

¿Es el Universo procesual? ¿Es su realidad estructural? Consideraciones metafísicas

*Pilar Ruiz-Lapuente
Instituto de Física Fundamental, CSIC, Madrid
Grupos de investigación:
Asparcosmos y Realidad y Proceso
pilar.ruizlapuente@gmail.com*

Resumen:

Presentamos una discusión sobre las filosofías del devenir, del proceso y su ontología y reflexionamos sobre el lugar que una filosofía del cosmos tendría en ellas. ¿Es el Universo una estructura, un proceso? Si es proceso, ¿es determinista, como se sostiene desde el punto de vista de la teoría del universo bloque? Hacemos un repaso de ciertas corrientes incluyendo la del último Zubiri, y su dinamismo estructural bien informado desde la cosmología de su tiempo. Traemos a colación esta vertiente estructuralista en el debate filosófico del siglo XXI.

Palabras clave: filosofía procesual, estructuralismo, Rescher, Zubiri, Whitehead, Universo Bloque, filosofía de la cosmología

Is the universe processual? Is its reality structural? Metaphysical considerations

Abstract:

We present a discussion about the philosophies of becoming, of the process, and their ontology. We reflect about the place that a philosophy of the cosmos would have there. Is the Universe a structure? Is it a process? If it is a process, is it deterministic, as sustained by the theory of the block universe? We review some currents, including the one of the late Zubiri, and his structural dynamism, which is well informed by the cosmology of his time. We bring this structuralist view up into the philosophical discourse of the XXI century.

Keywords: processual philosophy, structuralism, Rescher, Zubiri, Whitehead, Block Universe, philosophy of cosmology

L'Univers est-il processuel ? Est-ce sa réalité structurelle ? considérations métaphysiques

Résumé :

Nous présentons une discussion sur les philosophies du devenir, du processus et leur ontologie et nous réfléchissons sur la place qu'y aurait une philosophie du cosmos. L'Univers est-il une structure, un processus ? Si c'est un processus, est-il déterministe, comme on le soutient du point de vue de la théorie de l'univers-bloc? Nous passons en revue certains courants dont celui du dernier Zubiri, et son dynamisme structural bien informé de la cosmologie de son temps. Nous évoquons cet aspect structuraliste dans le débat philosophique du XXI^e siècle.

Mots clés : philosophie processuelle, structuralisme, Rescher, Zubiri, Whitehead, Univers-Bloc, philosophie de la cosmologie.

É processual o Universo? É estrutural a sua realidade? Considerações metafísicas

Resumo:

Apresentamos uma discussão sobre as filosofias do devir, do processo e a sua ontologia e refletimos sobre o lugar que uma filosofia do cosmos teria nelas. O universo é uma estrutura, um processo? Se for um processo, é determinista, como se sustenta do ponto de vista da teoria do universo bloco? Revisamos algumas correntes, incluindo a do último Zubiri, e o seu dinamismo estrutural bem informado a partir da cosmologia do seu tempo. Abordamos esse aspecto estruturalista no debate filosófico do século XXI.

Palavras-chave: *filosofia processual, estruturalismo, Rescher, Zubiri, Whitehead, universo bloco, filosofia da cosmologia*

Introducción

La indagación por <<lo que es>>, el τὸ ὄν metafísico, es una vía de investigación

prolífica que se abre continuamente a nuevas propuestas en diálogo con lo aportado por las filosofías de la Grecia antigua. Sus debates nos remiten a los de esos primeros pensadores occidentales. La pregunta de <<lo que es>> como fundamento de la naturaleza surge por primera vez quizá en Tales, pero en definitiva en Anaximandro de Mileto, que se pregunta por el ἀρχή, principio del que se engendran todas las cosas, al que también llama τὸ ἄπειρον, lo indefinido, sin definición, infinito. Los filósofos griegos posteriores proponen más concreción a lo que es el principio último de la naturaleza en el sentido cósmico en el que había hablado Anaximandro. Surgen entonces visiones pluralistas de lo que es ese principio. Frente a ello, y centrándose en la cuestión del ser, es Parménides de Elea quien comienza la indagación propia de <<lo que es>>, en toda su generalidad. Para el filósofo presocrático, todo <<lo que es>> es uno, eterno, uniforme e imperecedero. La filosofía de su poema filosófico la recogen Platón y Aristóteles. A la inmovilidad del Ser de Parménides se opuso la prevalencia del cambio en Heráclito de Éfeso, para el que todo fluye (πάντα ρεῖ, *panta rei*).

