Avatares de la forma II.
Tópicos del Seminario, 43.
Enero-junio 2020, pp. 183-212.

Topología: vecindad entre matemáticas y filosofía. Introducción a la entrevista con Luciano Boi

Arturo Romero Contreras
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Aquí está sobre mi mesa de ¿trabajo? la botella de Klein que busqué por más de veinte años de ¿trabajo? Mi mente trabajada no puede más, siguiendo las curvas del palíndroma de cristal. ¿Eres un cisne que se hunde el cuello en el pecho y se atraviesa para abrir el pico por la cola? Me emborracho mentalmente gota a gota con la clepsidra que llueve lentamente sus monosílabos de espacio y tiempo. [...] Trompa gigante de Falopio. Corno de caza que me da el toque de atención al silencio, cuerno de la abundancia vacía, cornucopia rebosante de nada… Víscera dura que desdice la vida diciendo soy útero y falo, la boca que dice estas cosas: soy tu yo de narciso inclinado a su lirio, tu dentro y tu fuera, abierto y cerrado, tu liberación y tu cárcel, no bajes los ojos ¡mírame! [...] Por ahora empuño la botella de Klein. La empuñas pero no la empinas. ¿Cómo puedo beber al revés? Tienes miedo en pie como falso suicida, jugando metafísico el peligroso juguete en tus manos, revólver de vidrio y vaso de veneno… Porque tienes miedo de beberte hasta el fondo, miedo de saber a qué sabe tu muerte, mientras te crece en la boca el sabor, la sal del dormido que reside en la tierra…

Juan José Arreola, *La botella de Klein*

> *El problema no es tanto el de saber cómo hemos llegado, sino simplemente reconocer que hemos llegado, que estamos aquí: no hay un espacio, un bello espacio, un bello espacio alrededor, un bello espacio alrededor de nosotros, hay cantidad de pequeños trozos de espacios, y uno de esos trozos es un pasillo de metro, y otro de esos trozos es un jardín público; otro (aquí entramos rápidamente en espacios mucho más particularizados), de talla más bien modesta en su origen, ha conseguido dimensiones colosales y ha terminado siendo París [...] En resumidas cuentas, los espacios se han multiplicado, fragmentado y diversificado. Los hay de todos los tamaños y especies, para todos los usos y para todas las funciones. Vivir es pasar de un espacio a otro haciendo lo posible para no golpearse.*
>
> Georges Perec*, Especies de espacios*

> *A la pregunta sobre cómo caracterizar el espacio, si se dejan de lado los conceptos de forma, materia y vacío, Chillida responde: "Sobre todo el límite, sin el cual no se daría la forma, ni desde luego es espacio. El límite es el protagonista del espacio. Igual que ese punto que es el presente, aplastado entre el pasado y el futuro.*
>
> Georges Perec*, Diálogo con Víctor Gómez Pin*

Presentación

Este texto es una introducción crítica a las tres conversaciones que sostuve en París, en el verano de 2017, con el matemático y filósofo Luciano Boi. En este volumen de *Tópicos* se presenta una traducción de la primera mitad de la entrevista junto con ilustraciones y aclaraciones orientadas a hacer más comprensibles los conceptos matemáticos a los que se recurre constantemente. El tema central es la topología, en el sentido más amplio posible. Cercano a la obra de René Thom, Boi ha estudiado la topología y sus relaciones con campos muy diversos, como la filosofía, el arte y la ciencia. Sin embargo, a diferencia de aquél, interesado en el ámbito matemático de las superficies, la teoría de singularidades y el cobordismo, Boi ha explorado, adicionalmente, la teoría de nudos, diversos espacios no-euclidianos y la topología algebraica. Thom emprendió el ambicioso proyecto de una hermenéutica topológica, otorgando una singular importancia al camino que conduce hacia la semiótica. En el caso de Boi, la topología no envía necesariamente a modelos de tales o cuales fenómenos, sino a la operación efectiva de las formas en contextos muy diversos. La forma se encuentra siempre instanciada. Pero este ir de caso en caso termina por mostrar que las formas son diagonales a los registros del ser. Para Boi no hay formas o estructuras que se apliquen exteriormente sobre un sustrato o materia prima, en el sentido aristotélico del término. En el caso de la topología es el espacio mismo lo que adquiere forma; es el espacio mismo plegándose lo que da lugar a la morfogénesis en el arte, como en la naturaleza, en las moléculas, como en los cristales. Esta idea se aparta del estructuralismo, que no veía en la forma sino una idealidad impuesta de manera no-esencial sobre una realidad indeterminada o *tabula rasa*.

En la época en la que Thom escribe el giro lingüístico estaba en su culmen y resultaba necesario mostrar que el lenguaje no remite solamente a elementos discretos (significantes), ni debe comprenderse únicamente como una estructura combinatoria (algebraica), sino que éste presenta también elementos geométricos (elementos de forma —especialmente topológicos— y no meramente formales), elementos del *continuum* (y por tanto de la topología) y elementos dinámicos (recordemos que la topología es hoy esencial en la comprensión de la teoría de los sistemas dinámicos y que la misma teoría de las catástrofes de Thom es un desarrollo de aquella).[1] Sin embargo, lo que el estructuralismo

[1] Extendiendo el programa de Thom que vincula lenguaje y geometría, se encuentra Jean Petitot, interesado en desarrollar un estructuralismo dinámico. La formalización de estructuras semióticas a partir de la topología lo condujo, después, al área de las neurociencias. Es ahí donde ha contribuido al desarrollo

y el posestructuralismo postularon como su ley fundamental: la diferencia posicional de elementos, como lo hiciera Saussure, o la permutación de elementos dentro de estructuras finitas y discretas, como lo hiciera Lévi-Strauss, no correspondía sino a un dominio muy determinado de lo que puede entenderse como estructura y como forma en general. El grupo matemático Bourbaki reconocía no solamente las estructuras algebraicas, sino también las topológicas. Incluso aquello que parecía ser un dogma; a saber, la teoría de conjuntos, como lenguaje último de todo el campo matemático, era secretamente violada por varios de sus miembros en sus trabajos privados, dedicándose de manera exhaustiva a la geometría, particularmente a la geometría algebraica.[2] Era cuestión de tiempo para que el estructuralismo filosófico y sus herederos comenzaran a reflexionar sobre estos resultados, que no se conforman con la teoría de conjuntos y que llevan la geometría abstracta hasta alturas insospechadas. Es aquí donde encontramos el concepto de *homología*, que Boi utiliza en su análisis de los nudos (Figuras 1 y 2).

