



Scripta Philosophiæ Naturalis, 14 : 37-63 (2018)

ISSN 2258 – 3335

MODELOS Y ANALOGÍA : FORMAS DE LA EXPRESIÓN

HOMOLOGÍAS, REPRESENTACIONES, INCORPORACIONES Y REPRODUCCIONES

Juan Ramón ÁLVAREZ

Los modelos son de importancia central en muchos contextos científicos. La centralidad de modelos tales como el modelo de bolas de billar de un gas, el modelo de átomo de Bohr, el modelo de bolsa del nucleón del MIT, el modelo de cadena gaussiana de un polímero, el modelo de atmósfera de Lorenz, el modelo de interacción depredador-presa de Lotka-Volterra, el modelo de doble hélice del ADN, los modelos de agentes y evolucionistas en las ciencias sociales y los modelos de equilibrio general de los mercados son, en sus dominios respectivos, ejemplo de ello. Los científicos emplean mucho tiempo en construir, contrastar, comparar y revisar modelos, y mucho espacio se dedica en las revistas a introducir, aplicar e interpretar estas valiosas herramientas. En resumen, los modelos son uno de los principales instrumentos de la ciencia moderna.

Frigg y Hartmann, *Models in Science*

RESUMEN: El término “modelo” tiene usos y, por tanto, significados diversos según los campos en que se aplica. En el que de aquí se trata, el de la metodología de la ciencia como teoría de la subordinación a normas de las actividades simbólicas, técnicas y sociales que tienen lugar en el marco de los niveles de resolución asociados a las teorías científicas, los modelos son constructos cuyo fundamento reside en la existencia de analogías de proporcionalidad entre aquello que es modelo y aquello representado por él. El concepto de modelo y la definición que lo expresa se complementa en lo que sigue, por el desarrollo de la propia relación de representación (una relación signo-objeto), con los cuatro tipos fundamentales de modelo: las homologías estructurales, las representaciones satisfactorias, las incorporaciones eficaces y las reproducciones adecuadas.

Palabras clave: Analogía, expresión, homología, incorporación, interpretación, modelo, representación, reproducción.

ABSTRACT: The term 'model' is variously used and therefore it has many meanings according to the fields where it is applied. In the present field – the theory of scientific method construed as the theory of the subordination of the symbolic, technical, and social actions performed in the frame of the levels of resolution associated with scientific theories – models are constructs whose foundation lies in the existence of an analogy of proportion that obtains between the model and the object represented thereby. The concept of a model and its definition are supplemented in the following, through the development of the very relation of representation (a sign-object relation), with the four basic types of models: structural homologies, satisfactory representations, efficacious incorporations, and adequate reproductions.

Keywords: Analogy, expression, homology, incorporation, interpretation, model, representation, reproduction.

1. Introducción

La producción de modelos forma parte, junto a la clasificación, la definición y la inferencia (los *modi sciendi* de la tradición metodológica), del conjunto básico de los procedimientos de construcción de teorías en las ciencias. Junto a estos se hallan los procedimientos que satisfacen las funciones atribuidas a las teorías, tales como describir, interpretar, comprender, establecer leyes, explicar, etc. y los procedimientos de contrastación como la observación, la experimentación y la simulación (Cfr. Álvarez, 2011).

Precisamente, el contenido de la metodología general está constituido, frente a las técnicas concretas de las metodologías especiales y las ideas más generales de la teoría de la racionalidad científica, por dichos procedimientos. Ante el riesgo, que ya en su día advertía Fernández Buey (1991), de la divergencia creciente en el campo de la metodología entre científicos cada vez más dedicados al aprendizaje de técnicas sumamente especializadas y unos filósofos de la ciencia dedicados sobre todo a los grandes marcos conceptuales de la racionalidad, he insistido repetidamente en que existe un territorio propio de la metodología de la ciencia, (Álvarez, 1988, 2011), tanto científica (no hay ciencia irreflexiva) como filosófica, como teoría de los procedimientos normalizados, es decir, de la consideración reflexiva de la subordinación a normas de las acciones simbólicas, técnicas y sociales en la actividad científica, dentro del marco de los niveles de resolución asociados a las teorías que vinculan los procedimientos a los principios de la ontología semánticamente asumida en cada ciencia. Principios y procedimientos remiten correlativamente a la ontología y a la metodología de la ciencia y, dentro de los segundos, los procedimientos de construcción de teorías – clasificación, definición, modelización e inferencia – quedan establecidos como cuatro formas posibles de vincular los términos y las relaciones de una “sintaxis” a través de las operaciones disponibles. Se debe a Bueno (1995) esta forma de presentación, que parte de una clasificación de los funtores de Curry y que condujo, en las primeras versiones de su teoría de la ciencia – *la teoría del cierre categorial* – a un desarrollo extenso de los cuatro procedimientos mencionados, entendidos como métodos internos de las ciencias (Cfr. Bueno 1987).

[L]a metodología científica tradicional identificó ya desde Aristóteles y los escolásticos tres métodos generales que denominó respectivamente *definiciones, divisiones-clasificaciones y demostraciones*. La gnoseología del cierre categorial recoge estos *modi sciendi* tradicionales,

pero los justifica de otra manera y los inscribe en una clasificación gnoseológica sistemática (*Ibid.*, 360-361)¹.

Hecha constancia de esta influencia, aquí se retiene el punto de partida indicado de la relación entre términos, relaciones y operaciones, que puede exhibirse resumidamente de la forma que sigue (Álvarez 2011). La estructura de las expresiones “ $y = mx + b$ ” y “Pablo no es más rico que Pedro”, se caracteriza por la aparición en ellas de *términos* (‘y’, ‘x’, ‘m’, ‘b’ en la primera, y ‘Pablo’ y ‘Pedro’ en la segunda), de *relaciones* (‘=’ en la primera y ‘es más rico que’ en la segunda), y de *operaciones* (‘+’ y la multiplicación implícita en la primera, y ‘no’ en la segunda). Consideremos las operaciones como procedimientos que conducen de cuatro maneras diferentes de unos a otros de los dos elementos restantes. En la Tabla 1 siguiente se muestran los cuatro tipos de procedimientos ejemplificados con su forma más característica. Ninguno de los ejemplos agota la categoría, es decir, el tipo, pero los aquí considerados son los que proceden de la doctrina tradicional de los *modi sciendi*, con el modelo como complemento

Operaciones→	Términos	Relaciones
Términos	Clasificación	Definición
Relaciones	Modelo	Inferencia

Tabla 1

La clasificación es un procedimiento que conduce de términos a términos, de un conjunto a (sub)conjuntos del mismo. Los conjuntos pueden ser nítidos o borrosos y las clasificaciones otro tanto (Álvarez, en preparación). La definición conduce de términos a relaciones, de nombres a enunciados. Las definiciones científicas buscan ser reales y efectivas (Álvarez 1983). La inferencia conduce de relaciones a relaciones: en su expresión lingüística, de enunciados a enunciados, de premisas a conclusiones. Las inferencias pueden ser deductivas, inductivas, abductivas, etc.²

La construcción de modelos conduce de relaciones a términos. En qué sentido lo hace es de lo que trata este trabajo.

¹ El desarrollo de Bueno merece estudiarse, como su teoría la ciencia, en toda su extensión con una atención pormenorizada. Puede encontrarse una exposición breve del mismo en un manual filosofía de enseñanza secundaria en su día muy polémico. Aquel desarrollo no depende tanto del punto de partida que aquí se comparte, como de la exposición de los conceptos propios de la teoría del cierre categorial, diferentes de los aquí aducidos, que le condujeron a definir la relación de modelo a modelado como la existente entre un contexto formal (que proporciona los ensamblajes) y otro material (que suministra los referenciales fisicalistas). La introducción de las dicotomías aislógico/heterológico, y totalidades atributivas / distributivas, aplicadas a dicha relación, generó una tipología de modelos en metros, `paradigmas, prototipos y cánones (Cfr. Bueno 1987, pp. 361-365).

² Aquí reside la diferencia fundamental, a pesar de compartir el punto de arranque, con el desarrollo de Bueno (en el proyecto inédito, que es donde estaba más claro, Bueno, 1976, v Tomo 2, pp. 2 y ss.). Realmente, en ese lugar y en las versiones posteriores, más que establecer los cuatro *modi sciendi* en términos de transformaciones, se fijan en términos de la determinación en las cuatro relaciones diferentes resultantes de subordinar combinatoriamente los pares términos-relaciones. 1) Functores que a partir de términos sacan relaciones: modelos ; 2) que de relaciones sacan términos: clasificaciones; 3) de términos sacan términos: definiciones; y 4) de relaciones sacan relaciones: demostraciones. (Cfr. *Ibid.*).

2. Representación, modelos y teorías en Bunge

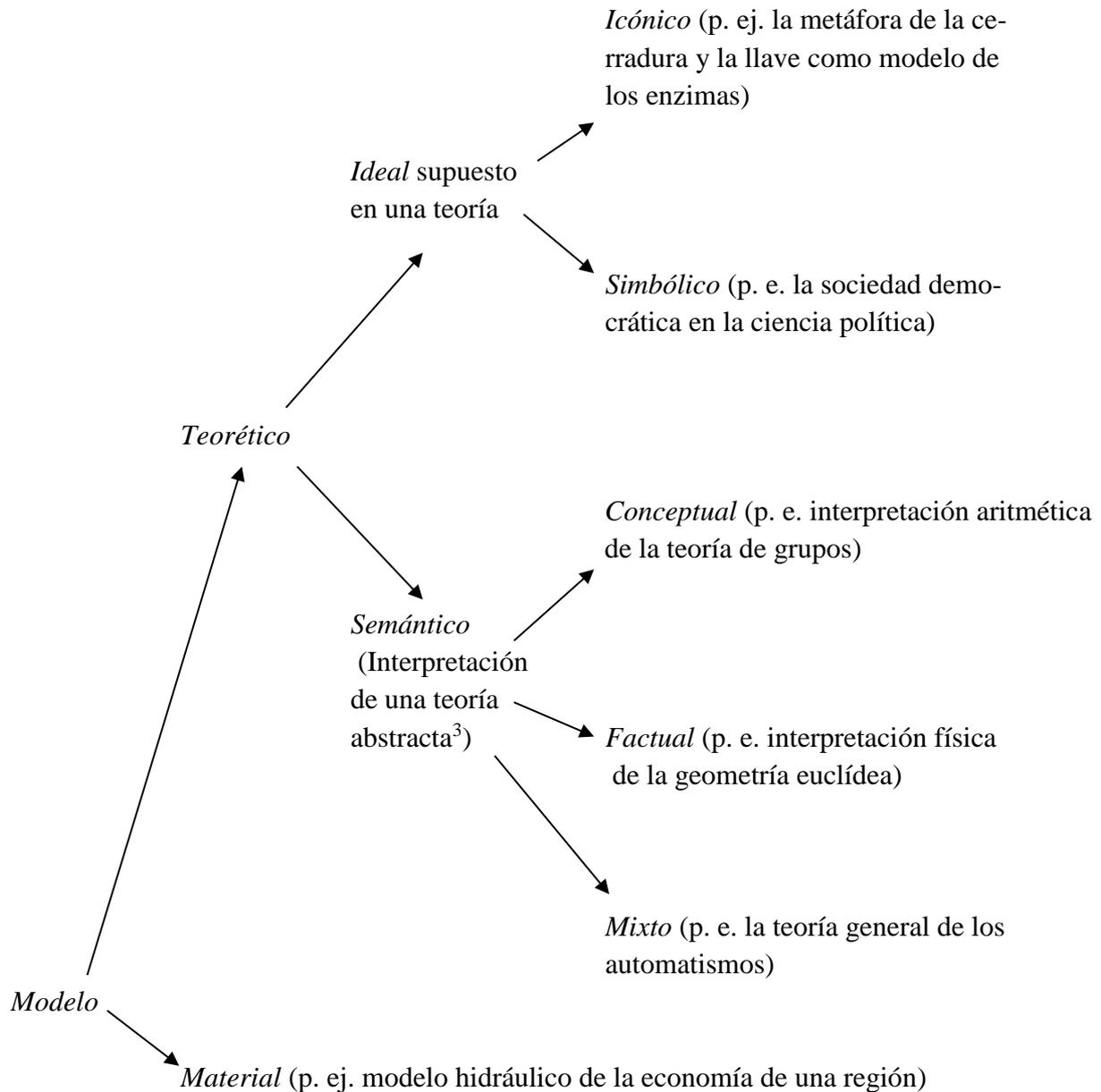


Figura 1 (Adaptada de Bunge, 1976, p. 456)