Es entonces cuando podemos situar el comienzo del diálogo entre dos versiones opuestas del ser; el ser como algo quieto, entero, completo o el ser como algo que deviene. Parménides representaría la primera posición y Heráclito la segunda. Aristóteles recogió el debate e hizo análisis de lo que es, τὸ ὄν. Aristóteles recuerda que Parménides había dicho que el objeto del ser yace, está ahí (κείμενον), y él va a añadir el prefijo ὑπο, para decir que lo que es subyace (ὑποκείμενον), lo que hace de él un *subjectum* o substancia (de *substantia* lo que subyace). Pero además de introducir la substancia, algo fundamental en la metafísica de Aristóteles es la noción de movimiento o cambio. En su libro IX¹, dota al ser de potencia y de acto, algo fundamental que ejemplifica profusamente (véase la estatua de Hermes en potencia en la madera, la mitad de la línea en potencia en la línea entera, entre otras ejemplificaciones). Así sienta la base de una metafísica de la potencialidad del ser que se actualiza en el acto. Por lo tanto, en Aristóteles, la substancia no es algo quieto como el ser de Parménides sino algo dinámico.

¹ Aristóteles: *Metafísica*, ed. Trilingüe, trad. Valentín García Yebra, (Madrid: Ed. Gredos; 1998 (1970)).

Los filósofos modernos y contemporáneos han retomado la cuestión desde los orígenes griegos. No pretendemos aquí recordar todas las posturas sobre el ser, tan solo nos vamos a fijar en las que señalan el proceso como lo más constitutivo de la realidad. ¿Es la realidad proceso? En el siglo XX, la corriente más influyente de la filosofía procesual la encarnaba Whitehead², quien hace resurgir este pensamiento. Pero una lectura de su obra principal, *Proceso y Realidad*, desvela un discurso que mezcla teoría de la percepción (*aprehensión*) con epistemología, metafísica, y teología. Todo en un mismo texto parece contrario al canon filosófico. Incluso los artículos que intentan enumerar sus logros (véase Klose³, por ejemplo), nos presentan una propuesta deshilvanada. Otra crítica que merece esta visión filosófica es que discrepa de lo demostrado por la ciencia, no aceptando, junto con Bergson, el concepto de tiempo y de espacio-tiempo de Einstein (ver Banzal⁴). Creo que en el ámbito de la filosofía deben agradecerse propuestas que, si entran en el dominio de la metafísica, lo hagan sin empañar el discurso con conceptos alejados de ésta. Y también es de esperar que intenten estar bien informadas desde la ciencia.

En su curso de once lecciones impartido en 1968 y titulado *Estructura dinámica de la realidad*, Zubiri⁵, cuya vida de madurez se solapa con la etapa final de Whitehead, presenta una filosofía en la que el devenir está inscrito en la estructura dinámica de lo real. Es una metafísica que examina a Aristóteles en detalle y elabora una propuesta en la que la realidad tiene dos vertientes integradas: la de la preeminencia de la estructura, dejando de lado la idea de substancia, y el devenir inscrito en esa estructura, que es de por sí dinámica. La estructura de la realidad engloba la metafísica de lo físico, lo químico, lo biológico, lo humano y lo social. En nuestro caso, nos detendremos en el aspecto de la física fundamental y el cosmos. Hablaremos primero del aspecto dinámico de diferentes propuestas filosóficas y de la metafísica estructural que puede acompañarlas.

² Alfred North Whitehead: *Proceso y Realidad*, (Buenos Aires: Ed. Losada; 1956. (1929)).

³ Joachim Klose: "Process Ontology from Whitehead to Quantum Physis". En: Harald Atmanspacher & Hans Primas (eds.), *Recasting Reality*, (Berlín: Springer; 2010): 151-170

⁴ Deepak Banzal: "Whitehead Cosmology-Process Relational: Perspective to Relativity and Quantum Mechanics", *Cosmos and History: the Journal of Natural and Social Philosophy*, 14, 1, (2018). 27-39

⁵ Xavier Zubiri: *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989).