---

de la neurogeometría, donde el cerebro es analizado a partir de patrones de activación con propiedades topológicas (como geometrías subriemannianas). En épocas recientes, Petitot ha considerado también la teoría de categorías como marco matemático conceptual que ensanche la topología. El antecedente de la teoría de categorías es la topología algebraica, es decir, el estudio de los espacios continuos a partir de herramientas discretas e incluso finitas. Luciano Boi incorpora en su trabajo elementos de la topología algebraica, la cual podría ser abordada desde un enfoque de categorías. Pero más importante es que su trabajo podría también acercarse a la teoría de *topos* de Grothendieck, que ensancha la idea de espacio.

[2] Una tesis como la lacaniana de que el inconsciente está estructurado como un lenguaje, adquiere un sentido nuevo, pues, ¿qué significa exactamente una estructura? Él mismo parece haber mantenido una oscilación entre álgebra (todos sus "matemas" y "fórmulas") y topología (los grafos y su uso de superficies como el toro o el *cross-cap*). Respecto a Deleuze, una de sus nociones centrales, el pliegue, forma parte precisamente del campo que Thom libera: el de la topología y la teoría de las singularidades.

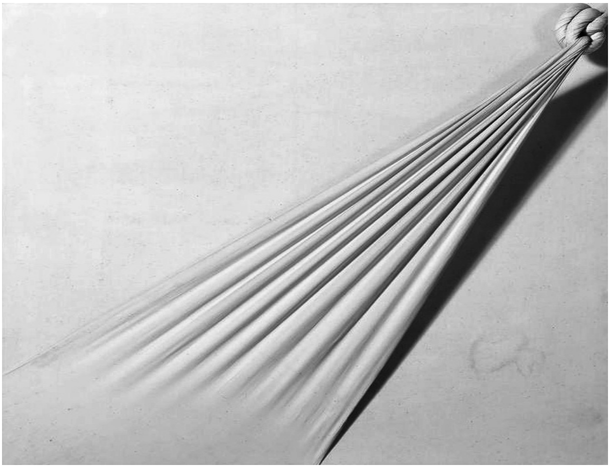

Figura 1

Fuente: Obra de Jorge Eduardo Eielson, artista plástico que ha trabajado intensamente los nudos en su creación artística y que ha inspirado a Boi en su trabajo. https://i.pinimg.com/originals/57/a7/5c/57a75c8fd67f0eefff76d1d4bbe1edf8.jpg Licencia: fair use.

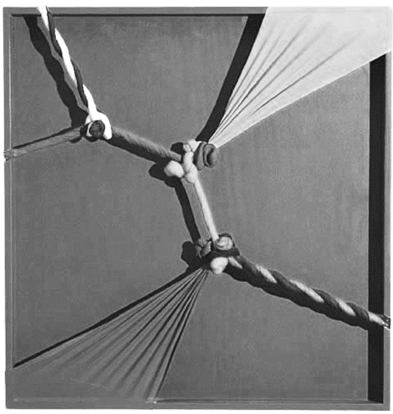

Figura 2

Fuente: *Quipus*. Obra de Jorge Eduardo Eielson. https://i.pinimg.com/originals/01/b3/68/01b368a6c44ab5f0f7de6ba503fe8ade.jpg Licencia: fair use

Podemos siempre preguntarnos si se trata aquí de una hermenéutica de la naturaleza y, por tanto, de una epistemología, o bien, de una filosofía de la naturaleza, donde se busca aprender sus secretos y maneras. Pero al respecto podemos y debemos suspender la precaución kantiana, según la cual seríamos *nosotros* los que aplicamos dichas formas a todo objeto de representación. Las propiedades topológicas no son solamente elementos que nos sirven para comprender el mundo. No son, dicho en términos kantianos, conceptos puros del entendimiento que aplicamos a la sensibilidad, o que empleamos de modo meramente reflexivo. Cada propiedad topológica hace *posible* la existencia misma y el despliegue de un objeto u organismo en cuestión, así como su interacción con otros objetos o con su entorno. A la postre, no se trata de objetos en sentido[3] estricto, sino de espacios dinámicos que exhiben ciertas propiedades espaciales fundamentales. Si se quiere ver así, no existe un solo espacio, sino varios, que constituyen, a su vez, pequeños sistemas dinámicos en sí mismos, interconectados con otros de manera no-trivial. La cuestión de la *totalidad* queda desplazada por la cuestión de la *conectividad* (o continuidad no-simple) entre dichos espacios. De manera dinámica, se trata también de mostrar el tránsito de una forma a otra, mostrando continuidades igualmente no-triviales. De la misma manera, toda la dialéctica del uno y de lo múltiple debe ser inscrita en la dialéctica entre lo local y lo global. Tampoco nos sirve aquella lógica que separa entre el adentro y el afuera de manera simple o entre lo interior y lo exterior (como lo hace la teoría de conjuntos al hacer del operador de pertenencia su piedra angular) o lo total y lo incompleto. Un espacio con agujeros, por ejemplo, no es completo, ni incompleto, simplemente conexo, pero de manera no-trivial. Un borde no está ni adentro ni afuera, pero

---

[3] Recordemos que un fenómeno puede ser continuo o discontinuo de acuerdo con su escala. El agua es una molécula que experimentamos a escala humana como un *continuum*, aunque en el nivel molecular se trate de un compuesto de elementos discretos.

puede ser perfectamente identificado en un espacio topológico. Somos capaces de concebir y formalizar tanto bordes difusos como bien definidos, u objetos sin borde pero finitos. Es así también que la cuestión fundamental de la teoría de conjuntos sobre la *pertenencia* o no de un elemento a un conjunto deja de tener sentido *en sí misma*, pues que algo falte o sobre al poner en relación dos conjuntos depende de la función que elijamos para vincularlos.

La filosofía del siglo XX hizo suyo el motivo del exceso, del más allá, del afuera, de lo otro, especialmente cuando se percibía que el pensamiento se encontraba agotado y presa de sus viejos conceptos y modos de razonar. Pero tras un siglo de experimentación bien podemos decir que eso no es el caso (o no más, ni menos que siempre lo ha sido) y que lo alternativo no posee (pero tampoco su opuesto) un valor en sí mismo y que la tarea consiste en captar con todo rigor posible fenómenos que nos parecen indeterminables, vagos, contradictorios o radicalmente complejos, es decir, todo aquello que cae dentro de la indeterminada categoría de lo "inaprehensible". La topología, con su lenguaje, resulta que vuelve posible pensar y operar con espacios que permiten inscribir paradojas. Por ejemplo, un borde que es tanto interior como exterior puede parecer un juego de palabras, pero se puede instanciar en una banda de Moebius. No se da por sentado algo así como el "mundo" para luego demostrar que hay algo "fuera" de él, algo que lo "excede". La topología toma un espacio y lo proyecta en otro. Toma un espacio y lo hace legible en un tercero. La topología deforma los espacios y, en ciertos casos, los corta y los pega (como en la "cirugía"). No se trata, pues, de encontrar el último gran espacio, ni de negar su posibilidad, sino de, concretamente, mostrar el espacio como una relación *entre espacios*.