Una lista de ejemplos como la que figura en el texto de enciclopedia del comienzo, las distintas acepciones del término “modelo” que se halla en los diccionarios más al uso, o las diferentes tipologías de modelos que nos ofrece la literatura de manual de filosofía de la ciencia son buena muestra de la polisemia que la palabra acarrea en los más variados contextos. Por la

³ Introduzco sobre el texto la expresión “semántico” para oponer, de acuerdo con Bunge (1975), modelo semántico a modelo ideal dentro de modelo teorético. En ese lugar Bunge (p. 30) identifica modelo semántico con “el modelo como interpretación verdadera de una teoría abstracta”, a la que en otras ocasiones caracteriza como interpretación *satisfactoria* en la medida en que hace verdaderos los axiomas de dicha teoría.

extensión y detalle de su intento escojo la concepción elaborada en diversas obras por Mario Bunge. En su conocido tratado *La investigación científica*, (Bunge 1976, 456) ofreció el anterior esquema de los significados de “modelo” (Figura 1).

El desarrollo de Bunge acerca de la noción de modelo incluye además una distinción fundamental entre tres elementos: 1) el objeto concreto o referente, 2) el objeto modelo y 3) el modelo propiamente dicho. No existe una forma sencilla de asociar estos tres elementos a la figura anterior, porque (1) *el objeto concreto* no aparece directamente en los distintos niveles, sino en los ejemplos entre paréntesis: enzimas, sociedad democrática, economía de una región); (2) *el objeto modelo* figura como el tipo ideal o esquema simplificado del que parte una teoría (con dos variantes: icónica y simbólica); (3) el *modelo* propiamente dicho aparece dividido en material y teórico, pero el teórico es precisamente la teoría o sistema hipotético-deductivo específico que parte del objeto modelo que queda insertado en el anterior que, por otra parte, incluye los modelos semánticos como interpretaciones de teorías abstractas (con variantes conceptual, factual y mixta), es decir, teorías también específicas.

Aclarado esto, si uno se atiene a estos tres elementos, y sin perjuicio de la diversidad de elementos del esquema, resultaría un planteamiento más sencillo y no menos útil, el que considera las siguientes denominaciones: “objeto concreto”, “(objeto) modelo” y “teoría específica” (por desarrollo a partir del objeto modelo empotrado en una teoría general o por interpretación de una teoría abstracta). La relación de modelo podría parecer, en una primera aproximación, la que se da entre un (objeto) modelo (M) y su objeto concreto o referente (R), no la existente entre M y la teoría específica o modelo teórico (MT)⁴. No obstante lo cual, el planteamiento de Bunge no estaba errado en dejar fuera de los modelos propiamente dichos (en los ejemplos) los objetos concretos, porque realmente estos no son parte formal de la teoría de los modelos en la ciencia. Quedan así señaladas dos relaciones netamente diferentes⁵:

- (1) Relación de los modelos con sus referentes: representación (M, R)
- (2) Relación de los modelos con las teorías específicas o modelos teóricos⁶: empotramiento (M, MT).

Es a (1) a la que Bunge (1975, p. 41) llama *relación de modelo* y en la cual “puede darse el nombre de *objeto modelo* a cualquier representación esquemática de un objeto. Si el objeto

⁴ En la introducción a una colección de ensayos, Cartwright (1983, p. 4) establece una relación entre cuatro términos: objeto real, modelo, teoría (leyes teóricas) y leyes fenomenológicas. Entre ellos establece el siguiente recorrido. “La ruta de la teoría a la realidad es de la teoría al modelo, y después del modelo a la ley fenomenológica. Las leyes fenomenológicas son en realidad verdaderas de la realidad –o podrían serlo. Pero las leyes fundamentales son verdaderas solamente de los objetos en el modelo”. Debo esta indicación a Oscar Esquisabel.

⁵ En el capítulo 3, sección 3 del volumen I de su *Treatise on Basic Philosophy* (Bunge, 1974) considera éste cuatro términos: esquema (coincidente con el objeto modelo), esbozo (*sketch*), teoría específica (modelo teórico) y teoría genérica, que siguen la regla de que los posteriores *integran* los anteriores. La inclusión de los esbozos no altera significativamente el esquema de los tres elementos (ahora el esquema ideal se reduce a un listado, mientras que el esbozo introduce relaciones entre los miembros de la lista).

⁶ Diferente de la relación de M con la teoría general (TG) que, por otra parte, hace que MT resulte de integrar M en TG .

representado es concreto, entonces su modelo es una idealización del mismo... [L]a representación es siempre parcial y más o menos convencional” (*Ibid.*, p. 40).

Se caracteriza a M como una estructura o sistema relacional $\langle S, P_1, P_2, \dots, P_{n-1} \rangle$, donde S es un conjunto de elementos s_i , que responden a elementos r_i de R del objeto concreto representado, y los $P_i (i = 1, 2, \dots, n-1)$ predicados definidos respecto de S de los que en principio no se sabe si, o en qué medida, responden a propiedades o relaciones de R , pero cuya función es heurística precisamente porque apuntan a un aumento del conocimiento de R en términos de esas propiedades. Establecido esto, Bunge formula la relación ‘ M representa o modela R ’ como

$$(3) \quad M \underline{\hat{=}} R.$$

Ese mismo objeto modelo M , en su forma estructural, se adjunta a una teoría genérica, dando lugar con ello a una teoría específica.

Sea $M = \langle S, P_1, P_2, \dots, P_{n-1} \rangle$ un modelo de una clase R , esto es, $M \underline{\hat{=}} R$. Supongamos, además de eso que los distintos coordenados con esos n -tuplos sean lógicamente independientes los unos de los otros (esto es, no interdefinibles). Entonces cualquier conjunto consistente de condiciones (postulados) que especifiquen la estructura (de naturaleza matemática) de los n conceptos primitivos, así como su significado factual, será un *modelo teórico* de R . En una palabra, un modelo teórico de R es una teoría con base primitiva en $M \underline{\hat{=}} R$ (Bunge, 1975, p. 43).

Si se lee con cuidado, el MT de R no se basa en M , incluye M , pero se basa en $M \underline{\hat{=}} R$. M es una estructura relacional, a la cual la teoría genérica en que se empotra añade las condiciones enunciativas, los postulados, que determinan a MT como una teoría. Así queda expuesta la relación (2) que antecede.

Lo característico del planteamiento de Bunge, aquí simplificado, es la identificación de la relación de modelo con o como una relación de representación. Pero el curso que recorre desde una diversidad de ejemplos de modelos, dada empíricamente en la tradición disciplinar, hasta el concepto de modelo entendido este como un término de la relación de representación cuyo otro extremo es un objeto, puede plantearse de un modo diferente, casi a la inversa. Pero antes es necesario examinar comparativamente la relación de representación respecto de la de analogía, tal como la concibe Bunge, para distinguir su concepto (y tipos) de analogía del que se utilizará en la parte propositiva de este estudio.

En “Analogía, simulación y representación” (Bunge, 1975, pp. 221-246) se introduce la noción de analogía como una relación binaria en el conjunto universal de objetos O , como la que se da entre elementos x e y del mismo que satisfacen una (o las dos) condiciones siguientes:

- a) x e y participan de propiedades objetivas varias (son iguales en algunos aspectos), y/o
- b) existe una correspondencia entre las partes de x o las propiedades de x y las de y .

Si x e y son análogos, escribimos: $x \simeq y$ y decimos de cualquiera de los partícipes de la relación que es un *análogo* del otro (Bunge, 1975, p. 224).

Si los análogos satisfacen a) se dice que son *sustancialmente* análogos; si satisfacen b) formalmente *análogos*; si satisfacen a) y b) la analogía se llama *homología*. “La homología implica a la vez la analogía sustancial y la formal y la analogía sustancial implica la analogía formal, pero no a la inversa” (*Ibid.*) Si x e y son conjuntos, entonces los tipos o grados de analogía formal pueden caracterizarse según que la relación se aplique a todos o algunos de los elementos de x e y .

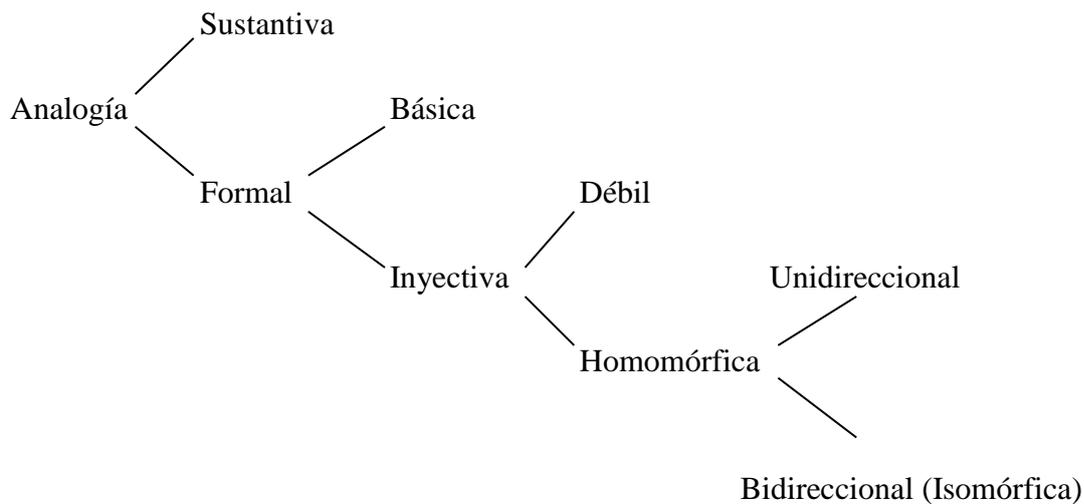


Figura 2 (Adaptada de Bunge, 1973, p. 116)

Analogía *básica (plain)*⁷: algunos de los elementos de x corresponden a algunos de y .

Analogía *inyectiva*: a todos los elementos de x le corresponde un elemento de y . Existen dos formas: la débil y la homomórfica (“una analogía todo-algún que preserva la estructura \langle de x \rangle ”) (*Ibid.*, p. 225).