I. La substancia o el proceso.

Cuando pensamos en las filosofías del dinamismo, como lo hacemos aquí, y antes de reflexionar sobre el dinamismo del cosmos, debemos abordar el debate de si podemos decir que la substancia es la última realidad de lo que existe o si lo que existe es el proceso. Poner en cuestión las variadas opciones que se presentan en este debate nos ayudará a situar dónde queda el ser del cosmos.

Nicholas Rescher⁶ desgana las posibilidades en estos términos⁷:

1. “El proceso tiene *primacía* sobre las cosas. La substancia está subordinada al proceso. Las cosas son simplemente constelaciones de procesos.
2. El proceso tiene *prioridad* sobre las substancias. Las cosas están siempre subordinadas a los procesos porque internamente engendran, determinan y caracterizan lo que las cosas son.
3. La substancia tiene *prioridad* sobre el proceso. Los únicos procesos que existen son los que están involucrados en los quehaceres y comportamiento de las cosas.
4. La substancia tiene *primacía* sobre el proceso. De hecho, la substancia es todo lo que hay; todo los procesos y cambios son simplemente una cuestión de cómo son las cosas para ciertas substancias (dotadas de mente)”.

Rescher (1996) establece la filosofía del proceso dentro de las posiciones 1 o 2, y la filosofía de la substancia dentro de las posiciones 3 y 4.

Incluye entre los que han ayudado a dar lugar a esa visión procesual de la metafísica a una larga lista de filósofos desde Heráclito, Platón (por el debate de las ideas de Heráclito), Aristóteles (para quien, pese a ser substancialista, las substancias están siempre en transición), Leibniz (para quien el mundo es una infinita colección de agentes, mónadas, en continuo y eterno cambio), Hegel (con su desarrollo dialéctico como base filosófica), Peirce y James (en cuyas filosofías es central la fluidez de la realidad procesual), Bergson (cuya intuición procesual inspiró a James), Whitehead (quien declara a la naturaleza proceso ejemplificándolo en muy diferentes ámbitos), Sheldon (el proceso superando creativamente

⁶ Nicholas Rescher: *Process Metaphysics: an Introduction to Process Philosophy*, (Albany: SUNY Press; 1996).

⁷ Nicholas Rescher: *Process Metaphysics: an Introduction to Process Philosophy*, (Albany: SUNY Press; 1996): 2.

lo opuesto).

Dentro de lo variado de todas las filosofías hay diferentes entidades sobre las que se sustenta la realidad. Las características sobre las que difieren en la metafísica de la sustancia frente a la metafísica del proceso las enumera Rescher⁸ en dos columnas:

Filosofía de la Sustancia	Filosofía del proceso
individualidad concreta	conectividad interactiva
separabilidad	totalidad (wholeness)
condición (naturaleza fija)	actividad (desarrollo propio)
uniformidad de la naturaleza	innovación/novedad
unidad del ser	unidad de ley
(singularidad individualizada)	(tipología funcional)
fijación descriptiva	empuje, energía productivos
estabilidad clasificatoria	fluidez y evanescencia
pasividad (ser objeto de acción)	actividad

Está claro el por qué Rescher prefiere situar la ontología de la cuántica en el proceso, pues el objeto de esta ciencia no presenta una individualidad separable sino más bien una inseparabilidad en el todo, hoy día más patente con el conocimiento del entrelazamiento cuántico. El aspecto primordial de la realidad cuántica es que ésta no es más que un patrón estadístico ondulatorio en un emergente mar de proceso, en expresión del filósofo. La cuántica tiene una ontología alejada de la idea corpuscular clásica, con la que la filosofía griega había fortalecido la metafísica de la sustancia, y debe comprenderse como proceso de ondas de probabilidad. También la cuántica desde el siglo XX es teoría cuántica de campos y las partículas son campos.

En lo que va a concernir al cosmos, Rescher⁹ escribe sobre el espacio-tiempo:

⁸ Nicholas Rescher: *Process Metaphysics: an Introduction to Process Philosophy*, (Albany: SUNY Press; 1996). 35

⁹ Nicholas Rescher: *Process Metaphysics: an Introduction to Process Philosophy*, (Albany: SUNY Press; 1996): 95-96.