Si el espacio es múltiple, si hay más de un espacio en sentido epistemológico como ontológico, es porque un espacio no es nada fuera de una relación con *otro* espacio. Se ve que la idea básica de que un elemento conceptual o lingüístico depende de su relación con otro se ve rebasada por esta otra: que un espacio entero (con sus "elementos" u objetos "propios") está en función de otro espacio entero. Es así que la idea de exceso o de inconmensurabilidad adquiere su verdadero contenido y dimensión: sucede cuando proyectamos un espacio en otro de menor dimensión, cuando perdemos información. Podemos ver entonces la aparición de singularidades, y nos vemos forzados a tomar decisiones sobre qué parte de la estructura de un espacio deseamos preservar en otro, etc. Pero este espacio más "pequeño" en el que proyectamos otro más complejo no significa meramente una pérdida de información, una copia empobrecida del original. Como se puede colegir fácilmente, por ejemplo, de las múltiples proyecciones que hay de la esfera terrestre en el plano (i.e., el mapamundi), cada una de ellas constituye un espacio nuevo, con consecuencias físicas (para la navegación), pero también políticas (la conocida proyección de Mercator hace aparecer a Europa relativamente más grande que África y la coloca en el centro de la imagen).

La topología algebraica, y especialmente su derivación en la teoría de *topos* de Grothendieck y Lawvere, se basa enteramente en esta idea: un objeto es lo que es por su relación consigo mismo y con todos los demás de su categoría o "universo", pero, de la misma manera, ese "universo" entero revela cualidades a través de otro. Un objeto incluye todas sus variaciones posibles, es decir, deformaciones y dinámicas que respeten cierta forma. Y los espacios son la expresión de su relación con otros espacios. Un espacio se proyecta en otro, varios espacios se "pegan" en otro más complejo, un espacio deviene otro. Estas traducciones estáticas y dinámicas entre espacios pueden llamarse *morfismos*, por su relación con la geometría a la que aquí aludimos. La topología es capaz de ofrecer modelos de lo que significa habitar un espacio sin bordes, un espacio donde el adentro y el afuera se confunden, un espacio con agujeros, etc. Lo que cierta lógica consideraría imposible y, sobre todo, cierta filosofía, resulta construible y, por tanto, pensable topológicamente. Otro gran tema del siglo fue la diferencia, término que debería sortear todas las oposiciones clásicas de la filosofía (alma-cuerpo, sensible-inteligible, mente-cuerpo, etc.) por medio de términos "indecidibles" (ni el uno, ni el otro). Pero esta cuestión queda rápidamente desplazada por la propiedad topológica de *orientabilidad*. La banda de Moebiu*s*, lo decimos nuevamente, no tiene derecho, ni revés. La botella de Klein se devora a sí misma, mostrando que ella no tiene adentro, ni afuera, siendo, pese a todo, una superficie compacta.

Puede resultar extraño recurrir a la topología para abordar la naturaleza de realidades naturales, lo mismo que conceptos. Pero es esta cualidad extraña de lo matemático, su relativa independencia de regiones ontológicas definidas, lo que le permite producir conceptos sin límite de aplicación. La filosofía clásica posee un lado objetivo, que constituye las formas de las cosas. Este lado objetivo nos dice cómo puede ser "algo" en general. Este cómo es matemático y se deja ver en conceptos tales como *continuo*, *discontinuo*, *finito*, *infinito*, *uno*, *múltiple*. Este núcleo objetivo ha pasado, sin embargo, de conceptos concernidos con lo finito y lo rígidamente definido, al tratamiento riguroso de lo infinito y lo flexible, como de lo cambiante y múltiple. Y si en un momento parecía que la filosofía estaba rebasada por eso otro, por lo múltiple, por el devenir implacable, ésta regresa armada con conceptos matemáticos que hacen pensable de manera precisa todos esos escenarios antes próximos al caos y lo ininteligible. La otra parte de la articulación filosófica se efectúa en la lógica. La lógica constituye el armazón de fundamentación metafísica y de consecuencia entre argumentos. Pero la lógica llamada no-clásica ha puesto fin a la idea de una única lógica, monolítica, con sus principios clásicos de identidad, no-contradicción y tercero excluido. Es gracias a la teoría de categorías y la teoría de *topos*, a las que aquí solamente hacemos referencia, que la relación entre lógica y geometría comienza a mostrar su vínculo más profundo. A esta tendencia pertenece Boi y su uso conceptual de la topología.

Su obra puede dividirse, *grosso modo*, entre aquellos trabajos en los que las matemáticas toman como centro las ciencias experimentales, aquellos donde la geometría deja ver su patencia en el arte y la arquitectura y, más recientemente, aquellas investigaciones que vinculan las matemáticas del espacio con la filosofía, especialmente la fenomenología. Al final de la entrevista se ofrece una ficha bibliográfica con una lista de sus publicaciones más relevantes. A continuación, se proporciona una guía crítica de lectura para la entrevista a Luciano Boi.

Lo primero que debo advertir a los lectores de la entrevista es que el término *topología* rebasa la definición más estrecha a la que estamos acostumbrados, particularmente, la de la teoría de conjuntos. Por topología no debe entenderse, entonces, una familia de subconjuntos de un espacio T que satisface ciertas condiciones de continuidad, sino un modo espaciotemporal de pensar la experiencia. De manera un tanto arriesgada podría decirse que la relación entre dos espacios por medio de un morfismo y que se suele denotar con una flecha: $A \rightarrow B$ constituye el secreto del ser como donación. La flecha indica lo que la fenomenología había llamado *a priori* correlación, en donde se atestigua la donación. Pero esta vez no nos conformamos con la interpretación subjetivista, ni puramente lingüística de correlación y donación, que hace retornar toda experiencia a su constitución trascendental. La relación entre dos espacios puede encontrar muchas posibilidades, muchas flechas, por lo que no hay que apresurarse a definir solamente aquella entre sujeto y objeto como la fundamental.