Analogía *biyectiva*: a todos los elementos de x le corresponde uno de y y recíprocamente (la analogía inversa es también inyectiva). Sólo considera este caso dentro de la analogía homomórfica.

La división resultante se ajusta al esquema de la Figura 2 (Bunge, 1973, p. 116, con el añadido de la analogía homomórfica biyectiva).⁸

⁷ Los traductores de Bunge (1975) vierten “*plain*” por “laxa”, supongo que siguiendo la tesis gradualista de que el grado ínfimo coincide con que la relación se aplique solo a algunos elementos en los dos conjuntos. Podría también traducirse por “ínfima” o “mínima”, pero “*plain*” es un término menos preciso y puede también traducirse por “simple”.

⁸ El esquema sigue incompleto, pues sólo considera la analogía biyectiva para la homomórfica y no la biyectiva débil. Biyectiva se opone a inyectiva, e isomórfica a homomórfica.

3. Concepto y tipos de modelo

Desarrollo en esta parte, en primer lugar, un concepto de modelo basado en una noción de analogía diferente de la expuesta por Bunge y, en general, por muchos estudiosos del tema. La comparación entre representación y analogía de Bunge se basa en el carácter común de ambas relaciones en su condición de relaciones binarias. Defiendo, en cambio, que siguiendo una idea de relación con cuatro argumentos, como es la que Leibniz llamó *expresión*, y que encarna la idea de analogía de proporcionalidad, es posible sentar las bases de la relación de modelo, distinta de la de representación entendida como binaria.

En segundo lugar, una vez establecida la relación de modelo como analogía proporcional, recurriré al desarrollo interno de la relación semántica de representación (una relación de tipo *signo-objeto*), tal como he propuesto en distintos lugares en el marco de un planteamiento semiótico, llamado contexto *C*, donde coexiste la representación con la incorporación (una relación de tipo *objeto-signo*) como una (frente a la otra) de dos relaciones semánticas. De dicho desarrollo resulta una tipología básica de modelos que debe recuperar, en buena medida, la pluralidad de ejemplos que nos abruma con su casuística.

3.1 Relación de modelo: Analogía y expresión

Sin embargo, a pesar de la importancia de la noción de expresión en la obra de Leibniz, sorprendentemente ha recibido poca atención de los comentaristas.

(Chris Swoyer, *Leibnizian Expression*)⁹

Aunque el término “modelo” y la relación que lo incluye se haya impuesto en el pasado siglo XX en los planteamientos más destacados de la filosofía de la ciencia, en los que aquí deseamos permanecer sin extender el uso de la palabra a otros contextos científicos, filosóficos y hasta cotidianos, la idea no es tan reciente como pueda parecer. La idea de *expresión*, tal como fue definida por Leibniz en su opúsculo *Quid sit idea* (¿Qué es una idea?) de 1678 tiene una historia que no ha de relatarse aquí (Cfr. Soto Bruna, 1994 en una exposición donde “expresión” es mucho más extensa que la tratada en este caso), y en variantes diversas en los escritos de Leibniz (Cfr. Debuiche, 2009) nos ofrece un buen asidero para enfrentarnos a la cuestión de qué tipo de relación es aquella en la que resulta que algo es modelo de algo y en qué consiste ese carácter representativo. En dicho texto Leibniz afirma:

Se dice que *expresa* una cosa aquello en que hay relaciones (*habitudines*) que responden a las relaciones de la cosa que va a expresarse. Pero esas expresiones son varias, por ejemplo, las

⁹ Esta cita corresponde al comienzo de Swoyer (1995). Veintidos años más tarde se puede afirmar lo contrario. Precisamente lo traigo a colación para marcar ese cambio.

medidas de la máquina expresan la máquina misma, la proyección de la cosa sobre un plano expresa el sólido, el discurso expresa pensamientos y verdades, las cifras expresan números, la ecuación algebraica expresa círculos u otras figuras. Y lo que todas estas expresiones tienen en común es que sólo por la contemplación de las relaciones de aquello que expresa podemos llegar al conocimiento de propiedades que corresponden a la cosa que va a expresarse. De ahí resulta evidente que no es necesario que aquello que expresa sea igual a la cosa expresada siempre que se conserve cierta analogía para las relaciones. (Leibniz, 1678, pp. 263-264; traducción, pp. 178-179).¹⁰

A pesar de que la idea de expresión tenga en la filosofía de Leibniz no sólo un significado formal, sino también metafísico, epistemológico, etc.¹¹, ello no obsta para tomar el texto anterior como la caracterización de una relación entre cuatro términos: la cosa expresiva, la cosa expresada, las relaciones en la cosa expresiva y la cosa expresada, donde se hace depender la relación de expresión entre A (cosa expresiva) y B (cosa expresada) de la relación [¿de analogía?: “siempre que se conserve cierta analogía para las relaciones”¹²] entre $R(A)$ (relaciones en A) y $R(B)$ (relaciones en B). Así entendida, la relación de expresión acoge una relación común a los símiles y las proporciones aritméticas. Sea el símil homérico como pieza modular de una tradición oral:

Dijo y, muy alentado, se encaminó apresuradamente a la ciudad; como el corcel vencedor en la carrera de carros trota veloz por el campo, tan ligeramente movía Aquiles pies y rodillas. (*Ilíada*, Canto XXII)

y la proporción $2 : 4 :: 8 : 16$, donde hay cuatro cifras. En el símil también hay cuatro términos: Aquiles : corcel vencedor :: movimiento de pies y rodillas : trote veloz por el campo. Sin duda, es conveniente ordenar la cita de Leibniz y precisar sus partes y su estructura.

¹⁰ Me valgo en esta cita del texto de la traducción de Ezequiel de Olaso, salvo en la versión de “*habitudines*” por “relaciones”, con el fin de unificar la terminología en lo que resta de exposición. El texto latino de Leibniz en la edición citada es éste:

Exprimere aliquam rem dicitur illud, in quo habentur habitudines, quae habitudinibus rei exprimendae respondent. Sed eae expressiones variae sunt; exempli causa, modulus Machinae exprimit machinam ipsam, scenographica rei in plano delineatio exprimit, solidum, oratio exprimit cogitationes et veritates, characteres exprimunt. numeros, aequatio Algebraica exprimit circulum aliamve figuram: et quod expressionibus istis commune est, ex sola contemplatione habitudinum exprimentis possumus venire in cognitionem proprietatum respondentium rei exprimendae. Unde patet non esse necessarium, ut id quod exprimit simile sit rei expressae, modo habitudinum quaedam analogia servetur (Leibniz, 1678, 263-264)

¹¹ “La expresión es una noción que, en Leibniz, se emplea con tanta frecuencia (en casi todos los campos de su pensamiento, matemático, lógico, gnoseológico, lingüístico, físico, metafísico) como falta de explicitud. La diversidad y la cantidad de sus apariciones están, pues, paradójicamente ligadas a una cierta imprecisión conceptual, o al menos a una engañosa sencillez que tiende a definirla como una analogía entre relaciones. Sin embargo, parece que a pesar de esta aplicabilidad casi universal, la noción de expresión mantiene una relación privilegiada con las matemáticas” (Debuiche, 2009, p. 1). Este trabajo no es un estudio erudito sobre la noción de expresión en Leibniz, sobre lo que se ha escrito bien y abundantemente. Aparte de Debuiche (2009), Soto Bruna (1994) y los autores citados por ellas. En español se puede consultar Esquisabel (2008, 2016, inédito) y Herrera Castillo (2012). Más en la línea de esta formulación está el estudio de Swoyer (1995) con su idea de la relación de *correlación*, que sirve base al razonamiento analógico que él denomina razonamiento *subrogatorio*. Allí (*Ibid.*, p. 81) argumenta que la condición de isomorfismo es excesivamente fuerte para caracterizar el concepto de expresión: “tal semejanza completa de estructura es una exigencia excesiva para la expresión”. Menos exigente que una relación *unto* es una relación *from to*. A su manera de ver, no es necesario que lo que él llama “correlación” sea biunívoca. Basta con que se dé sólo en una sola dirección: “podemos pensar en esa relación como discurriendo en una u otra dirección” (*Ibid.*): a esto no lo llama de ninguna manera, aunque se trata estrictamente de un homomorfismo.

¹² Me imagino que a esto se refiere Debuiche con “una engañosa sencillez (*simplicité*) que tiende a definirla como una analogía entre relaciones” (*Ibid*), pero es lo que dice este texto.

1. La relación de expresión se establece entre A (cosa expresiva) y B (cosa expresada). Es, pues, una relación binaria, pero esa relación binaria se da si
2. Existen en A relaciones $R(A)$ y en B relaciones $R(B)$, tal que $R(A)$ responde(n) a $R(B)$ y si
3. Se guarda o conserva (*servetur*) cierta analogía de las relaciones $R(A)$ y $R(B)$.

En resumen. Basta con que se dé cierta analogía de $R(A)$ con $R(B)$ para que A exprese B . La analogía (una relación binaria entre $R(A)$ y $R(B)$) es condición suficiente de la expresión (relación binaria entre A y B). El texto de Leibniz dice lo que dice y doctores tiene la iglesia filosófica. Aclarado esto, tomo el texto como una incitación y no como doctrina, salvada la simpleza a que alude Debuiche (Cfr. nota 10).

Hasta aquí la incitación, la propuesta es la siguiente.

- (5) *Se dice que A expresa B si y sólo si existe una correspondencia unívoca de $R(A)$ a $R(B)$ que conserva la estructura.*

Estas son las diferencias entre la incitación y la propuesta. Se *fortalece* el “responde” de Leibniz por “corresponde unívocamente” y el “se conserve cierta analogía” por “se conserve la estructura” (de $R(A)$ a $R(B)$). Se completa la condición suficiente (si...) con la necesaria (sólo sí...) en el “si y sólo si” definicional. Y se traslada la analogía de la segunda relación a la relación de las relaciones entre A y B y $R(A)$ y $R(B)$: es decir $A : B :: R(A) : R(B)$.

Pero con ello lo que se acaba de formular es una analogía de proporcionalidad¹³, donde las relaciones (razones) de la proporción (analogía) son la expresión y la “analogía” leibniziana entre $R(A)$ y $R(B)$. También es posible que quien esto lea traslade estas palabras a otras más conocidas en los manuales de álgebra, evocadas por las propuesta 5).

Por “correspondencia unívoca”, entiéndase la aplicación que asigna a cada elemento de A un y un solo elemento de B . $R(A)$ y $R(B)$ son las estructura de A y B expresadas relacionamente. Para estructuras ínfimas de conjuntos pueden expresarse las mismas con una operación o ley de composición interna, por ejemplo, $*$ para A y \perp para B . Entonces la forma ínfima de la analogía puede formularse como aplicación homomórfica u homomofismo:

Dados dos conjuntos no vacíos A (de elemento genérico a) y B (de elemento genérico b) dotados respectivamente de operaciones o leyes de composición interna $*$ y \perp , y una aplicación f de A en B :

$$f: \langle A, * \rangle \longrightarrow \langle B, \perp \rangle$$

¹³ Aristóteles y sus seguidores medievales distinguieron dos clases de analogía. La analogía de atribución (*analogia attributionis*), como la que llama sano a un paseo porque contribuye a la buena salud del caminante, y la analogía de proporcionalidad en forma de una *quaternio terminorum*, en la que el primer término es al segundo como el tercero es al cuarto.

se pueden ofrecer las definiciones siguientes:

6) f es un homomorfismo si y sólo si

$$\forall a_i, a_j, \in A, [f(a_i * a_j) = f(a_i) \perp f(a_j)], \quad (i, j=1, 2, \dots, n)$$

es decir, en román paladino, si y solo si la imagen de los compuestos por la operación de A es igual al compuesto de las imágenes de los elementos A por la operación de B .