Para los procesualistas, el espacio-tiempo en sí mismo es simplemente una faceta estructural o rasgo del *modus operandi* de los procesos cósmicos. Los procesos de la naturaleza están interrelacionados e interligados por modalidades de conexión causal, y el espacio-tiempo es en sí mismo una variedad de esos esquemas, modalidad de exclusión e interferencia de esos procesos Espacio y tiempo no son contenedores estáticos que establecen la escena para los procesos naturales. Su estatus metafísico último no es independiente del proceso sino más bien constituido en proceso, siendo su estructura determinada a través de procesos de interrelación que manifiesta su base inherentemente procesual. Debemos retomar esta cuestión, después de examinar la estructura de lo real.

En estos días, la filosofía procesual ha resurgido en corrientes muy potentes que reivindican el proceso como la base ontológica de la realidad. Estas posiciones responden más a la opción 1, “las cosas son constelaciones de procesos”, que a la segunda. Estas corrientes han sido muy efectivas en el campo del estudio de la vida. Mencionamos aquí el *Manifiesto for a Processual Philosophy of Biology* de Dupré y Nicholson (2018)¹⁰, que defiende la tesis de que el mundo -al menos en lo que concierne a los seres vivientes- no está hecho de partículas substanciales o cosas sino de procesos. Proponen que el mundo viviente es una jerarquía de procesos, estabilizada y mantenida en diferentes escalas de tiempo. Los procesos fundamentales de la vida son tan conocidos como el metabolismo, el desarrollo y la evolución. Proporcionan las explicaciones de la persistencia de las entidades o cosas en lo viviente. La existencia de las cosas está vindicada a que se den los procesos, por lo cual estos serían más fundamentales. Esta filosofía encuentra antecedentes en la *Dialéctica* de Hegel y su intento de aplicarla a la Biología por Engels en la *Dialéctica de la Biología* o en *El Biólogo Dialéctico* de Levins y Lewotin¹¹. También encuentra una conexión con la metafísica de los pragmatistas americanos William James y John Dewey. Y aunque, hoy en día, se considere a Alfred N. Whitehead como sinónimo de filosofía procesual, Dupré y Nicholson se distancian mucho de este filósofo por considerarlo opaco, oscuro e incluso a veces ininteligible, por proporcionar una terminología que no es útil y en último caso por sus tintes teológicos. En su manifiesto mencionan desarrollos filosóficos más acordes con el tema de su *Manifiesto*, como los del procesualista Weiss¹², que sostiene que una célula nunca

¹⁰ D.J. Dupré & J. Nicholson: *A Manifesto for a Processual Philosophy of Biology*, (Oxford: Oxford Univ. Press; 2018).

¹¹ R. Levins & R. Lewotin: *The Dialectical Biologist*, (Cambridge MA: Harvard Univ. Press; 1985).

¹² Paul Alfred Weiss: “From Cell to Molecule”, En: J.M. Allen (ed.), *The Molecular Control of Cellular Activity*,

puede ser definida en términos de un inventario estático de compuestos, por muy detallado que éste sea, sino solo en términos de sus interacciones.

Pese a que Dupré y Nicholson hablan en lo que atañe a la biología, se lanzan importantes cuestiones que también debe responder la reflexión filosófica sobre la física. ¿Tienen las cosas en física una expansión en el tiempo? Los partidarios de la corriente presentista de la filosofía de la física dicen que las cosas solo existen en el presente (Bourne¹³). Esta visión, como bien dicen Dupré y Nicholson, es replicada por los filósofos partidarios de la existencia en las cuatro dimensiones, en las que las cosas son "space-time worms", extendiéndose en el tiempo tanto como existen (Sider¹⁴). Esta visión estaría ya de camino hacia una ontología procesual.

Para los procesualistas, las cosas no pueden ser elementos básicos constitutivos de la realidad, pero las cosas se identifican con estructuras transitorias de estabilidad en el flujo circundante, remolinos temporales en el continuo flujo del proceso. El dinamicismo en esta corriente filosófica reside en la dinamicidad continua de los procesos.

