede analizar deductiva o inductivamente.

Posteriormente, **Karl Popper** (1902-1994) rechazó la posibilidad de elaborar leyes generales a partir de la inducción, y sostuvo que en realidad esas leyes generales son hipótesis formuladas por el científico, que utiliza el método inductivo de interpolación para, a partir de esas hipótesis de carácter general, elaborar predicciones de fenómenos individuales. En esta concepción del método científico es central la *falsabilidad* de las teorías científicas (esto es, la posibilidad de ser refutadas por la experimentación). En el método hipotético-deductivo, las teorías científicas nunca pueden considerarse verdaderas, sino a lo sumo «no refutadas».

Sin embargo, **Mario Bunge** (1919-) ha señalado que la falsabilidad, o más bien, la refutabilidad, no puede ser el único sello de la *cientificidad* porque entonces: a) todas las teorías falsas deberían considerarse científicas, lo que

es absurdo, b) no se podría exigir refutabilidad directa a las teorías de elevado nivel y c) la *cientificidad* supondría mucho más que la comprobabilidad.

En las Ciencias actuales es requisito indispensable contrastar la hipótesis con la realidad (experimento, ensayo) antes de llegar a alguna conclusión finalizada.

En vez del criterio de Popper, Bunge propone 12 condiciones⁹⁰ que

⁹⁰ Para definir la Ciencia, Bunge reconoce la existencia de una familia de campos de investigación que poseen las siguientes características: (1) Cada uno de ellos está formado por una comunidad de investigadores, personas que han recibido instrucción especializada y mantienen lazos estrechos de comunicación entre sí. (2) La sociedad alberga y fomenta (o tolera) la actividad de esta comunidad. (3) Se investigan entidades reales y no ideas que “flotan” libremente. (4) Todo cambia según ciertas leyes, no hay nada inmutable o milagroso; el conocimiento refleja la realidad, no es subjetivo. (5) La investigación se desarrolla a partir de una colección de teorías lógicas y matemáticas actualizadas, no obsoletas. (6) Emplea una colección de datos, hipótesis y teorías razonablemente bien confirmadas (aunque corregibles), junto a métodos de investigación eficaces, producidos en otras áreas de investigación. (7) Únicamente estudia problemas referentes a la naturaleza de entidades reales de su campo de investigación o de algún otro. (8) Se basa en conocimientos previos actualizados y comprobables (aunque no definitivos). (9) Tiene por objetivo descubrir o utilizar leyes y tendencias, sistematizar hipótesis generales y refinar métodos de investigación. (10) La metodología empleada consta exclusivamente de procedimientos escrutables (controlables, analizables, criticables) y justificables (explicables), en primer lugar mediante el método científico. (11) Para cada campo de investigación, existe al menos un campo contiguo en el que ambos comparten elementos, o el dominio de un campo

debe cumplir cualquier campo de investigación científica fáctica para ser reconocida como tal. Todo campo de investigación que no cumpla las 12 condiciones es *acientífico*.

Estas cuestiones han sido tema de debate de la epistemología. Si se toma en un sentido amplio, la Epistemología sería uno de los capítulos de la Filosofía de la Ciencia (reflexión sobre la Ciencia), una forma de practicarla, consistente en el análisis lógico del lenguaje científico. Para salvar las diferencias entre ambas nociones, algunos autores intentan desligar a la Epistemología de toda relación con la Filosofía y evitan usar esta última palabra al ser partidarios del conocimiento científico como la única forma de conocimiento. Sin embargo, aunque se intente limitar el término a lo que es propiamente reflexión sobre la Ciencia, no puede desprenderse por completo de una determinada Filosofía.

Hay dificultades para deslindar los campos de la *Epistemología* y la *Metodología científica*.

está incluido dentro del otro. (12) La composición de los elementos del 4 al 11 cambia –por lo general muy lentamente– como resultado de la investigación realizada en el propio campo y en los campos relacionados.

¿Son la *Epistemología* y *Metodología* dos disciplinas distintas, simplemente conexas, o hay que incluir a la metodología dentro de la Epistemología como una de sus partes? Tradicionalmente se ha considerado que la epistemología no estudiaba los métodos científicos, ya que éstos eran objeto de una parte de la lógica llamada «*metodología*».

Habida cuenta de los problemas de la Epistemología, esta tiene como objeto el estudio crítico de los principios, hipótesis y resultados de las diversas Ciencias.

En el siglo XX, la Epistemología científica queda agrupada en tres grandes escuelas o generaciones: el neopositivismo lógico (influenciado por el positivismo) de Rudolf Carnap entre otros; el racionalismo crítico de Popper y el *popperianismo* como Thomas Kuhn, Paul Feyerabend e Imre Lakatos.