Aquí quien parece tener razón es Graham Harman (2002), al decir que el paso de la fenomenología al realismo no consiste en suspender el *a priori* de correlación, sino en multiplicar las correlaciones posibles entre todas las cosas que existen, sin que ello exija más intermedio humano que el hecho de planteárselo. Es decir, una relación real puede ser una flecha, lo mismo que una relación de representación, aunque toda realidad deba atestiguarse de algún modo en nosotros, así sea de forma parcial, para que cuente como algo para nosotros. Aclaremos lo paradójico de la situación. Fenomenológicamente, toda ciencia, incluidas la lógica y las matemáticas, están fundadas en una subjetividad trascendental. Pero, al mismo tiempo, cuando intentamos describir esta subjetividad trascendental y su estructura, resulta que el mejor auxilio nos viene de las abstractas matemáticas. Sí, siempre se puede reconducir el formalismo a una instancia subjetiva, pero, igualmente, es preciso operar quiasmáticamente, dejando que la subjetividad muestre su operación gracias a conceptos y razonamientos de las matemáticas.

Durante la conversación se recurre a la topología algebraica, a la geometría (euclidiana y no-euclidiana), a la topología diferencial, etc., pero se apunta siempre a algo más. Las referencias matemáticas quedan desbordadas por una concepción mucho más general, una suerte de topología filosófica, o hermenéutica matemática, si se nos permite el término. ¿Qué quiere decir esto? Que la topología se perfila en el pensamiento de Boi como un modo de recorrer los seres más diversos, pero, sobre todo, los registros aparentemente más distantes. Esto no debe sorprendernos. La ciencia entera puede hoy salir, gracias a la abstracción matemática, de los dominios cerrados de su disciplina. La crítica al sustancialismo y a la presencia de la cual se ha apropiado la filosofía, tiene sus raíces en la historia de la ciencia, desde que ésta no acepta sustancias sino relaciones, o acaso sustancias *como relaciones particulares*. Es la ciencia la que destruyó el universo aristotélico de los lugares para hacer surgir, primero, el espacio infinito del mundo (o, con Bruno, de *los* mundos) y luego el entramado espaciotemporal del universo. Pero este paso a la abstracción tiene como contrapartida un rico e imaginativo universo geométrico, como se constata a lo largo de la conversación.

De Platón a Leibniz y de ahí a Husserl, Deleuze y Badiou, matemática y pensamiento se han iluminado recíprocamente, sin por ello fundirse, ni confundirse. Ninguna debe servir al otro, pero es preciso reconocer su esencial *vecindad*. Nada más pobre que la interpretación heideggeriana de la ciencia como una interpretación del ser que lo reduce a su presencia, poniendo los entes a disposición del cálculo y su explotación. Es a la ciencia a quien se debe aquel impulso que arranca el mundo colorido de la fantasía sobre el que se erigía la metafísica de la presencia. Cuando Kant desaloja la posibilidad de la metafísica como ciencia, lo hace en nombre de la ciencia misma. La sobriedad de su pensamiento viene lo mismo de Hume que de Newton. Y es en buena medida como él que debemos proceder: no reduciendo el mundo a un sistema prefabricado de conceptos, sino *orientándonos por el pensamiento* a partir de un largo camino que nos conduce de la maravilla del mundo empírico al trabajo de los conceptos plásticos donde ese mundo, ni trivial, ni clausurado, nos conduce.

Es así que debemos intentar caracterizar, así sea de modo muy general, la tradición matemática en la que se inserta Luciano Boi. Dentro de la historia de la filosofía, con oído para la matemática, debemos reconocer dos grandes impulsos. Uno de ellos se encuentra del lado de la lógica y lo representan cierto Leibniz, la escuela logicista inglesa y el pensamiento francés que remata en Badiou (2000).[4] Este impulso asimila la

---

[4] Puesto que aquí suponemos conceptos y, sobre todo, razonamientos matemáticos a una potencia filosófica y ontológica, resulta necesario justificarlo. En este respecto parece apropiado tomar posición acerca de Alain Badiou, quien abiertamente ha elevado a la matemática a pensamiento del ser en tanto que ser. No es éste el lugar para un análisis pormenorizado. Pero bastará comentar dos asuntos. El primero, sobre la naturaleza de la matemática; el segundo, sobre la decisión de considerar a la matemática exclusivamente sobre la base de la teoría de conjuntos. La matemática no es la ciencia del ser en tanto que tal. Por el contrario, su virtud reside, precisamente, en no referirse a nada concreto, ni al ente, ni al ser. Es decir, la matemática no solamente no se refiere a las manzanas que cuenta el niño, ni a la aceleración de un auto, ni a las órbitas de los planetas, sino tampoco a conceptos metafísicos como *ser*, *nada* o *devenir*. Así como implica una *decisión* el aplicar ciertas herramientas matemáticas a problemas de la física o la química, hay otra decisión necesaria para *vincular*

filosofía a la matemática, ésta al lenguaje formal de la lógica clásica (digamos, la de primer orden, que comporta ya el uso de variables, constantes y cuantificadores). El otro, en cambio, representa el mundo *geométrico*, que debe su desarrollo a cierto Leibniz, a matemáticos-filósofos como Gauss y Riemann o Poincaré y Grothendieck, y a pensadores contemporáneos como Husserl. La lógica aterrizó en la teoría de conjuntos y la teoría del lenguaje. La geometría avanzó por el camino de lo real, la naturaleza y el materialismo. Es sólo en los desarrollos más tardíos de la matemática contemporánea, como la geometría algebraica, donde finalmente el mundo discreto y el mundo continuo se asocian productivamente, con igual dignidad. Y es solamente hasta la teoría de *topos* y de categorías donde, finalmente, llegan a tocarse lógica, geometría y álgebra. La topología, la geometría algebraica y las lógicas no-clásicas: éste es el horizonte del pensamiento de Luciano Boi.

Es posible sospechar que este pensamiento de tránsitos entre y transformaciones de espacios es una mera abstracción, donde todo lo singular ha sido erradicado para dar paso al mundo de la generalidad. Pero lo que distingue a la geometría actual de

---

los términos filosóficos a los términos matemáticos. Quien disimula este procedimiento, disimula la intervención por la cual se intenta *mapear* un campo con otro. Al mismo tiempo, aunque la matemática no se refiere a nada, a ningún "ente" particular, ella no es, por sí misma, universal, como lo pretende Badiou. Esto nos conecta con el segundo punto. Badiou considera la teoría de conjuntos como una teoría universal de la matemática, es decir, como la formalización más general que puede fundar toda rama de las matemáticas. Sin embargo, hay también decisiones que se ocultan aquí. La primera de ellas es que la teoría de conjuntos no es capaz de formalizar *toda* la matemática, no se diga ya algo así como el ser, que es concreto y determinado. Pero incluso considerando solamente la teoría de conjuntos, existen diferentes axiomatizaciones *posibles*, entre las cuales la elegida por Badiou (Zermelo-Fraekel + axioma de elección) es nada más que eso: una elección. Finalmente diremos que la teoría de conjuntos resulta una elección posible frente a la teoría de categorías. No se puede hablar de "la matemática" sin más, *asumiendo* su unidad y coherencia.