Retomemos aquí la cuestión del espacio-tiempo: ¿Es una estructura constituida en proceso a lo largo de interacciones en las que se da? El procesualismo puede remitirse a estructuras que tienen un dinamismo interno. Se trata de ver si hay alguna dificultad en la integración de estructura y proceso.

La metafísica de Zubiri hace una crítica de Aristóteles y su idea de substancia como realidad última. La base metafísica zubiriana está en la sustantividad, noción que alude a un sistema determinado por sus *notas* o facetas últimas del estado constructo de la realidad, cada una de las cuales son activas intrínsecamente. De este modo la realidad es en sí misma

(Toronto: McGraw Hill, 1962): 1-72.

¹³ Craig Bourne: *A Future for Presentism*, (Oxford: Oxford Univ. Press; 2006).

¹⁴ Theodore Sider: *Four-Dimensionalism: an Ontology of Persistence and Time*, (Oxford, Oxford Univ. Press; 2001).

constitutiva y constitucionalmente dinamismo. Al mismo tiempo, la sustantividad está estructurada, ya que es constructo de notas activas. Sin entrar en detalle en esta metafísica, se aprecia mayor simplicidad que en otras propuestas coetáneas y, sobre todo, la voluntad de un acercarse de forma directa a lo real. En este acercamiento, la realidad es estructura dinámica. Y en la medida en que se da el dinamismo estructural puede hablarse de proceso. Dejando de lado cuestiones de formulación de esta propuesta, lo que podemos reseñar es que está bien informada desde el punto de vista cosmológico de su tiempo. Y en todos los ámbitos en que se despliega la estructura lo hace intentando acercarse al conocimiento de su tiempo. Ponemos por ejemplo varios lugares en que se “prueba” esta metafísica en el terreno del conocimiento del Universo.

En la lección, “Realidad y Estructura”, nos dice Zubiri¹⁵:

“La ciencia no solo afirma que el estado actual del Universo deriva de un estado inicial en virtud de ciertas leyes, sino que ha tenido que observar que esa evolución no consiste simplemente en que se cambien las configuraciones del Universo (la producción de las galaxias; dentro de las galaxias del polvo interestelar, la formación de estrellas en la fragmentación, el choque, etc.). Pero hay algo más, y es que en su evolución cambian, justamente, las leyes del Universo. No está dicho en ninguna parte, tampoco en la cosmología actual, que, por ejemplo, las leyes del campo gravitatorio hayan comenzado por ser actualmente existentes con todo su predominio en el estado inicial del Universo. Y entonces habría que preguntarse qué es lo que explica ese cambio de leyes: ¿Otras leyes superiores?”

Hoy en día diríamos que en el comienzo todas las interacciones, incluyendo la gravitatoria, estarían unificadas. A medida que bajara la temperatura del Universo al expandirse, se irían rompiendo las simetrías que había entre las interacciones. Hubo leyes de leyes (las que unifican las diversas interacciones, pero nos falta unificarlas con la gravedad).

Hoy sabemos que la edad del Universo es de trece mil ochocientos millones de años. Podemos entender el Universo, poco después del comienzo. La Relatividad General lo describe muy bien junto con la métrica que hemos visto da cuenta adecuada de la isotropía

¹⁵ Xavier Zubiri: *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 54.

que se desprende de nuestras observaciones y de su homogeneidad a gran escala (la métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, FLRW). Sabemos que la Relatividad General falla justo al comienzo, donde sería necesario tener una teoría de la gravedad cuántica que unifique la gravedad con las otras interacciones. Poco después de ese momento tiene lugar una expansión exponencial del Universo, la inflación, impulsada por un campo cuántico, el inflatón, del cual todavía no tenemos un conocimiento completo. Esa expansión diluyó la existente materia y radiación, pero repobló el Universo de materia y energía al decaer el campo al final de la inflación. Esa época fue la que dio a nuestro Universo una isotropía que nos transmite hasta hoy el fondo cósmico de microondas¹⁶ originado¹⁷ trescientos ochenta mil años después del comienzo, cuando la temperatura del universo permite que protones y electrones se recombinen formando átomos. Es cierto que la historia del cosmos sigue con el ritmo que le imponen los ingredientes del mismo. Después de la época de recombinación, en la que se forman el hidrógeno y el helio neutros, hay una época de oscuridad hasta que se forman las primeras estrellas y reionizan el universo. Sabemos, sin embargo, que lo que agrupa las estructuras que dan lugar a las galaxias y a los cúmulos de galaxias es un tipo de materia, la materia oscura¹⁸, de la que aún sabemos muy poco. Además hay otro ingrediente que en la época en que vivimos es crucial, la energía oscura¹⁹, una componente que actúa acelerando la expansión del Universo, pero que tenemos que identificar aún²⁰.