7) f es un isomorfismo si y sólo si, siendo un homomorfismo, su inversa f^{-1} existe y es también un homomorfismo, es decir, si y sólo si

$$\forall a_i, a_j, \in A [f(a_i * a_j) = f(a_i) \perp f(a_j)] \wedge \forall b_i, b_j, \in B [f^{-1}(b_i \perp b_j) = f^{-1}(b_i) * f^{-1}(b_j)] \\ (i, j=1, 2, \dots, n).$$

8) Si $A = B$, f es un automorfismo.

Por tanto, A expresa a o es un modelo de B , si y sólo si la correspondencia de $R(A)$ con $R(B)$ es un homomorfismo. Esta es la forma básica de la relación de modelo. Pero la caracterización de la relación de modelo por medio de la noción de homomorfismo (en su caso, de isomorfismo) es meramente formal o sintáctica (una relación objeto cualquiera-objeto cualquiera¹⁴; *signo-signo* es ya una interpretación). Realmente expresa las condiciones formales de la modelización, a saber, para la corrección de la modelización ha de satisfacerse la condición del homomorfismo.¹⁵

Ahora bien, esto supuesto, sean los modelos de la clase que sean, han de satisfacer todos que la relación de modelo en que se hallan sea homomórfica. Pero la cuestión de cuáles son los tipos fundamentales de modelo se desarrolla a partir de la relación semántica de representación que ahora queda respaldada por la de expresión en su forma elemental de homomorfismo. Llamaré a los homomorfismos, y demás morfismos, *homologías estructurales*.

3.2 Los tipos básicos de modelo: desarrollo interno de la relación representativa

En los últimos cien años — por aproximar un período — la semiótica como teoría general de los signos ha sido asociada a los filósofos norteamericanos Charles Sanders Peirce y Charles W. Morris. El primero, disperso y multifacético en su vasta y variada producción, ha dado lugar a la mayor variedad de aficiones, adhesiones, revisiones y adaptaciones. La grandeza de Peirce está fuera de duda, pero la elección de Morris como portavoz de la búsqueda de una teoría

¹⁴ Gonseth (1936) caracterizó la lógica como “la física del objeto cualquiera” y en lógica combinatoria, Curry y Feys (1967) establecían relaciones entre *obs.* (objetos sin determinar). Aun así en la lógica todavía no se ha alcanzado el último nivel de análisis antes de abandonar el lenguaje formalizado en que se desenvuelve.

¹⁵ Como los demás procedimientos de construcción de teorías, la construcción de modelos ha de satisfacer requisitos formales o de corrección, previos a los requisitos materiales o de adecuación. En la clasificación se intenta ir de los requisitos conjuntistas (precisos o borrosos) a la naturalidad (Álvarez, en preparación), en las definiciones de la coextensión y no circularidad a la realidad y la efectividad (Álvarez, 1983).

general de los signos o *Semiótica* es también una adquisición definitiva de nuestra tradición cultural. Desde la publicación en 1938 de su documento *Foundations of the Theory of Signs* (Morris, 1938), ha constituido la opción normalizada.

En ese lugar textual (Morris, 1938) se caracterizó la Semiótica como una teoría general de los signos con tres dimensiones fundamentales de análisis: la sintaxis, la semántica y la pragmática, ocupándose, respectivamente, de las relaciones de los signos entre sí, “de la relación de los signos con sus *designata* y, por ello, con los objetos que puedan denotar, o que de hecho denotan” (*Ibid.* p. 21), y de las relaciones de los signos con los sujetos que los emplean. Tres disciplinas que se ocupan de relaciones semióticas propiamente dichas porque incluyen signos, pero que dejan sin considerar otras que también los incluyen, como son las inversas de la relación signo-objeto y signo-sujeto a las que Morris ha reducido, respectivamente, los enfoques de la semántica y la pragmática. Desde Álvarez (1984, 1988, y otros) he venido señalando que relaciones semánticas son tanto la señalada por Morris, como su inversa, la relación objeto-signo a la que han de asociarse las condiciones materiales de la simbolización, la *incorporación* simbólica: los signos en sus soportes, principalmente cuerpos, como los que se materializan en reglas, relojes, discos, sistemas nerviosos, aparatos orgánicos, rostros, extremidades, etc. Por ello han de incluirse al lado de las relaciones signo-objeto, las relaciones inversas objeto-signo como segunda clase de relaciones semánticas¹⁶.

Pero la relación signo-objeto no es única, es más bien una clase de relaciones diferentes, como también lo es la relación objeto-signo. Aquella clase constituye el ámbito de la *asignación*. Respecto de la misma encontramos que se trata de varias relaciones como, por ejemplo, la de designación, la de denotación, la de referencia, la de representación y la de delegación (*proxying*) (Cfr. Bunge 1974, pp. 91 y ss.), entre las cuales la representación es una entre otras y, por tanto, la semántica de los modelos, si por ellos se entienden representaciones, no agota la semántica sin más. Aun así, lo que vale para la clase vale para los miembros y se presentará la relación de representación por la clase a la que pertenece, la relación signo-objeto, en adelante (σ, O) y su inversa (O, σ) . El desarrollo de la relación semántica directa se contempla como el producto cartesiano del conjunto $\{\sigma, O\}$ en que se basa consigo mismo, cuyos elementos son σ y O , es decir, $\{\sigma, O\}^2$, de la forma que sigue:

$\{\sigma, O\}^2$	Signo	Objeto
Signo	(σ, σ) I. Homologías estructurales	(σ, O) II. Representaciones satisfactorias
Objeto	(O, σ) III. Incorporaciones eficaces	(O, O) IV. Reproducciones adecuadas

Tabla 2

¹⁶ Se trata de una diferencia entre clases de relaciones: la relación de designación es una entre otras relaciones de signos a objetos. Las relaciones de la clase inversa son diferentes relaciones de objetos a signos, entre ellas la de incorporación. Otro tanto ocurre con las relaciones signo-sujeto que Morris identificó sin más con las relaciones pragmáticas, a las que deben añadirse las relaciones inversas sujeto-signo, a las que en los mismos lugares he denominado relaciones simbólicas. Pero éstas aquí no son indispensables.

3.2.1 Tipos I y II

En este planteamiento semiótico se está ya *dentro* de un universo en el cual las relaciones formales son ya sintácticas, mientras que en la consideración anterior de la relación de expresión las relaciones se consideraban entre objetos indeterminados. Las homologías estructurales son ahora relaciones homomórficas entre sistemas de signos. Los objetos no son simples *obs.* indeterminados, sino objetos en general (existentes en el espacio y el tiempo y sometidos a acciones causales). Los *obs.* adquieren aquí también la condición de signos. Las relaciones de signos a objetos no son sólo representativas (cfr. *supra*, también designativas, referenciales, etc.), pero entre ellas lo son las que interesan a esta tipología de modelos.

Supuesto que la forma de la idea de representación esta ya asumida en la relación de expresión, cuando se considera (interpreta) que la representación es la relación homomórfica entre (sistemas de) signos y (estructuras de) objetos nos encontramos en la segunda posición de la primera fila de la tabla donde la cosa expresiva son los sistemas de signos y la cosa expresada las estructuras de objetos *representadas* por aquéllos. Esta condición representativa es la que habilita el conocimiento por analogía — por razonamiento subrogatorio (Swoyer, 1991, 1995; Contessa, 2007) — como ya el propio Leibniz se preocupaba en señalar:

[...] sólo por la contemplación de las relaciones de aquello que expresa podemos llegar al conocimiento de propiedades que corresponden a la cosa que va a expresarse (Leibniz, 1678, p. 264)¹⁷.

Es aquí donde rige lo que con mucho acierto Esquisabel (2008, p. 14) ha denominado *principio de transferencia* “mediante el cual se puede pasar válidamente de las proposiciones verdaderas de uno a las correspondientes proposiciones del otro sin pérdida del rigor de la fundamentación”. Ahora bien, como este principio rige los razonamientos subrogatorios que, como tales, producen nuevos conocimientos a partir de otros habidos, los mismos deben ser tratados en otro estudio sobre modelos, teoría y explicaciones, que habrá de seguir al presente.

Más aun, es lo que deseo señalar aquí, la representación es la expresión, interpretada *satisfactoriamente*, en un campo determinado. Es costumbre referirse a los modelos semánticos como interpretaciones satisfactorias de teorías abstractas, es decir, interpretaciones que hacen verdaderos los axiomas de dichas teorías. (Cfr., por ejemplo, Bunge, 1976, pp. 448 y ss., donde se proporciona una miniteoría del orden parcial formulada en tres axiomas de reflexividad, antisimetría y transitividad, y ocho interpretaciones que hacen verdaderos, en otros tantos campos, dichos axiomas). Así, la condición de homomorfismo es satisfecha por la

¹⁷ Aunque el tema de la inferencia subrogatoria no es objeto de esta sección, ofrezco una caracterización precisa que suministra Esquisabel (inédito), a quien agradezco habérmelo enviado.

“Como tal, la inferencia subrogativa contiene al menos tres pasos fundamentales: en primer lugar se requiere que haya una traducción o transferencia, por decirlo así, de aspectos estructurales del objeto representado al sistema de representación; en segundo lugar se realiza una serie de operaciones y transformaciones dentro del sistema de representación y, en tercer lugar, se vuelven a transferir dichos resultados al objeto mismo. La eficiencia del sistema de representación consiste en que, mediante las operaciones con él y sobre él, es posible obtener como resultado final propiedades o comportamientos del objeto que no forman parte de las propiedades inicialmente representadas”.

interpretación que asigna números a los elementos de A y de B , operación multiplicación (\times) a A y suma ($+$) a B y a f la función *logaritmo*:

$$9) \quad \log_b : \langle A, \times \rangle \longrightarrow \langle B, + \rangle ,$$

tal que sea *verdad* que

$$10) \quad \forall a_i, a_j, \in A, [\log_b (a_i \times a_j) = \log_b (a_i) + \log_b (a_j)], \quad (i=1,2,\dots,n)$$

Los ejemplos formales (matemáticos, lógicos, etc.) son siempre muy socorridos, aunque reiterativos o informativamente casi nulos. A su vez, la noción de satisfacción es plural y no sólo es conmensurable con la verdad, sino también con la estabilidad de los sistemas (como se verá en el cuarto tipo de modelos, las reproducciones adecuadas, en la relación parte-todo con relación a órganos y piezas como “modelos satisfactorios”, llamados allí con propiedad *adecuados*). Es decir, la satisfactoriedad lo es siempre con relación a algún criterio claramente determinado. Limitándonos al contexto de la *asignación*, una representación es satisfactoria respecto de un criterio determinado, como pueda ser la verdad, la verosimilitud, determinados principios, etc.