la lógica (en su sentido menos profundo) es su deseo por hacer justicia a lo singular. Desde la teoría de singularidades hasta la concepción de las obstrucciones al pasar de un mundo o espacio a otro, desde la geometría fractal hasta la geometría algebraica, la hermenéutica matemática que aquí se anuncia exige poner atención a las dimensiones fundamentales: no solamente las singularidades (p. ej. dónde se interrumpe una función) y obstrucciones (p. ej. cuándo no es posible pasar de un espacio a otro sin perder información), sino también las diferencias entre lo global y lo local (no todo comportamiento es legible en ambos niveles), la escala (el mundo posee diferentes propiedades en diferentes escalas, tanto en la física, como en la matemática) y las decisiones que exigen cada presentación de los objetos (no hay objetos absolutamente independientes del espacio donde ellos se presenten) y cada transformación que hacemos (los objetos pueden transformarse, deformarse, no son fijos, ni necesariamente estáticos).

Estas ideas aparecen y se desarrollan a lo largo de toda la entrevista. Objetos variables e insólitos, proyecciones de unos en otros, deformaciones, cortes. Todo esto nos coloca muy cerca de las vanguardias artísticas del siglo XX: el *collage*, el *cut out*, la deformación, el cubismo, el serialismo: en todos estos casos se manipulan los objetos, pero, sobre todo, el espacio de su aparición y presentación. Lo que cuenta en un cuadro de Hannah Höch no es tal o cual figura de su *collage* (Figura 3), sino el espacio mismo y el modo de montar los objetos y desplegar sus relaciones.

Figura 3
Fuente: Hannah Höch (1919). Cut with the Kitchen Knife through the Beer-Belly of the Weimar Republic. https://www.wikiart.org/es/hannah-hoch/cut-with-the-kitchen-knife-through-the-beer-belly-of-the-weimar-republic-1919 Licencia: Dominio público.

Lo que cuenta en la literatura experimental del OuLiPo (acrónimo *de Ouvroir de Littérature Potentielle* [Taller de Literatura

Potencial]) no son las intervenciones particulares (restringirse a escribir una novela sin usar una letra en particular, jugar con la combinatoria de letras en un poema, introducir procedimientos azarosos en la escritura, etc.), sino la definición del espacio de la escritura como un sitio de experimentación e intervención (Figuras 4-5).

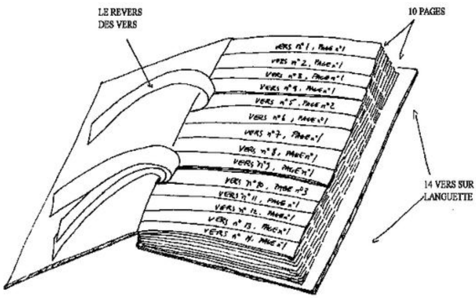

Figura 4
Fuente: Ejemplo de poesía combinatoria, de Raymond Queneau (1961). Cent mille milliards de poèmes. París : Gallimard. http://openset.nl/blog/wp-content/uploads/2012/08/Prevert.jpg Licencia: Dominio público.

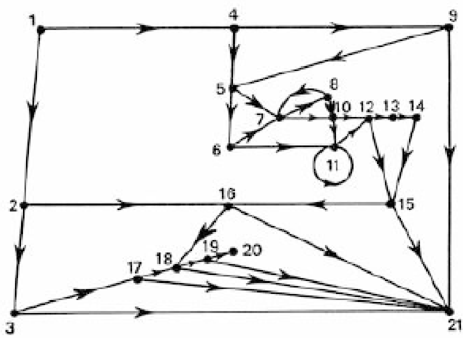

Figura 5
Fuente: Escrituras arborescentes de Raymond Queneau (1967). Conte à votre façon. En Oulipo. La littératurepotentielle (Créa-

tions Re-créationsRécréations). Paris: Gallimard. http://www.infolipo.org/ambroise/cours/immediat/images/queneau_cavf.pdf

La topología que presenta Boi puede extenderse desde la biología hasta la arquitectura y la literatura, porque la noción de espacio involucrada se acerca a la de un lugar de exposición de las cosas, sus propiedades, su desarrollo y sus interacciones. Los espacios son como pequeños teatros del ser. Y hay, como lo refleja el epígrafe de Perec, muchos espacios, especies de espacios, fragmentados, multiplicados. Pero a lo que apunta una hermenéutica topológica no es a multiplicar los espacios, manteniéndolos indiferentes o inconmensurables entre sí, cada uno aislado y operando según sus propias reglas. Lo decisivo es cómo los espacios se intervienen y se reflejan entre sí para comenzar a hablar.

En las siguientes ilustraciones se muestran obras que Man Ray realizó a partir de los modelos topológicos que se encuentran en el Instituto Henry Poincaré de París (Figuras 6-8). Son ilustrativas porque hacen ver, a la vez, el objeto matemático y su dimensión imaginativa y, particularmente, la manera de conjugar abstracción y concreción, localidad y concreción. Es trabajo de cada ciencia, desde luego, probar si y en qué medida cada idea matemática resulta fértil y capaz de aterrizarse de manera operativa. Lo que no puede desecharse rápidamente es el fecundo modo de mirar que la matemática conceptual puede proveer al pensamiento en general, siendo capaz de dar las grandes líneas de una *lógica dinámica* del ser.

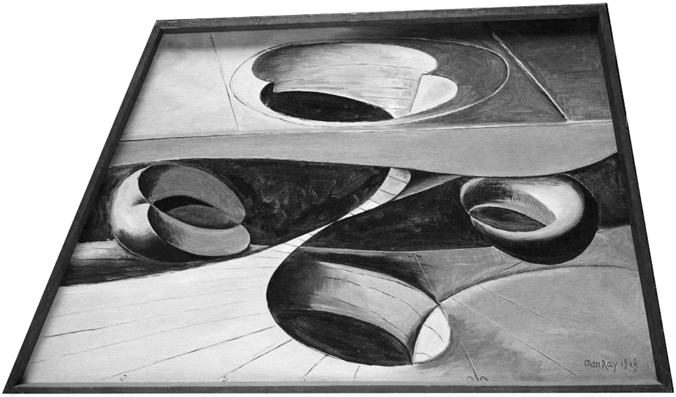

Figura 6
Fuente: Man Ray. Shakespearean Equation: Measure For Measure. https://www.wikiart.org/en/man-ray/shakespearean-equation-measure-for-measure Licencia: *Fair use*.