Hoy difícilmente se considera admisible esta distinción; en ella se daba a la lógica una extensión desmedida, al aceptar la tradicional división escolástica entre la lógica general, que hacía abstracción de los objetos y cuya parte principal es la



lógica formal, y la lógica material, aplicada o metodología, que estudia los métodos propios de cada una de las diversas Ciencias. También resulta difícil hoy hacer un estudio crítico de los principios de las diversas Ciencias, de su valor y objetividad, sin preguntarse al mismo tiempo sobre la naturaleza y valor de los procedimientos a través de los cuales se forman las Ciencias y se llega a elaborar un conocimiento científico. En este sentido, Piaget ha señalado que la reflexión epistemológica nace siempre con las crisis de cada Ciencia, y que sus «crisis» resultan de alguna laguna de los *viejos métodos* que han de ser superados por la aparición de *nuevos métodos*. De ahí que análisis de los métodos científicos y epistemología sean dos tipos de investigación difícilmente dissociables. Por ello en la actualidad se considera a la metodología dentro del campo de la Epistemología.

El metodólogo no pone en tela de juicio el conocimiento ya aceptado como válido por la comunidad científica sino que se concentra en la búsqueda de estrategias para ampliar el conocimiento.

Por ejemplo, la importancia de la estadística está fuera de discusión para el metodólogo, pues constituye un camino para construir nuevas hipótesis a partir de datos y muestras. En cambio, el epistemólogo a la vez podría cuestionar el valor de esos datos y muestras y de la misma estadística o conocimiento.

Por lo que para dar por terminado este artículo dejamos un breve cuadro que resume estas ideas sobre el método, el criterio de verdad, el criterio de demarcación y sus relaciones con la metafísica –esenciales a la hora de entender cómo se procede metodológicamente– en: (1) el neopositivismo de Carnap y el Círculo de Viena, (2) el racionalismo crítico de Popper y (3) los otros métodos que agrupan a Lakatos, Pierce y Samaja.

Obviamente de un modo reducido.

	(1) Carnap - Círculo de Viena Neopositivismo	(2) Popper Racionalismo crítico	(3) Lakatos - Pierce - Samaja
Método	Inductivo	Hipotético-deductivo	Abductivo
Criterio de verdad	Probabilidad	Verosimilitud	Retórica
Criterio de demarcación	Verificación	Falsación o refutabilidad	Afirmabilidad
Relación con la metafísica	La rechaza	No la rechaza	Fuente de analogías

Fuente: elaboración propia.



¿Cómo procede metodológicamente cada uno de ellos?

- (1) Verifica rasgos empíricos.
- (2) Refuta Reglas Teóricas.
- (3) Afirma casos.

En una segunda parte de este trabajo o continuación profundizaremos las relaciones de este cuadro sobre la metodología de la investigación científica con el Arte, el Diseño y el *Desing Thinking* y los métodos del *Diseño Industrial*.

Como vamos a ver más adelante, el «*Pensamiento Abductivo*» (*Abductive Thinking*) es la base para el futuro «*Pensamiento Creativo de Diseño*» (*Creative Design Thinking*) y está fuertemente relacionado al uso de analogías, metáforas e iconografías que consolidan los modelos teóricos explicativos. No solo en Ciencias, también en Arte y Diseño Industrial.



BIBLIOGRAFÍA.

DIAZ, E.: *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires, Editorial Biblos, 1997.

KLIMOVSKY, G.: *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires, A-Z Editora, 1994.

PEIRCE, Ch. S.: *El hombre, un signo*. Barcelona, Grijalbo, 1988.

HEGEL, G. W. F.: *Fenomenología del espíritu*. Barcelona, Biblioteca de los grandes pensadores, 2004.

MARX, K.; ENGELS, F.: *La ideología alemana*. Madrid, Akal, 2014.

WEBGRAFÍA.