Curiosamente, ahora podemos dar respuesta a otra pregunta que se hacía Zubiri en *Estructura dinámica de la realidad*. En su lección recogida en el capítulo VII, el dinamismo de la alteración, vuelve al cosmos y escribe²¹:

¹⁶ David Spergel et al. (equipo WMAP): “First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP). Observations: Determination of Cosmological Parameters”, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 148, Chicago, (2003): 175-194

¹⁷ P.R. Ade et al. (colaboración Planck): “Planck 2015 Results. XIII. Cosmological Parameters”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A13, Paris, (2016): 1-63

¹⁸ Ver, por ejemplo, para una introducción accesible al amplio público: Alberto Casas, A.: *El LHC y la Frontera de la Física*, (Madrid: La Catarata; CSIC, 2019).

¹⁹ Ver, por ejemplo, para una introducción accesible al amplio público: Pilar Ruiz-Lapuente: *La Aceleración del Universo*, (Madrid: La Catarata; CSIC, 2019).

²⁰ Pilar Ruiz-Lapuente (ed.): *Dark Energy: Observational and Theoretical Approaches*, (Cambridge: Cambridge Univ. Press; 2010).

²¹ Xavier Zubiri: *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 154-155.

La expansión del Universo es relativamente clara. Primero aparece en la explosión de una primera configuración de la materia contenida en esa configuración; y en segundo lugar, de la dilatación misma del Espacio, en virtud de la inestabilidad intrínseca de esta primera constitución, resulta un tipo nuevo de espacio muy problemáticamente curvado aún. Si la expansión sigue acelerándose en la forma que sigue, allá en el límite, el Universo ¿tendrá una estructura cerrada, una estructura elíptica o más bien parabólica o hiperbólica? Es un asunto que está *sub judice*. Pero en todo caso es bien claro que la producción de tipos de Espacio es un logro de la evolución.

Podemos ver de nuevo que acepta la Relatividad General de Einstein, la cosmología de su época y la implicación de evolución con las posibles geometrías del Universo. No ha sido hasta el 2003, con la sonda WMAP²², que mide las fluctuaciones de densidad en el fondo de microondas, que se ha dado una respuesta al tema de la curvatura del Universo, que también ha sido confirmada por las observaciones del satélite Planck²³. El Universo tiene una geometría euclidiana (o pseudo euclidiana si tenemos en cuenta que hay cuatro dimensiones, las tres espaciales y la temporal). La geometría de curvatura nula se adquirió, según pensamos, en la expansión exponencial que tuvo lugar justo después del Big Bang, en la llamada inflación. En efecto, es pertinente decir con Zubiri que "la producción de tipos de Espacio es un logro de la Evolución" si entendemos aquí la evolución como la inflación: ese proceso "estiró" el espacio-tiempo hasta proporcionarle la métrica mencionada.

Vemos que en estas descripciones tanto desde la física actual como desde la de Zubiri, hay mucho proceso, hay mucho campo.

Pero en ello Zubiri no olvida la estructura. Unas líneas más adelante afirma²⁴:

A medida que el Universo va evolucionando y se va configurando, aparecen tipos de

²² David Spergel et al. (equipo WMAP): "First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP). Observations: Determination of Cosmological Parameters", *Astrophysical Journal Supplement Series*, 148, Chicago, (2003): 175-194.