Figura 7
Fuente: Man Ray. Shakespearean Equation: Twelfth Night. https://www.wikiart.org/en/man-ray/shakespearean-equation-twelfth-night Licencia: *Fair use.*

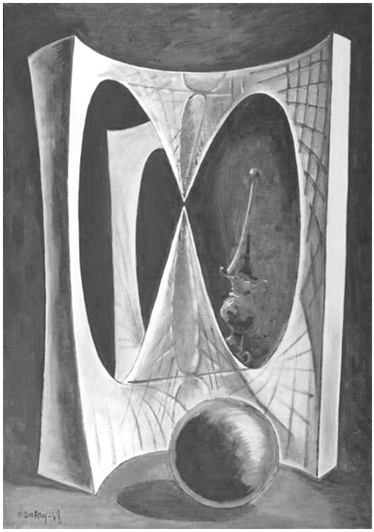

Figura 8
Fuente: Man Ray. Diderot's Harpsichord or The Merchant of Venice. https://www.wikiart.org/en/man-ray/diderot-s-harpsichord-or-the-merchant-of-venice Licencia: *Fair use*.

Las diferentes regiones o espacios del mundo: el átomo singular, los átomos agregados, las moléculas, la vida, la vida sensible, el raciocinio; los espacios cuánticos y los espacio-tiempo de la física relativista; el espacio de la célula y espacio intersticial de las articulaciones; los espacios de reclusión y los espacios públicos; todos estos espacios, o mejor, puesto que también son dinámicos, estos espacios-tiempos o *cronotopos*, no se desintegran en un hiperespacio que los englobe todos, pero tampoco permanecen impermeables entre sí, como si no "supieran" unos de otros. Las regiones se transforman unas en otras, o se citan, o se asocian localmente, o se reflejan, o entran en simbiosis (o en parasitosis); se dividen, se unen, se entrelazan, interactúan, se limitan, se oponen. No importa si hablamos de células, de palabras, de cuerpos, de átomos o cuerdas, las líneas de demarcación no solamente adoptan la forma de fronteras territoriales o de capas superpuestas. Se trata de reconocer entonces la multiplicidad de espacios, el entrelace entre tiempo(s) y espacio(s), pero, de igual manera, de saber cómo es que dichos espacios se relacionan entre sí. Hay muchos espacios-tiempo, es verdad, pero hay un único universo, razón por la cual es preciso pensar una suerte de *multiplicidad multiconexa*.

Pero ¿qué tiene que ver esto concretamente con la forma? Los ejemplos que hemos dado ponen en relación el espacio, la ciencia y la matemática. Como ha dicho, Luciano Boi ha proseguido ciertos pasos del pensamiento de René Thom, autor de la teoría de las catástrofes. Recordemos brevemente que Thom desarrolla su teoría como una hermenéutica de la naturaleza y de la semiótica, como una aproximación cualitativo-geométrica (tomando como fuente la topología matemática, particularmente la teoría de las singularidades) para comprender dos momentos clave del devenir: el surgimiento de las formas (morfogénesis) y su duración (estabilidad estructural), de ahí lo acertado de un concepto matemático como el de *morfismo* para nombrar las relaciones posibles entre los objetos de las categorías y las categorías mismas. El primer ámbito de reflexión de la teoría de las catástrofes fue la embriología. En ella importaba comprender no el desarrollo gradual, sino los saltos cualitativos en el devenir de un sistema dinámico. Estos saltos son las llamadas catástrofes, puntos singulares en funciones complejas. Pero entonces surge la pregunta general de cómo distinguir una forma dentro del *continuum* y cómo acomodar las singularidades en él.

Durante el siglo XX se exploró de manera particular en la filosofía el continuo. Peirce, Deleuze o Whitehead y Thom o incluso Wittgenstein aportaron elementos para redefinir los problemas filosóficos sobre una base no discreta. No obstante, se intentó también asignar una prioridad al continuo por sobre lo discreto para lo cual, sin embargo, no hay ningún apoyo, como no lo hay tampoco para el caso inverso. El punto de vista más consecuente que podemos adoptar al respecto es la asignación de estructuras discontinuas que nos permitan interpretar y leer espacios continuos que rebasan nuestra comprensión y, recíprocamente, extender sobre la base de espacios discontinuos nuevos espacios continuos más amplios y complejos (Figura 9). Pero sólo nos queda un trabajo de ida y vuelta y no un intento de fundamentación de uno por el otro.

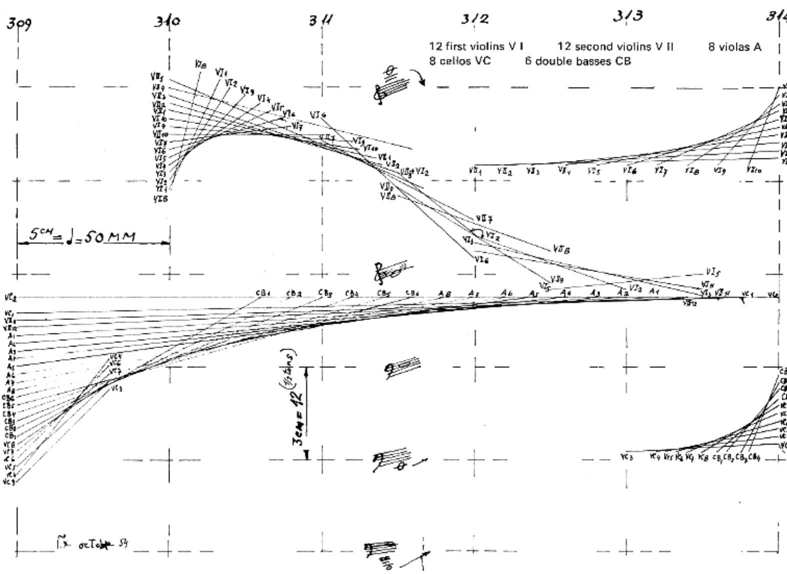

Figura 9
Fuente: Fragmento de partitura de la obra *Metástasis*, de Ianis Xenakis. Xenakis utiliza aquí una función matemática continua para su composición, mostrando la íntima relación entre espacio y tiempo en la música por medio de la matemática. Metastaseis1.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metastaseis1.jpg Licencia: CC BY-SA 4.0

Thom tomó un impulso inicial de la teoría de la Gestalt y sus conceptos. Ésta descansa sobre dos principios: la forma y el umbral. Las formas son agrupamientos continuos o discontinuos, claros o difusos que se destacan de un fondo o de otros agrupamientos. De entrada, podríamos decir que se trata de conjuntos con estructura, si con ello no redujéramos la riqueza geométrica a la pobreza conjuntista. Lo que cuenta es que dicho conjunto se destaque, se *separe* por un conjunto de diferencias. Podemos hablar de la forma *árbol* en general, con lo que entendemos un tipo (el más frecuente o el idealizado) y un promedio (que incluye las variaciones del tipo). Pero si observamos más de cerca, nos interesarán las diferentes formas de la forma árbol: puntiagudo, redondo, arbusto. La forma remite siempre a un conjunto de *variaciones* propias y a *otras formas o fondo* de las cuales esa se destaca a partir de un punto de vista, que sienta la mirada y sus umbrales. La Gestalt aportó dos conceptos clave al respecto: la pregnancia y la saliencia. Ambos conceptos se encuentran muy cerca. La saliencia se refiere a la diferencia o al conjunto de *diferencias que hacen la diferencia* y que permiten que algo se destaque como algo, separándose de otras figuras o de un fondo. Lo saliente es un borde, un umbral, un límite suficientemente claro como para separar dos objetos relativamente.