La conocida representación de la selección natural por la selección artificial *El origen de las especies* (Darwin, 1876) ha sido estudiada en abundancia. La selección artificial es una representación satisfactoria de la selección natural respecto de los principios relativos a los mecanismos subyacentes, que son *los mismos*. Darwin lo expone así en el capítulo XV:

[...] En estado doméstico vemos mucha variabilidad producida, o por lo menos estimulada, por el cambio de condiciones de vida; pero con frecuencia de una manera tan oscura que estamos tentados a considerar las variaciones como espontáneas. La variabilidad está regida por muchas leyes complejas [...] La variabilidad no es producida realmente por el hombre; el hombre tan sólo expone, y sin intención, los seres orgánicos a nuevas condiciones de vida, y luego la naturaleza obra sobre la organización y la hace variar. Pero el hombre puede seleccionar, y selecciona, las variaciones que le presenta la naturaleza, y las acumula así de la manera deseada. Así el hombre adapta a los animales y plantas a su propio beneficio o gusto. Puede hacer esto metódicamente, o puede hacerlo inconscientemente, conservando a los individuos que le son más útiles o agradables, sin intención de modificar las castas. [...] Este proceso inconsciente de selección ha sido el agente principal en la formación de las razas domésticas más distintas y útiles.

No hay motivo alguno para que los principios que han obrado tan eficazmente en estado doméstico, no hayan obrado también en estado de naturaleza. (Darwin, 1876, pp. 410-411. *Cursivas añadidas*).¹⁸

Entre la escueta formulación de la representación logarítmica y la prolijidad de la analogía seleccionista, que considera satisfactoria la representación *endomórfica* de la selección natural por la artificial (del todo por la parte) no hay una diferencia de género, sino de *estilo*. Son de la misma naturaleza, si tomamos “naturaleza” en el sentido preciso en que exista una conexión intrínseca entre el modelo y lo representado. En el caso de la selección, la conexión intrínseca consiste en la identidad de los principios (mecanismos) subyacentes. La conexión (uso aquí la misma palabra que Leibniz en el texto citado a continuación) puede ser la transformabilidad de lo representado en lo representante, como en el caso de las expresiones

¹⁸ Cfr. Álvarez (2000, 2010)

naturales más fuertes. En (Leibniz 1678, p. 264) distingue entre expresiones basadas en la convención (*arbitrium*) y en la naturaleza.

Es evidente que unas expresiones tienen su fundamento en la *naturaleza*, pero otras se fundan, por lo menos en parte, en una *convención* (*in arbitrio*), como son las expresiones que se hacen mediante palabras o caracteres. Las que se fundan en la naturaleza postulan o bien una *semejanza*, como la que existe entre un círculo grande y uno pequeño o entre una región y el mapa de la región, o bien por lo menos alguna *conexión* como la que existe entre el círculo y la elipse que lo representa ópticamente, pues cualquier punto de la elipse responde a algún punto del círculo según una *ley determinada*. Realmente, *en tal caso el círculo estaría mal representado por una figura más semejante* (Cursivas añadidas)¹⁹.

Las citas no pueden ser argumentos de autoridad, pero sí incitaciones a la reflexión, como el texto acerca de la expresión comentado en el apartado 3.1. Este otro, perteneciente al mismo escrito, proporciona para el asunto de la representación una utilidad apreciable, si se hace un comentario libre.

Hay expresiones – y, por tanto, representaciones – naturales o necesarias y convencionales o arbitrarias. Las últimas son las propias del lenguaje oral o escrito caracterizado por signos discretos; por los ejemplos, las segundas parecen ser como las figuras espaciales (representantes o representadas) más bien continuas. De estas representaciones naturales unas se basan en semejanzas y otras en conexiones legales, siendo estas últimas más satisfactorias que las basadas en semejanzas, aunque – valga el juego de palabras – en estas el modelo y el objeto sean más “semejantes”. Quizás lo que Leibniz deseaba comunicar se aclararía con una distinción que se atribuye con frecuencia a Poincaré: “redondel es un concepto general, círculo es un concepto científico”²⁰. En el caso de la semejanza no existe una ley determinada según la cual un redondel dibujado represente un círculo, aunque pueda *parecerse* más al mismo que una elipse. Pero el círculo, una elipse de ejes iguales, comparte la naturaleza con ella como su caso particular. La semejanza es extrínseca, la conexión es intrínseca. En esquema:

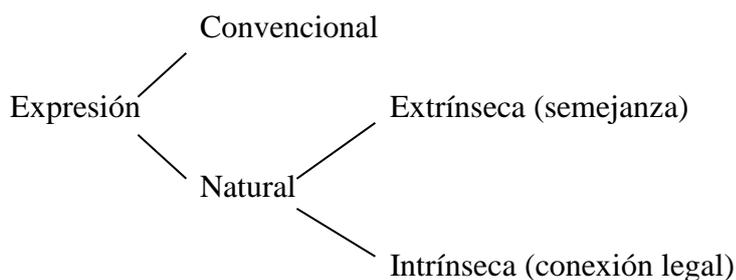


Figura 3

¹⁹ *Patet etiam expressiones alias fundamentum habere in natura, alias vero saltem ex parte fundari in arbitrio ut sunt expressiones quae fiunt per voces aut characteres. Quae in natura fundantur, eae vel similitudine aliquam postulant, qualis est inter circulum magnum et parvum, vel inter regionem et regionis tabulam geographicam; vel certe connexio qualis est inter circulum et ellipsin quae eum optice repraesentat, quodlibet enim punctum ellipseos secundum certam quandam legem alicui puncto circuli respondet. Imo circulus per aliam figuram similiorem in tali casu male repraesentaretur.* (Leibniz, 1678, p. 264).

²⁰ Puede que con esto ocurra como con la famosa presunta cita de Lord Acton sobre el poder y la corrupción, que se repita la cita y no se identifique su fuente. En cualquier caso puede ser útil.

El segundo tipo de modelo, las representaciones satisfactorias, tiene al menos la diversidad que figura en el esquema de la figura 3. La diversidad de la satisfactoriedad abunda ahora ordenadamente en la casuística con que se inició su consideración. Se puede ir adelante en ese desarrollo, y seguramente será interesante hacerlo, pero ahora debe atenderse a los tipos III y IV.

3.2.2 Tipos III y IV

Los tipos I y II están indicados en el desarrollo de la idea de representación por aquellas relaciones de $\{\sigma, O\}^2$ que llevan los signos en posición determinante (en el orden de lectura, a la izquierda), es decir, donde el otro término de la relación está subordinado al primero. En las relaciones sintácticas (relaciones homogéneas, de términos del mismo género) que están a la base de las homologías estructurales y en las semánticas (heterogéneas, signo-objeto), de la que nos interesan sobre todo las representativas, domina el término simbólico. En cambio, en la segunda fila de la tabla 2 las relaciones que figuran en las casillas llevan en posición determinante los objetos frente a los signos en las incorporaciones eficaces (relaciones heterogéneas) y unos objetos frente a otros (distintos o no) objetos (relaciones homogéneas). Si las relaciones de la primera fila remiten principalmente a contextos de predominio semiótico, las de esta segunda fila lo hacen a contextos biológicos y tecnológicos. Los apartados que siguen tienen la especial dificultad de que los conceptos básicos no gozan de una tradición analítica semejante a la concedida a los modelos de tipo I y II por la lingüística, las matemáticas y la filosofía de la ciencia. Por ello mismo, la necesidad de acuñarlos recurriendo a las disciplinas que se desarrollan en contextos biológicos y tecnológicos, tales como la genética, la morfología, la etología, las ciencias cognitivas, la arqueología, la informática, la teoría de la comunicación, supone un esfuerzo nuevo que aquí sólo puede entreverse.

3.2.2.1 Incorporación frente a asignación

Si el tipo II se configura en lo que puede llamarse semántica *representativa*, el tipo III lo hace en lo que se puede denominar semántica *incorporativa*. Bueno (Cfr. García Sierra, 2000, p. 95) caracterizó el materialismo por una condición restrictiva, a saber, la inexistencia de seres vivos incorpóreos. Esta misma condición puede aplicarse a los signos en el sentido de que todo signo está incorporado: aunque no se reduzca a cuerpo, está en un cuerpo. Dicho en negativo, no hay signos incorpóreos; otra cosa es qué consistencia o forma de existencia tengan los significados²¹.

Esferas de relojes en que *figuran* cifras, reglas de diversos materiales con rayas y números, pero también redes de cuerdas anudadas u ordenadores cuyos circuitos de estructura de interruptores incorporan el lenguaje máquina que hace *rodar* conjuntos de instrucciones que, a su vez, han servido para analizar las redes de cordeles anudados, todos estos productos de la técnica (artesanal o científico-industrial) son sistemas corpóreos que llamamos *incorporaciones eficaces* y que constituyen el tipo III de modelo.

²¹ En caso de que se considere un signo como un objeto bifacético o relacional, como el signo lingüístico de de Saussure (significante-significado), sería para el significante para lo que valdría la restricción de Bueno.

No podemos *inscribir* en un charco de agua marcas estables; sí, en cambio, en la nieve o en un banco de arena durante el tiempo que se mantenga la estabilidad de dichos cuerpos (mientras la nieve no se derrita o la arena no se derrumbe). En el centro del Sol o en el espíritu puro no hay semiosis, porque en los procesos de fusión nuclear de aquél o en la supuesta inmaterialidad de éste no se dan cuerpos suficientemente estables para que la misma tenga lugar. Una cierta estabilidad de los cuerpos es la primera condición necesaria de la incorporación de signos: la escritura exige determinada densidad de tinta y capacidad de absorción del papel o solidez de la piedra o de la arcilla, etc. La huella de una pisada es una marca en el suelo que se produce en determinadas condiciones de estabilidad, solidez y otras condiciones del mismo para que pueda ser un signo para “sujetos” de diversas especies. La marca que deja la pisada de un animal es el *efecto* de la extremidad pesada del caminante sobre un suelo de poca resistencia (en roca, hormigón o asfalto frío no se produciría).

Hay, pues condiciones estructurales y causales para que se produzcan signos que, como la marca de la pisada, el humo del fuego, o la fiebre en una enfermedad, se han llamado, respectivamente, huellas, indicios y síntomas, que caen en la tradición al uso bajo la denominación “signos naturales”. Estabilidad y causalidad son requisitos de unos *signos naturales* que no lo serían sin su recepción e interpretación por parte de unos animales para los cuales tienen valor adaptativo en el marco de un conocimiento causal.

[E]l conocimiento causal evolucionó respondiendo a las exigencias de un ambiente cambiante y crecientemente variable y [...] se apoyó en tres fundamentos cognitivos: una tendencia innata, movida por la curiosidad, de reconocer y categorizar los signos naturales y conectarlos causalmente a categorías covariantes extraídas de la memoria; una aptitud de representar simultáneamente en [...] la memoria operativa incipiente los signos percibidos y las categorías recordadas, y de inferir una conexión causal entre ellos; y una capacidad de incorporar las relaciones casuales en mapas cognitivos, como una forma de facilitar un rápido acceso durante la selección subconsciente del comportamiento. (Stuart-Fox, 2015, p. 250)

Que los efectos se conviertan en signos naturales depende de otros efectos que se producen en otros cuerpos, los de los homínidos (que también tendrían fiebre y la percibirían en sus conespecíficos). Percibirían estos, pues, la presencia del humo, de la fiebre, de las huellas, pero también en otros animales coloraciones, figuras, gestos, acciones, etc., es decir, todo el contenido perceptivo característico de lo que Portmann (Cfr. Álvarez, 185, pp. 124-128) llamó la exhibición o autoexposición (*Selbstdarstellung*) de unos animales ante otros. Son los propios animales en su morfología y su comportamiento cuerpos simbólicos para otros animales y, especialmente, para los descendientes de los homínidos que hoy se dedican a análisis como éste. La tradición darwinista atravesada hoy no sólo por la genética, sino también por las ciencias cognitivas (como manifiesta la cita anterior de Stuart-Fox) y otras como la Biosemiótica, que comenzó con la teoría del mundo ambiente (*Umwelt*) de Üexkull y continuó con la zoosemiótica de Sebeok, todas juntas insisten en este mundo simbólico asentado en cuerpos de toda clase. Y es que, en efecto, las incorporaciones simbólicas son tanto físicas y biológicas como tecnológicas, siendo las biológicas las más antiguas. Los signos naturales no son signos sino para animales que reaccionan, de forma acorde a su constitución, comportándose de maneras determinadas, es decir, con patrones de acción predotados o adquiridos.