²³ P.R. Ade et al. (colaboración Planck): "Planck 2015 Results. XIII. Cosmological Parameters", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A13, Paris, (2016): 1-63

²⁴ Xavier Zubiri: *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 155.

leyes mucho más sutiles, más difíciles de detectar, que fácilmente el hombre ha propendido a creer que son leyes de acción, y que son simplemente *leyes de estructura*, leyes estructurales. Por ejemplo, la propia gravitación. Einstein puso el dedo en la llaga: no hay fuerza de gravitación, la gravitación es la estructura de la curvatura del Universo”.

De hecho, desde una perspectiva actual, es adecuado lo que escribe: la evolución a grandes rasgos del Universo es la marcada por la Relatividad General para un universo cuya densidad es justo la que hace a este universo Euclidiano. Lo que la ciencia no sabía entonces es que la composición del mismo es escurridiza para nosotros aún hoy. La materia ordinaria apenas llega al 5% de lo que es el cosmos en su totalidad. Las componentes mayoritarias del Universo son: *a.* la materia oscura²⁵ (un 26%), que es un tipo de materia que está más allá del modelo estándar de partículas y cuya identificación es uno de los ejes principales de investigación en cosmología; y *b.* la energía oscura²⁶ (un 69%), que podría ser la constante cosmológica de Einstein, aunque podría haber otras posibilidades. Esa partición de las componentes del Universo ha sido conocida en el año 1998, con el descubrimiento de la aceleración de la expansión del Universo²⁷ desde hace unos cinco mil millones de años.

El filósofo donostiarra llama estructura al espacio-tiempo de la Relatividad General. ¿Podemos decir que el espacio-tiempo es una estructura? Einstein no quería dotarlo de ontología²⁸. Para él, atento a lo aprendido de Ernst Mach, lo que contaba era la distribución de masa en el Universo. Pero es bien cierto que el espacio-tiempo einsteiniano está captado por una formulación matemática que describe una dinamicidad inherente.

Zubiri²⁹ intuye que al igual de importante que esa estructura, nuestro Universo es

²⁵ Alberto Casas, A.: *El LHC y la Frontera de la Física*, (Madrid: La Catarata; CSIC, 2019).

²⁶ Pilar Ruiz-Lapuente (ed.): *Dark Energy: Observational and Theoretical Approaches*, (Cambridge: Cambridge Univ. Press; 2010). 2019.

²⁷ Adam G. Riess et al. (collaboration *High-z SN Team*): “Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant”, *Astronomical Journal*, 116, Chicago, (1998): 1009-1038. Saul A. Perlmutter et al. (collaboration *Supernova Cosmology Project*): “Measurement of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae”, *Astrophysical Journal*, 517, Chicago, (1999): 565-586

²⁸ Walter Isaacson: *Einstein: His Life and Universe*, (New York: Simon & Schuster; 2007).

²⁹ Xavier Zubiri: *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 155-156.

particular en el valor de ciertas constantes físicas. Escribe:

Y, finalmente, y lo que es más azorante, el Universo no se compone únicamente de leyes y de configuraciones iniciales: se compone de esas cuatro o seis misteriosas realidades que son las *constantes universales*: la constante de acción de Planck; la constante de la velocidad de la luz; la constante de la carga eléctrica de un elemento, etc. ¿Qué hacen estas constantes dentro del dinamismo causal?

Algún gran astrónomo, como Eddington, ha pensado que en la evolución se cambia también el sistema de constantes universales. En fin, no soy lo bastante técnico en la materia para poder opinar. Pero, como quiera que sea, en su forma actual, no cabe duda de que las constantes universales son un producto de la evolución”.

Es interesante saber que estaba al tanto de lo escrito por Eddington. Y también especula sobre si el valor de las constantes es un producto de la evolución.

Hoy en día, se estudia si hay variación de las constantes fundamentales, por ejemplo la constante de estructura fina³⁰, o si es incluso posible que haya variado la constante gravitatoria *G*. Y no se ha conseguido determinar ninguna variación significativa. Si la hubiera, sí que habría una evolución de la física del Universo, y de éste no podría decirse que tuviera uniformidad en lo fundamental. Parece que solo podemos imaginar cómo sería un universo con valores distintos para las constantes fundamentales. Y situamos ese posible universo dentro de lo que llamamos Multiverso, compuesto de los universos-burbujas diferentes que surgieron en la inflación, si la teoría de la inflación eterna es cierta. Cada uno de esos posibles universos podría tener diferentes constantes universales. Pero el Multiverso es por el momento una especulación, y el modelo correcto de inflación está todavía sin determinar. Es posible que lo que fija las constantes fundamentales pueda surgir de una teoría aplicable al estado inicial de gravedad cuántica de nuestro Universo. Eso está por llegar. Zubiri quiere situar esos elementos fundamentales como estructuras procesuales. Quizás la experimentación que estamos realizando pronto nos diga si es así.