No es preciso hablar de límites claros y distintos; existen también bordes difusos y cambiantes. Lo importante es que esa saliencia tenga *consecuencias* para "alguien" desde donde se fija el punto de vista. Es ahí donde entra en juego la pregnancia, que remite a una cualidad subjetiva. Si la saliencia remite a criterios de objetividad en general, la pregnancia se refiere a la estabilidad de esa saliencia para un observador, que puede ser un sujeto o una cosa, con base en las consecuencias que dicha forma tiene para aquel. Digamos que un animal se distingue de su entorno porque, al moverse, su entorno no se mueve con él, en absoluta sincronía. El animal se desplaza *en* su entorno, con respecto a otros elementos con los que comparte un espacio común. La pregnancia entra en juego para un depredador cuando ese movimiento apunta a un animal que le representa una presa posible.

Lo sorprendente es que las figuras topológicas aparezcan en la naturaleza, en la lingüística lo mismo que en la pintura, como si avanzaran transversalmente por los dominios más lejanos. Una de las catástrofes elementales en la teoría de Thom (1987) son los pliegues. Recordando la pintura de los siglos XIV y XV y su obsesión por los pliegues, afirma (cit. en Gómez Pin, 1994):

> [...] hay que encontrar la tela adecuada, dejarla caer de la manera deseada con la ayuda de un soporte y ello precisamente con vistas a que surjan determinadas formas, pliegues y hasta frunces que en cada caso responden a una estructura topológica invariante pero en la que el material impone su propia exigencia [...] dialéctica entre la topología y la naturaleza en el sentido usual del término, porque los pliegues de una tela no son los de la geometría diferencial, aunque sin éstos, sin la intelección del pliegue como conjunto de puntos críticos, no hay concepto del modelo [...] suelo decir que los puntos críticos son como el quejido de la estructura topológica global que se halla quebrantada por la aparición de un proceso dinámico. Proyectado sobre un espacio de dimensión inferior el objeto geométrico se adapta, salvo en un cierto número de puntos en los que reacciona revelando su originaria estructura (591-592).

Chillida (cit. en Gómez Pin, 1994) recuerda en una entrevista el cuadro de Van der Weyden titulado *La Crucifixión* (Figura 10), al relacionar la topología de René Thom con la historia del arte. Chillida (2016) decía brillantemente en sus *Escritos* que la materia es como un espacio más lento. Nosotros podríamos decir que el espacio es un tiempo más lento y viscoso, siempre tomando forma. Recordemos también que lo que dura en general es siempre una forma. No hay un flujo puro fuera de este proceso local y global de tomar-forma.

Figura 10
Fuente: Rogier van der Weyden. Triptych The Crucifixion. Google Art Project.jpg
https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rogier_van_der_Weyden_-_Triptych-_The_Crucifixion_-_Google_Art_Project.jpg Licencia: dominio público.

El mismo Chillida menciona en una entrevista con Gómez Pin (1994), lo siguiente:

> [...] delante de la crucifixión de Van der Weyden, mirando y mirando, de repente cómo pasan las cosas (de repente pasan) me cogieron absolutamente los pliegues [...] Mire su jersey y mire el mío, este pliegue en cuanto hablo o hago el menor gesto ya no vuelve a ser el mismo, es irrepetible, teóricamente irrepetible, como la propia vida [...] Es función de leyes que vienen de más lejos: la tela, el brazo, la reacción en razón de algo, el movimiento que has hecho ... todas las variantes que pueden haberse reflejado en el pliegue y que el artista conoce. Es así como se matiza en cuestión de pliegues [...] Si se analizan los cuadros de Durero, los pliegues, me atrevería a decir que vienen de la talla de madera [...] El origen de los pliegues de Grünewald no estaría en la madera, sino en el agua […] [pero] a

> medida que has superado el primer contacto con una materia nueva te acercas al campo ordenado por unas fuerzas que son más bien geométricas que físicas, te abres a ese mundo de la forma en la cual todo se hace posible (pp. 589-590).

En la escultura *Los peines del viento* (Figura 11) podemos apreciar la manera en que la torsión del hierro comienza en el propio vaivén del mar, dando cuenta de la vitalidad de la materia.

Figura 11
Fuente: Marset 27. Wind comb.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wind_comb.jpg Licencia: CC BY 2.0.

Considerando la topología en su sentido más amplio, podríamos decir que las formas pueden comprenderse como objetos que pertenecen a campos de posibilidades que se distinguen de otros objetos, o bien, pueden comprenderse como la estructura de relaciones que dichos objetos adoptan. Los objetos tienen una estructura o forma interna que solamente es legible en relación con la estructura de otros objetos y por el conjunto de todos ellos

(Gómez Pin, 1994: 589-590).[5] Pero igualmente, ese conjunto de formas-objeto es legible con relación a otro conjunto de formas-objeto. Cada forma se hace legible a partir de su relación con otras formas, pero no es que una forma “explique” otra forma en un regreso al infinito, sino que cada forma hace visible otras formas de manera concreta a partir de un determinado punto de vista.

Es en este juego de traducibilidad entre formas (sean objetos o estructuras, conjuntos de objetos o conjuntos de estructuras) que se vuelve posible un modo sistemático de considerar las formas en general, especialmente ahí donde, con gran perplejidad, debemos admitir que: a) el concepto mismo de forma es polisémico y b) las formas obedecen a regiones particulares (no hay formas universales, ellas se encuentran ligadas a contextos materiales particulares), pero también son diagonales a ellas (una forma triangular puede encontrarse, por ejemplo, en una hoja, o en un diagrama de la comunicación, es decir, en regiones ontológicamente muy lejanas, sin tener que recurrir a meras metáforas). Este modo de razonar no es matemático, pero se encuentra en *vecindad* con el pensar matemático, especialmente si se piensa a éste como una ciencia de las formas y los patrones.