Marcas en soportes físicos, rasgos variables en animales, comportamientos que afectan a conoespecíficos o alteroespecíficos, reacciones ventajosas o perjudiciales a lo percibido, todo ello acredita que hay cuerpos portadores, receptores, emisores y ejecutores de información incorporada en ellos. La incorporación de signos se realiza de diversas maneras, cuyo detalle merece un estudio pormenorizado que aquí no tiene cabida, pero que debe ser apuntado. En este apunte baste con señalar que así como en la semántica representativa la relación de representación era una entre otras relaciones que, con carácter general, pueden llamarse *asignaciones* (las que se apoyan en la forma genérica signo-objeto), aquí sobre la forma objeto-signo se apoyan variantes de la incorporación que se producen tanto en la naturaleza como en la técnica — signos naturales y signos artificiales — que son el objeto de la semántica *incorporativa*. En ella han de tomarse en consideración tanto los procesos biológicos como los tecnológicos de incorporación de signos.

Recientemente Poznic (2016), en un estudio de los modelos en ciencias e ingeniería, ha confrontado la relación de representación con la relación (o, mejor, procedimiento) de *diseño*. En una dirección (una *direction of fit*, expresión que toma de Searle), la dirección del vehículo a la diana (*target*) se establece la relación de representación; en la dirección opuesta, de la diana al vehículo, la (relación o procedimiento) de *diseño*. El planteamiento de Poznic deja, sin embargo, al margen las incorporaciones biológicas que, de ser integradas en el mismo, volverían a dejarnos afectados por el antiguo problema del diseño o finalidad en biología, que no es cuestión de abordar ni por principio ni por oportunidad en este estudio. Solo apuntar, para un desarrollo en otro lugar, que en el ámbito de la incorporación — tenidas en cuenta las incorporaciones biológicas y tecnológicas — puede distinguirse, respectivamente, entre la *adaptación* (principalmente el sentido ateleológico de exaptación) y el *diseño* (siempre teleológico): entre lo que *sirve para* y lo que se *hace para*.

Determinados productos de la técnica constituyen sistemas de información en los cuales estructuras físicas incorporan estructuras simbólicas en virtud de una relación expresiva (en el sentido de la sección 3.1). Los ordenadores digitales son sistemas tecnológicos en los cuales la estructura física de circuitos de interruptores incorpora el álgebra de Boole que hace funcionar la máquina siguiendo las “instrucciones” de un lenguaje binario (Cfr. Kaye, 1970). La ferretería incorpora la papelería — el *hardware* incorpora el *software*. Como máquinas que transforman energía en trabajo, los ordenadores se ajustan a la *eficiencia*; como máquinas que funcionan según algoritmos, se definen por la noción matemática de *efectividad*. Para conjugar la eficiencia y la efectividad me valgo del término “eficacia”, y califico como *incorporaciones eficaces* a los modelos de este tipo.

Una incorporación eficaz es un sistema corpóreo cuya estructura materializa al menos una estructura de datos. Beynon-Davies, (2007) ha aplicado conceptos contemporáneos como sistema de información, técnicas o tecnologías de la información a los resultados de estudios arqueológicos que revelan la existencia de sistemas de información anteriores a la escritura en la Antigua Sumeria (la “informática del paleolítico”: 8000 a 3000 AC) y en la civilización inca (C. 1200-1475). Los incas, que no disponían de escritura ni de la rueda, llegaron a construir un sistema de información cuyos elementos eran (1) una amplia y eficiente red de transporte, (2) un personal especializado, mensajeros que hacían carreras de relevo en las vías de la red y los

encargados de codificar y decodificar los mensajes contenidos en el *quipu*. (3) El quipu era una red o ensamblaje de cordeles, de algodón o lana, coloreados y con nudos, que servía para registrar los datos de un mensaje complejo (Figura 4). Al parecer el color, la conexión, la situación, la forma de los nudos y su posición relativa eran la base de la codificación realizada por los encargados del quipu. El ensamblaje completo de cuerdas en un quipu *incorpora* una estructura de datos²².

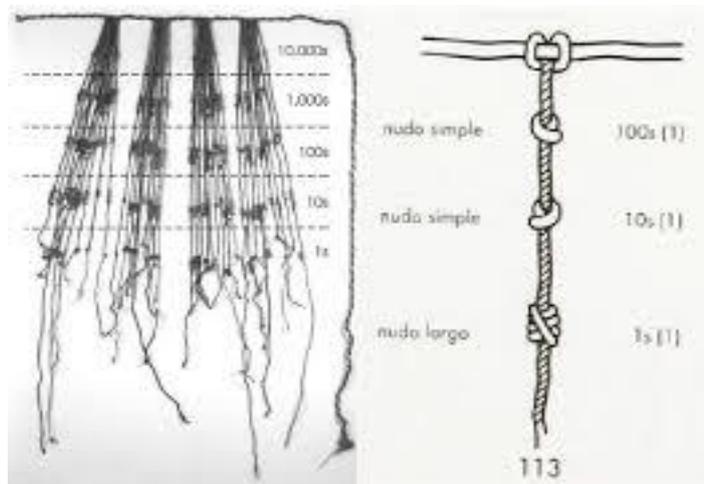


Fig. 4: Un quipu

El ordenador digital, un producto de la tecnología del siglo XX, es muestra patente y explícita de esta conjunción de relaciones, pero no hay que olvidar que las incorporaciones más antiguas fueron (y son, si se conservan) las producidas por la evolución biológica, en la que los organismos que poseían sistemas nerviosos de gran complejidad (muy eficientes) desarrollaron sistemas de comunicación resolutivos (efectivos), adquiriendo así la condición de incorporaciones eficaces.²³ Hay, por tanto, incorporaciones naturales y artificiales²⁴.

²² No me extiendo más en el quipu, objeto estudiado extensamente y repetidas veces, e interpretado de maneras diversas, pues queda pendiente para un estudio más detallado sobre el mismo y el ordenador digital como incorporaciones eficaces (Álvarez, en curso).

²³ Los biosemióticos, especialmente la escuela de Copenhague y en particular Hoffmeyer, sostienen la existencia en los organismos de una *doble codificación*: digital la del código genético y analógica la del organismo. Así resume Hoffmeyer la cuestión: “[...] el ADN no contiene la clave de su interpretación [...] El interpretante del mensaje del ADN está enterrado en el citoesqueleto del huevo fecundado (y del embrión en crecimiento), que, a su vez, es producto de la historia, esto es, de los miles de millones de hábitos moleculares adquiridos a través de la evolución de la célula eucariota (Margulis 1981) [...] Por tanto, la vida muestra una interacción no trivial, esto es, semiótica entre dos estados, el estado analógicamente codificado del propio organismo y su redescipción en el código digital.” (Citado en Álvarez, 2007, p. 238). Posteriormente, la teoría de la doble codificación ha sido criticada como una simplificación desde la teoría de códigos orgánicos, desarrollada por Barbieri, que intercala entre el código genético y el código lingüístico varios niveles de códigos orgánicos. (Cfr. Barbieri, 2003)

²⁴ La dicotomía natural/artificial (convencional, tecnológico) tiene aquí otro sentido del que se desprende del texto de Leibniz (vid. supra) referente a la representaciones basadas en la naturaleza. El círculo y la elipse comparten la naturaleza de la segunda, y ambos comparten la naturaleza de las cónicas con la parábola y la hipérbola; el redondel y el círculo, sin embargo, no comparten la misma naturaleza que es la que se conserva respecto de ciertas transformaciones (leyes, en la terminología de Leibniz): no hay ninguna transformación que convierta un redondel en un círculo.

3.2.2.2 Reproducción frente a homología

Los modelos de tipo IV se oponen diagonalmente (en la tabla 2) a los de tipo I. Las reproducciones adecuadas son objetos corpóreos que guardan con otros una relación homomórfica. Un ejemplo fácilmente evocable es la maqueta de una edificación, por ejemplo, de una casa. Supongamos que encargamos a un arquitecto el proyecto de una vivienda y que éste no se limita a presentar el volumen encuadrado de documentos que suele componerlo, sino que con gesto de complacencia nos entrega una maqueta. La enciclopedia más popular en la actualidad – la *Wikipedia* – presenta la siguiente definición de maqueta arquitectónica:

Una *maqueta arquitectónica* es una representación física a escala reducida de una edificación, proyecto urbano, o partes del mismo.

Nuestro arquitecto nos obsequia la maqueta como anticipo de la casa, por lo que resulta un tanto problemático considerarla “una representación física” de la casa, por otra parte aun inexistente. No sería un *modelo de*, sino más bien un *modelo para*²⁵ la (construcción de) la casa: la forma corpórea de una norma de acción. Construida la casa, entonces podría plantearse que ésta fuera una reproducción adecuada de la maqueta, aunque esta no es nuestra manera corriente de hablar. Conviene, además, precisar la existencia de tres elementos en juego en, y modificar la terminología de, la definición citada.

Los elementos son tres: el proyecto, la maqueta y el edificio. Entre esos términos existen las relaciones del proyecto a la maqueta y de la maqueta a la casa. El proyecto es un documento referido a un objeto en el campo de la asignación, en concreto, una *representación* de algo que no existe, es decir, que sólo impropriadamente es una representación²⁶. La maqueta se hace de acuerdo con el proyecto, es una primera *incorporación* del proyecto; el edificio se construye también de acuerdo con el proyecto, es una segunda *incorporación* del mismo. La relación de maqueta y edificio no tiene lugar, como reproducción, hasta construidos ambos²⁷. En esquema:

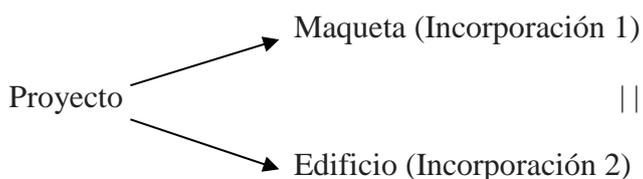


Figura 5

donde “|” significa “reproduce a”. En este caso se trata de una reproducción a escala, que suele llamarse modelo a escala o reducido. No sólo se reduce el tamaño, sino también la

²⁵ No entraré aquí en esta distinción que tiene que ver con dos normatividades diferentes que he tratado en otro lugar: la normatividad *metodológica* y la normatividad *tecnológica* (Cfr. Álvarez, 1994).

²⁶ Oscar Esquisabel me advierte que la maqueta realmente no representa en el sentido del *stare pro aliquo*, y me indica la oposición entre *Vorstellung* y *Darstellung*, así como la representación teatral que es una ejecución (*performance*) de algo, no una representación de algo.