ANDERSON, I. F.: “Alicia a Través de las Puertas, los Espejos y las Ventanas”, *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 69, Vigo, 2020, pp. 8-41. Disponible en línea: <https://www.artylum.com/revista/69/#p=8> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

ARISTÓTELES: *Metafísica*. Madrid, Editorial Gredos S.A., 1994. Disponible en línea: <https://enblancoe.files.wordpress.com/2013/11/aristoteles- metafisica.pdf> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

BUENO, G.: *Ensayos materialistas*. Madrid, Taurus, 1972. Disponible en línea: <http://www.fgbueno.es/med/dig/gb1972em.pdf> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

FREUD, S.: *El yo y el ello. Volumen XIX Obras completas*. Londres, Standard Edition, 1923. Disponible en línea:

<https://agapepsicoanalitico.files.wordpress.com/2013/07/yo-y-el-lo.pdf> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

PLATÓN: *Diálogos. Obra completa en 9 volúmenes. Volumen IV: República*. Madrid, Gredos, 1986. Disponible en línea: <https://licenciaturaenlenguayliteratura.files.wordpress.com/2011/08/platon-dialogos-iv-republica-gredos.pdf> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

SAMAJA, J.: *Epistemología y metodología. Elemento para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires, Eudeba, 1993. Disponible en línea: https://www.academia.edu/14477331/EPISTEMOLOGIA_Y_METODOLOGIA_JUAN_SAMAJA [Fecha de consulta: 12/12/2020].

Láminas.

Portada.

<https://aamiblogdotcom.wordpress.com/2012/08/30/lhemisferic-valencia-ciudad-de-las-artes-y-de-las-ciencias/>

Lámina 2.

<https://aamiblogdotcom.wordpress.com/2012/08/30/lhemisferic-valencia-ciudad-de-las-artes-y-de-las-ciencias/>

<https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-el-sistema-solar-y-como-esta-formado-resumen-2472.html>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png



Lámina 3.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maxwell%27s_demon.svg

Lámina 4.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HeatEngine.svg>

https://bigbangtheory.fandom.com/es/wiki/Gato_de_Schr%C3%B6dinger

Lámina 5.

https://www.academia.edu/14477331/EPISTEMOLOGIA_Y_METODOLOGIA_JUAN_SAMAJA

Lámina 6.

<http://bioinformatica.uab.es/base/base3.asp?sitio=ensayosevolucion&anar=evoluc>

Lámina 7.

<http://korajr-animalplanet.blogspot.com/2011/10/ardillas-voladoras.html>

<https://pablix2.wordpress.com/2013/12/11/wing-suit-como-volar-y-no-morir-en-el-intento-3/>

Lámina 8.

<https://travelexpert.wiki/travel-directory/take-boat-tour-yellow-boats-dubai/>

<https://ar.pinterest.com/pin/547539267189235946/>

Lámina 9.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:El_Hemisferio_A9rico,_Ciudad_de_las_Artes_y_las_Ciencias,_Valencia,_Espa%C3%B1a,_2014-06-29,_DD_37.JPG

https://www.abc.es/ciencia/abci-minimo-puede-percibir-humano-201607310106_noticia.html

Lámina 10.

<http://vivoarquitectura.blogspot.com/2011/03/ministerio-de-educacion-lima-peru.html>

<https://www.amazon.com.mx/Trends-International-BM8606-Marcadores-apilados/dp/B07Q1VDGJH>

Lámina 11.

<https://luzsombraconocimiento.weebly.com/la-alegoriacutea-de-la-caverna.html>

Lámina 12.

<https://psicologiaymente.com/psicologia/mito-caverna-platon>

Lámina 13.

<https://www.klipartz.com/es/sticker-png-texil>
https://es.123rf.com/photo_3466257_en-blanco-y-negro-rat%C3%B3n-del-ordenador-con-ruedas-y-cabel-.html

Lámina 14.

<https://www.alamy.es/foto-el-matadero-o-matadero-porcino-cincinnati-ohio-estados-unidos-1880-grabado-17482221.html>



Lámina 15.

<https://51154787.weebly.com/the-swift-meatpacking-plant.html>

Lámina 16.

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2010/01/Linea_de_ensamblaje_del_Ford_A_en_1928

Lámina 17.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ford_Model_%22T%22_car_no_2_on_display,_Alaska_Yukon_Pacific_Exposition,_Seattle,_June_1909_\(AYP_502\).jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ford_Model_%22T%22_car_no_2_on_display,_Alaska_Yukon_Pacific_Exposition,_Seattle,_June_1909_(AYP_502).jpeg)

**Portada: Se observa un excelente ejemplo de diseño analógico arquitectónico llamado L'Hemisfèric (El Hemisférico), fue el primer edificio abierto al público de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia (España), inaugurado en 1998. Este impresionante edificio diseñado por Santiago Calatrava con analogía de un ojo, de noche y con el reflejo de la luz del agua forma el ojo humano; lo que le da vida y lo hace más hermoso todavía (esencia del diseño arquitectónico). En su interior alberga una gran sala con una pantalla cóncava de 900 m² y 24,4 m de diámetro. Cuenta con una cubierta ovoide de más de 100 metros de longitud, que alberga en su interior la gran esfera que constituye la sala de proyecciones.*