Nota biográfica y bibliográfica de Luciano Boi

Luciano Boi es licenciado por la Universidad de Bolonia, donde estudió filosofía, matemáticas y física de 1979 a 1985. Obtuvo su doctorado en 1994 y la habilitación para ser director de investigación en 1997 en la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales (EHESS), en París. Después de un periodo de investigaciones postdoctorales en la Universidad Técnica de Berlín (1994-1995), fue profesor e investigador visitante en el Instituto de Altos Estudios Científicos (IHS) en Bures-sur-Yvette, en el

---

[5] Puede verse aquí cómo la topología sirve también de vía de acceso a otras aproximaciones, como la teoría de *topos* de Grothendieck y en general al lenguaje en el que ésta fue formulada: la teoría de categorías.

Instituto para Estudios Avanzados (IAS) de Princeton, en la Universidad de Heidelberg, en la SISSA de Trieste, en la Escuela Galileana de Estudios Superiores de Padua y en el Instituto para Estudios Avanzado de Bolonia. Ha sido profesor en Berlín, Montreal, Calcuta, Padua, Lisboa, Roma y Bolonia, así como en otras universidades europeas y norteamericanas. Ha recibido numerosas distinciones internacionales como reconocimiento a sus investigaciones y trabajos. Dignos de mencionar son los siguientes: beca de investigación de la fundación Alexander von Humboldt en Berlín (1991-1993), reconocimiento del Consejo de Investigación en Ciencias Humanas de Canadá en Montreal (1996), reconocimiento de las Fundación Guggenheim de Nueva York (1997), membresía-fellowship del Instituto para Estudios Avanzados de Princeton (1997-1998), reconocimiento de la Fundación Singer-Polignac de París (2000), y una senior-fellowship por parte del Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Bolonia (2014).

Sus investigaciones involucran diversos aspectos de las matemáticas y sus fundamentos, particularmente en geometría, topología y física teórica; la teorización de sistemas dinámicos, complejos y vivos; percepción y cognición espaciales; y filosofía e historia de las ciencias naturales. Ha propuesto un estudio profundo y original del problema matemático y filosófico del espacio, de las interacciones entre geometría y física y de las conexiones entre forma topológica y función biológica. Sus trabajos en biología teórica e integrativa buscan poner en evidencia la importancia de factores epigenéticos en la morfogénesis y en la evolución. En los últimos años ha desarrollado dos nuevos temas de investigación: la cuestión del valor de la imaginación y de la visualización en matemáticas y el papel del pensamiento diagramático en las ciencias, particularmente en la teoría topológica de nudos y en las teorías de campos cuánticos. Se ha interesado igualmente en aspectos epistemológicos de las interacciones entre ciencias de la vida y ciencias humanas y en las relaciones entre artes y matemáticas.

Ha publicado numerosos artículos de investigación y diversas obras en torno a los temas mencionados. Algunos de sus trabajos más importantes son los siguientes:

BOI, L. (1995). « Le problème mathématique de l'espace : Une quête de l'intelligible ». Preface de René Thom. Hiedelberg/Berlín : Springer/Verlag.

___________ (Ed.) (2000). *Science et philosophie de la Nature: Un nouveau Dialogue*. Berna: Peter Lang.

___________ (2004). "Geometrical and Topological Foundations of Theoretical Physics: From Gauge Theories to String Program". *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, núm. 34, pp. 1777-1836.

___________ (Ed.). (2005). *Geometries of Nature, Living Systems and Human Cognition. New Interactions of Mathematics with the Natural Sciences and Humanities*. Singapur: World Scientific.

___________ (Ed.). (2005). "Topological Knots Models in Physics and Biology". *Geometries of Nature, Living Systems and Human Cognition*. Singapur: World Scientific, pp. 203-278.

___________ (Ed.). (2006). *Symétries, Brisures de Symétries et Complexité, en mathématiques, physique et biologie*. Berna: Peter Lang.

___________ (2006). "Topological Knot Theory and Macroscopic Physics". En J.-P. Françoise, G. Naber & T.S. Sun (Eds.). *Encyclopedia of Mathematical Physics*. Oxford: Elsevier, pp. 271-277.

___________ (2006). "The Aleph of Space. On Some Extensions of Geometrical and Topological Concepts in the Twentieth-Century Mathematics: from Surfaces and Manifolds to Knots and Links". En G. Sica (Ed.). What is Geometry? Milán: Polimetrica International Scientific Publishers, pp. 79-152.

___________ (2007). "Geometrical and Topological Modelling of Supercoiling in Supramolecular Structures". En V. Di Gesù, G. &

M. C. Lo Bosco Maccarone (Eds.). *Modelling and Simulation in Science, Proceedings of the 6th International Workshop on Data Analysis in Astronomy*. Singapur: World Scientific, pp. 187-199.

BOI, L., KERSZBERG, P. & PATRAS, F. (Eds). (2007). *Rediscovering Phenomenology. Phenomenological essays on mathematical beings, physical reality, perception and consciousness*. Dordrecht: Springer.

BOI, L. (2008). "Topological Ideas and Structures in Fluid Dynamics". *JP Journal of Geometry and Topology*, vol. 8, núm. 2, pp. 151-184.

___________ (2009). "Ideas of Geometrization, Geometric Invariants of Low-Dimensional Manifolds and Topological Quantum Field Theories". *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, vol. 6, núm. 5. pp. 701-757.

___________ (2011). *Morphologie de l'invisible.* Limoges : Presses Universitaires de Limoges.

___________ (2011). *The Quantum Vacuum. A Scientific and Philosophical Concept: From Electrodynamics to String Theory, and the Geometry of the Microscopic World*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

___________ (2012). *Pensare l'impossibile. Dialogo infinito tra arte e scienza*. Milán: Springer-Verlag.

Referencias

BADIOU, A. (2000). *El Ser y el Acontecimiento*. Buenos Aires: Ediciones Manantial.

CHILLIDA, E. (2016). *Escritos*. Madrid: La Fábrica.

GÓMEZ PIN, V. (1994). Diálogo con Eduardo Chillida y René Thom. Actas del Primer Congreso Internacional de Ontología: categorías e inteligibilidad global: el proyecto ontológico a través de la reflexión contemporánea. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona/Servei de Publicacions.

HARMAN, G. (2002). *Tool-Being: Heidegger and the Metaphyics of Objects*. Chicago, Illinois: Open Court Publishing Company.

THOM, R. (1987). *Estabilidad estructural y morfogénesis: ensayo de una teoría general de los modelos*. Barcelona: Gedisa.