²⁷ En su concepto de *representación indirecta*, Poznic (2016) utiliza también un esquema trimembre: descripción del modelo, sistema modelo y modelo diana. Entre los primeros dos establece una relación de *especificación* (que termina por asimilar a diseño) y entre los últimos dos la de *representación*.

cantidad de información, aunque esto es poco preciso²⁸. Por una parte, la relación entre maqueta y edificio es una relación *morfológica* y, por otra, una relación de todo a todo (maqueta entera-edificio entero).

Una pieza o recambio de una máquina, por ejemplo, la bomba de desagüe de una lavadora o el carburador de un cortacésped, puede ser original o no “del modelo”, pero si no lo fuera y pudiera adaptarse y mantener con su acoplamiento el funcionamiento *adecuado* (normal) de la máquina, diríase que es una reproducción parcial adecuada de la máquina (la relación pieza-máquina es de parte a todo), pero no es (totalmente) morfológica, sino *funcional*.

Se desprende de estas consideraciones que hay dos oposiciones pertinentes a tener en cuenta. La oposición *parcial/total* y la oposición *morfológica/funcional*. A diferencia de las incorporaciones, donde la evolución biológica y la historia humana muestran que las más antiguas son las biológicas, en las reproducciones las más antiguas son también algunas biológicas como la descendencia específica y la lactancia entre especies diferentes, más recientes las artesanales y las tecnológicas propiamente dichas, contemporáneas recientes las médicas (los trasplantes de órganos) y en el futuro no muy lejano la fabricación por impresión tridimensional de prótesis e incluso de tejidos y hasta de órganos.

Las reproducciones biológicas más antiguas, en la relación todo-todo, son los resultados de los procesos de reproducción de los organismos, caracterizados por la *generatio univoca*, donde la adecuación se define por la *conservación de la especie*²⁹ y los rasgos genotípicos y fenotípicos de los genitores. Las reproducciones biológicas más recientes, en esta relación todo-todo, tienen buen ejemplo en la clonación de la oveja Dolly (1996), reproducción adecuada hasta su muerte en 2003, cuya adecuación se cuestiona por una viabilidad reducida. Los organismos modelo son de utilización reciente y cada vez más continuada, en tanto que microbios, plantas o animales permiten estudiar procesos biológicos determinados de otros organismos en los que restricciones técnicas o éticas impiden la experimentación³⁰.

En la relación parte-todo la lactancia subrogada de una especie a otra (la loba de Roma o la más humilde leche de cabra) es muy antigua. Mucho más recientes son las transfusiones

²⁸ Depende del nivel detalle que contenga el proyecto, y la escala de la maqueta. En la casa terminada la tornillería puede ser de estrella o ranura, de cabeza hexagonal o Allen, etc., pero está claro que este nivel de detalle no se *incorpora* en la maqueta.

²⁹ Lo que se manifiesta en el concepto de especie definida en términos del proceso de reproducción y que se asocia sobre todo a Mayr: dos individuos (de sexos diferentes) pertenecen a la misma especie si dejan descendencia viable y fértil. Esta definición no sólo es anterior a Mayr, sino a la teoría darwiniana. Para el (o los) concepto(s) de especie en Mayr, cfr. de Queiroz (2005). Con el fin de extender este criterio a la reproducción por duplicación, ya en los años 70 del siglo pasado Pratt (1976) sugirió que se definan las especies como grupos cuyos miembros poseen genotipos donde los genes homólogos sean sustituibles entre sí, sin que se altere la viabilidad de los organismos resultantes: “dos genotipos de la misma especie se parecen entre sí hasta el punto de que en general cualquier gen de uno podría sustituir el gen correspondiente del otro formando un genotipo que produciría un organismo viable” (*Ibid.*, p. 357).

³⁰ Si se repara bien, lo reciente es el nombre, aunque la realidad es antigua. Los catadores de comida de los reyes y emperadores fueron un caso muy conocido, donde las razones que ahorraban los riesgos a los destinatarios “reales” no eran éticas, sino políticas. Por otro lado, la experimentación en humanos no ha sido tan escasa como fuera deseable — salvada la voluntaria por motivos altruistas.

de sangre, las prótesis y los trasplantes de órganos (el más sonado, de corazón, por Barnard data de 1967; el de riñón de 1936). En estos casos la adecuación se define como *viabilidad*.

En la tabla 3 se resume la combinatoria de dichas dicotomías, en la cual se despliega el tipo IV en ocho subtipos:³¹

REPRODUCCIONES	TOTALES	PARCIALES	REPRODUCCIONES
MORFOLÓGICAS	Modelos anatómicos globales	Implantes y corsés	BIOLÓGICAS
MORFOLÓGICAS	Maquetas	Piezas, modelos anatómicos parciales	TECNOLÓGICAS
FUNCIONALES	Clones, Organismos modelo	Órganos y prótesis	BIOLÓGICAS
FUNCIONALES	Troqueles, moldes, impresoras 3D	Recambios	TECNOLÓGICAS

Tabla 3

4. Conclusiones

Dos partes del análisis deben reflejarse sintéticamente en estas conclusiones. La primera comprende la exposición del concepto de la relación de modelo como una relación analógica de proporcionalidad. En este sentido, se hizo hincapié en que, aunque la denominación es de factura histórica reciente (alcanza su apogeo en el siglo pasado y continúa en el presente), la idea tiene una antigua y larga historia que procede de Aristóteles, se acrecienta en la teoría escolástica de la analogía y se manifiesta de forma destacada en la teoría leibniziana de la expresión. Como han señalado numerosos y excelentes estudios, esta última tiene en el filósofo de Hannover un carácter general puesto que atraviesa todas las dimensiones de su filosofía, no limitándose a los aspectos formales — claro que en Leibniz esta distinción es artificiosa y falsaria.

La idea leibniziana de expresión, libremente interpretada como analogía de proporcionalidad, permite formular la relación de modelo como una relación entre cuatro términos donde algo es modelo de una cosa (expresada) si y sólo si existe en ese algo (cosa expresiva) relaciones que corresponden unívocamente, conservando la estructura de las mismas, a las relaciones existentes en la cosa expresada. En terminología más al uso se diría que la relación de expresión es al menos la de homomorfismo. A este punto condujo la revisión de la relación de modelo.

³¹ La utilidad de una clasificación es siempre relativa a una escala de análisis y su detalle no debe extenderse más allá de lo razonable. La clasificación de un conjunto A de elementos a_i en subconjuntos unitarios $\{a_i\}$, basada en una información exhaustiva acerca de los a_i , es correcta, pero informativamente inútil. Esto se tratará próximamente en Álvarez (en preparación).

Una vez alcanzada esta caracterización, atendida también la relación entre expresión y representación, se hizo énfasis en que existe una tendencia bastante generalizada a entender la relación de modelo como una relación de representación. Tomada en serio esta asimilación, se procedió a desarrollar internamente, en un marco semiótico, la propia idea de representación. Ello condujo a distinguir, en primer lugar, en las relaciones semánticas entre el ámbito de la *asignación* (determinado por las relaciones de tipo signo-objeto, entre las cuales se encuentra la de representación a la que se asimila las más de las veces la de modelo) y el de la *incorporación* (determinado por las relaciones de tipo objeto-signo, en la medida en que todo signo se realiza material y sobre todo corpóreamente), un ámbito igualmente semántico. De dicho desarrollo de la relación de representación se obtiene una tipología cuadripartita de modelos.

Dos tipos están ligados principalmente al conjunto de las ciencias semióticas y las filosofías correspondientes. El primero, las homologías estructurales, establece las condiciones formales de toda relación de modelo en consonancia con la idea de analogía desarrollada en la primera parte. El segundo, las representaciones satisfactorias, recoge ahora fundadamente la noción de representación acotada en el ámbito de los procedimientos de interpretación y en relación con la verdad. Los tipos tercero y cuarto, en contraste con los dos anteriores, son más propios de contextos biológicos y tecnológicos, que de los lógicos y epistemológicos.

El tipo tercero, las incorporaciones eficaces, tiene que ver con las diversas formas en que los signos se realizan en organismos y artefactos, brindando así una segunda perspectiva semántica sin la cual la primera — la representativa — carecería de base material apropiada. En el ámbito de la incorporación se transita desde la historia natural a la historia cultural (tecnológica) de la semántica. La adscripción del predicado “eficaz” a los modelos de este tipo (las incorporaciones) combina su condición de sistemas eficientes (transformadores de energía en trabajo) con la efectividad de los sistemas resolutivos (incluso algorítmicos en algunos casos) de signos materialmente realizados. Finalmente, el cuarto tipo, las reproducciones adecuadas, introduce una perspectiva diagonalmente opuesta a la del primer tipo, en la cual se da la distinción entre *modelo de* y *modelo para* — respectivamente, normatividad metodológica y normatividad tecno-lógica — respecto de entidades biológicas y tecnológicas de diferente historia y complejidad. Se culmina este enfoque con la presentación de ocho subtipos de las reproducciones adecuadas, de acuerdo con tres oposiciones: parcial/total, morfológica/funcional y biológica/tecnológica.

Anexo:

Se reproduce a continuación el texto latino del opúsculo *Quid sit idea* de Leibniz, tal como aparece en la edición de Gerhardt, volumen VII (Cfr. la bibliografía), con los números de página incluidos.

III

Quid sit Idea

[263] Ante omnia (autem) Ideae nomine intelligimus aliquid, quod in mente nostra est; vestigia ergo impressa cerebro non sunt ideae, pro certo enim sumo Mentem aliud esse quam cerebrum aut subtiliorem substantiae cerebri partem.

Multa autem sunt in mente nostra, exempli causa cogitationes, perceptiones, affectus, quae agnoscimus non esse ideas, etsi sine ideis non fiant. Idea enim nobis non in quodam cogitandi actu, sed facultate consistit, et ideam rei habere dicimur, etsi de ea non cogitemus, modo data occasione de ea cogitare possimus.

Est tamen et in hoc difficultas quaedam, habemus enim facultatem remotam cogitandi de omnibus, etiam quorum ideas forte non habemus, quia facultatem habemus eas recipiendi; idea ergo postulat propinquam quandam cogitandi de re facultatem sive facilitatem.

Sed ne hoc quidem sufficit, nam qui methodum habet quam si sequatur ad rem pervenire possit, non ideo habet ejus ideam. Ut si ordine enumerem Coni sectiones, certum est me venturum in cognitionem Hyperbolarum oppositarum, quamvis nondum earum ideam habeam. Necesse est ergo esse aliquid in me, quod non tantum ad rem ducat, sed etiam eam exprimat.

Exprimere aliquam rem dicitur illud, in quo habentur habitudines, quae habitudinibus rei exprimendae respondent. Sed eae expressiones variae sunt; exempli causa, modulus Machinae exprimit machinam ipsam, scenographica rei in plano delineatio exprimit, solidum, oratio exprimit cogitationes et veritates, characteres exprimunt. numeros, aequatio Algebraica exprimit circulum aliamve flguram: et quod expressionibus istis commune [264] est, ex sola contemplatione habitudinum exprimentis possumus venire in cognitionem proprietatum respondentium rei exprimendae. Unde patet non esse necessarium, ut id quod exprimit simile sit rei expressae, modo habitudinum quaedam analogia servetur.

Patet etiam expressiones alias fundamentum habere in natura, alias vero saltem ex parte fundari in arbitrio ut sunt expressiones quae fiunt per voces aut characteres. Quae in natura fundantur, eae vel similitudine aliquam postulant, qualis est inter circulum magnum et parvum, vel inter regionem et regionis tabulam geographicam; vel certe connexio qualis est inter circulum et ellipsin quae eum optice repraesentat, quodlibet enim punctum ellipseos secundum certam quandam legem alicui puncto circuli respondet. Imo circulus per aliam figuram similiorem in tali casu male repraesentaretur. Similiter omnis effectus integer repraesentat causam plenam, possum enim semper ex cognitione talis effectus devenire in cognitionem suae causae. Ita facta cujusque repraesentant ejus animum, et Mundus ipse quodammodo repraesentat DEUM. Fieri etiam potest ut ea sese mutuo expriment quae oriuntur ab eadem causa, exempli causa gestus et sermo. Ita surdi quidam loquentes non ex sono, sed ex motu oris intelligunt.

Ideam itaque rerum in nobis esse, nihil aliud est, quam DEUM, autorem pariter et rerum et mentis, eam menti facultatem cogitandi impressisse, ut ex suis operationibus ea ducere possit, quae perfecte respondeant his quae sequuntur ex rebus. Etsi itaque idea circuli non sit circulo simili tamen ex ea veritates duci possunt, quas in vero circulo experientia haud dubie esset confirmatura.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, J.R. (1983). El valor de las definiciones. *Contextos*, I, 1, 1983, pp. 129-152. Accesible en <http://www.revistacontextos.es/web1983/06JRAAlvarez.pdf> (Consultado 18/04/2017).
- (1985). Fenomenologías, ontologías y metodologías biológicas, *Contextos*, III/6, 1985, pp. 115-150) Accesible en https://www.researchgate.net/publication/283569533_Fenomenologias_ontologias_y_metodologias_biologicas (Consultado, 04/05/2017)
- (1988). *Ensayos metodológicos*, León: Universidad de León. Accesible en <http://www.revistacontextos.es/7Ensayosmetodologicos.pdf> (Consultado en 19/04/2017).
- (1994). Normatividad metodológica y normatividad tecnológica, LUGO, E., HUYKE, H.J. y FREY, W. (Eds.), *Actas del 2do. Congreso Interamericano de Filosofía de la Tecnología*, Mayagüez: Universidad de Puerto Rico, pp. 201-216. Accesible en https://www.researchgate.net/publication/303173280_Normatividad_metodologica_y_normatividad_tecnologica (Consultado 02/02/2018)
- (2000). Analogías darwinianas: modelos y/o metáforas, en MORA, M.S. et al. (2000): *Actas del III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia*, San Sebastián: Universidad del País Vasco, pp. 331-341.
- (2007). Semiotización de la naturaleza y naturalización de la cultura. Un quiasmo en el pensamiento biológico, en Coca, J.R. (comp.). (2007) *Varia biológica. Filosofía, ciencia y tecnología*, León: Universidad de León, pp. 221-260. Accesible en https://www.researchgate.net/publication/43164191_Semiotizacion_de_la_naturaleza_y_naturalizacion_de_la_cultura_Un_quiasmo_en_el_pensamiento_biologico (Consultado 04/05/2007).
- (2010), La selección natural: lenguaje, método y filosofía, *Éndoxa*, 24, 2010, pp. 91-122. Accesible en <http://revistas.uned.es/index.php/endoxa/article/view/5356/5165>. (Consultado 02/02/2018).
- (2011). Metodología de la ciencia: Tratados, manuales y textos, en BESTANI, R. et al. (Comp.), *Textos, autores y bibliotecas*, Córdoba: Universidad nacional de Córdoba, 2011, pp. 453-467. Accesible en https://www.researchgate.net/publication/286449486_Metodologia_de_la_ciencia_tratados_manuales_y_textos (Consultado 19/04/2017).
- (2016). Gea y Clío: Notas metodológicas sobre Geografía e Historia, accesible en https://www.researchgate.net/publication/311848098_Gea_y_Clio_Notas_metodologicas_sobre_Geografia_e_Historia (Consultado 29/04/2017).
- (2017). Evolución biológica y evolución cultural: una analogía propia. A propósito de la teoría de Martin Stuart-Fox, *Scripta Philosophiae Naturalis*, 11 (2017), pp. 29-48. Accesible en <https://scriptaphilosophiaenaturalis.files.wordpress.com/2017/01/juan-ramc3b3n-c3a1lvarez-evolucionc3b3n-biolc3b3gica-y-evolucionc3b3n-cultural-una-analogc3ada-propia-a-propoc3b3sito-de-la-teorc3ada-de-martin-stuart-fox2.pdf> (Consultado 19/04/2017)
- (En curso). El quipu andino y el ordenador digital: incorporaciones eficaces.
- (En preparación). Las clasificaciones: de la corrección a la naturalidad.
- BARBIERI, M. (2003): *The Organic Codes. An Introduction to Semantic Biology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- BEYNON-DAVIES, P. (2007). Informatics and the Inca, *International Journal of Information Management* 27 (2007), pp. 306–318. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2007.05.003.
- BUENO, G. (1976): *Estatuto Gnoseológico de las Ciencias Humanas*, 6 volúmenes mecanografiados y policopiados, Oviedo. Accesible en <http://fgbueno.es/gbm/egch.htm>
- , HIDALGO, A. e IGLESIAS, C. (1987). *Symploké. Filosofía (3º Bachillerato)*, Madrid: Júcar.
- BUNGE, M. (1973). *Method, Model and Matter*, Dordrecht: D. Reidel, 1973.

- (1974). *Treatise on Basic Philosophy*. Vol. I. *Semantics: I Sense and Reference*, Dordrecht: D. Reidel. Traducción española de Rafael González del Solar, Barcelona: Gedisa, 2008.
- (1975). *Teoría y realidad*, traducción de J.L. García Molina y J. Sempere, 2ª edición, Barcelona: Ariel.
- (1976). *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía*, traducción de Manuel Sacristán, 3ª edición, Barcelona: Ariel.
- CARTWRIGHT, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*, Oxford: Clarendon Press.
- CONTESSA, G., 2007, Scientific Representation, Interpretation, and Surrogative Reasoning, *Philosophy of Science*, 74(1): 48–68. doi:10.1086/519478..
- CURRY, H.B. y FEYS, R. (1967). *Lógica combinatoria*, traducción de Manuel Sacristán, Madrid: Tecnos.
- DEBUICHE, V. (2009). La notion d'expression et ses origines mathématiques, *Studia Leibnitiana*, 2009, 41 (1), pp.88-117. Accesible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00984103/document> (Consultado 18/04/2017).
- DE QUEIROZ, K. (2005). Ernst Mayr and the modern concept of species, *PNAS.*, May 3, 2005, vol. 102, suppl. 1, pp.6600-6607. Accesible en http://www.pnas.org/content/102/suppl_1/6600.full (Consultado 05/05/2017)
- ESQUISABEL, O.M. (2008). Leibniz y el concepto de analogía, *Revista de Filosofía y Teoría Política* (Universidad de la Plata), 39, (2008), pp. 11-29. Accesible en <http://www.rfytp.fahce.unlp.edu.ar/article/view/RfYTPn39a01/3410>. (Consultado 02/02/2018),
- (2016). Perspectivism, Expression, and Logic in Leibniz. A Foundational Essay. En X. Internationales Leibniz-Kongresses “Für unser Glück oder das Glück Anderer” (Hannover, 18.-23 Juli 2016), Hannover, Georg Olms, 2016, Bd. III, pp. 73-88. ISBN 978-3-487-15430-5. Preprint accesible en https://www.academia.edu/30197392/Perspectivism_Expression_and_Logic_in_Leibniz_A_Foundational_Essay_Preprint_En_X_Internationales_Leibniz-Kongresses_F%C3%BCr_unser_Gl%C3%BCck_oder_das_Gl%C3%BCck_Anderer_Hannover_18.-23_Juli_2016_Hannover_Georg_Olms_2016_Bd._III_pp._73-88._ISBN_978-3-487-15430-5 (Consultado 08/05/2017).
- (inédito). Expresión y representación semiótica: fundamentos metafísicos de la teoría leibniziana del signo. (Utilizado con autorización del autor)
- FERNÁNDEZ BUEY, F. (1991). *La ilusión del método. Ideas para un racionalismo bien temperado*, Barcelona: Crítica.
- FRIGG, R. Y HARTMANN, S. (2012). Models in science, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, accesible en <https://plato.stanford.edu/entries/models-science/> (Consultado 18/04/2017).
- GARCÍA SIERRA, P. (2000), *Diccionario de Filosofía*, Oviedo: Pentalfa.
- GONSETH, F. (1936). La logique en tant que physique de l'objet quelconque, unitary científica *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique, VI Philosophie des mathématiques*, Actualités scientifiques et industrielles 393, Hermann & Cie, Paris 1936, pp. 1–23.
- HERRERA CASTILLO, L.E. (2012). La expresión como función. Sobre el carácter funcional del concepto de expresión en G. W. Leibniz, *Revista de Filosofía* (Univ. De Costa Rica), LI (129-131), pp. 263-271, Enero-Diciembre 2012. Accesible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/filosofia/article/view/13139> (Consultado 06/05/2017).
- HOFFMEYER, J. & EMMECHE, C. (1991): “Code-Duality and the Semiotics of Nature”, en MYRDENE, A. & MERRELL, F.(Eds.) (1991) *On Semiotic Modelling*. New York: Mouton de Gruyter, 117-166.
- KAYE, D. (1970). *Sistemas booleanos*, traducción de Guillermo Fleitas Morales, Madrid: Alhambra.
- KULSTAD, M.A.(1977). Leibniz's Concept of Expression, *Studia Leibnitiana* 9, 1, (1977), pp. 55-76.
- LEIBNIZ, G.W. (1678). Quid sit idea (C. J. GERHARDT, G. W. LEIBNIZ, *Die philosophischen Schriften*, Hildesheim, Georg Olms, Vol. VII, 263-264). Traducción española en LEIBNIZ, G.W., *Escritos filosóficos*, edición de Ezequiel de Olaso, (1982) Buenos Aires: Charcas.
- MORRIS, C. W. (1938). *Foundations of the Theory of Signs*, *International Encyclopedia of Unified Science*, Volume 1, Number 2, Chicago: University of Chicago Press

- POZNIC, M. (2016). Modeling Organs with Organs on Chips: Scientific Representation and Engineering Design as Modeling Relations, *Philosophy & Technology*, December 2016, Volume 29, Issue 4, pp 357–371.
- PRATT, V. (1976). Biological classification, en GRENE, M. y MENDELSON, E. (Eds.) (1976, *Topics in the Philosophy of Biology*, Dordrecht: D. Reidel, pp. 372-395.
- SOTO BRUNA, M.J. (1994). *Expresión. Esbozo para la historia de una idea*, Pamplona. EUNSA.
- STUART-FOX, M. (2015). The origins of causal cognition in early hominins, *Biology and Philosophy* (2015) 30, pp. 247–266.
- SWOYER, C. (1991). Structural Representation and Surrogate Reasoning, *Synthese*, 87(3): 449–508. doi:10.1007/BF00499820
- (1995). Leibnizian Expression, *Journal of the History of Philosophy*, 33 (1) (1995), pp. 65-99.

* * *

Juan Ramón ÁLVAREZ
Instituto de Humanismo y Tradición Clásica
Universidad de León (España)
jralvarezb@gmail.com