³⁰ Constante propuesta por A. Sommerfeld, de quien Zubiri fuera alumno en su estancia en Alemania en la década de 1930. Caracteriza la fuerza de la interacción electromagnética. Es una cantidad sin dimensiones, por lo que su valor es independiente del sistema de unidades usado.

Hemos hablado de proceso, pero nos queda aclarar qué sabemos hoy de la estructuración de la realidad. ¿Podemos decir que solo hay estructura o estructura procesual? Nadie duda hoy del dinamismo de lo real. ¿Y qué decir sobre la ley física?

En Zubiri, la ley es expresión de la dinamicidad de la estructura. Eso supera la discusión problemática en torno a la ontología de la ley. No hace falta hablar de disposiciones, ni de regularidades al modo de Hume, ya que la ley en sí misma aparece inherente a la estructura. Recordemos que la visión disposicionalista está aún muy presente hoy, aunque también es muy criticada. Esta posición sostiene que las disposiciones de la realidad llevan a actuar y, al hacerlo, dan lugar a lo que nosotros llamamos "leyes". Los estructuralistas ópticos más eliminativistas, pensemos en Steven French³¹, encuentran ese dinamismo en simetrías y confrontan las disposiciones diciendo que son como las "virtudes dormitivas". Esta crítica podríamos suscribirla.

Si la visión substancialista de Aristóteles ya llevaba en sí misma una dinamicidad y hemos dispensado lo inadecuado de la substancia como realidad última de la realidad, debemos hablar de estructura.

El estructuralismo óptico es una visión para la cual la estructura es lo que es y no hay más cosas que estructuras. Para French, hay una estructura matemática desplegada en la que nuestras teorías sobre la ciencia representan el mundo como estructura. Pero el mundo como estructura es independiente de nosotros: el mundo como estructura no es en sí mismo representación. French va más allá que su colega Ladyman, con el que escribió sus primeros artículos fundacionales del estructuralismo óptico. Estos días defiende una versión "eliminativista" del estructuralismo óptico, en la cual la eliminación de objetos va más allá del nivel fundamental (electrones, por ejemplo) y llega hasta las 'entidades derivadas' presentando una forma de nihilismo hacia mesas, perros, personas, etc. Para este filósofo,

³¹ Steven French: "Defending Eliminative Structuralism and a whole Lot More (or Less)", *Studies in the History and Philosophy of Science*, 74, (2019): 22-29

todo lo que existe es estructura al nivel presentado por la física moderna. Mientras que una corriente realista disposicionalista como la del último Chakravartty³² hablaría de objetos y sus disposiciones que se traducen en leyes, y en lo que aquí concierne, en proceso, para French la estructura está tejida de simetrías que llevan consigo las leyes. Las leyes son el proceso de desarrollo que tan solo necesitaría de la estructura. Para Chakravartty, objeto, sucesos, procesos, tienen propiedades. French anula esa necesidad de "tener". No ve la necesidad de "tener" o "poseer". En el terreno que interesa más a French como realidad última, la física moderna, Chakravartty habla de que las partículas poseen ciertas propiedades. French habla de la necesidad de eliminar ese tipo de discurso, pues en el mundo de las partículas se asume una 'pseudo-individualidad' que no existe. Pero, de hecho, para French, no hay nada en el mundo de cada partícula. Un electrón lo es por su estructura manifestada en el grupo de simetría al que pertenece en el Modelo Estándar de partículas. Su visión es la más radical dentro del estructuralismo óptico, ya que cuestiona la posibilidad de emergencia de objetos a un 'nivel más alto'. Alude a que las mesas y sillas no lo serían si no existiera el principio de exclusión de Pauli, que surge de la antisimetría de la función de onda de los electrones ante una simetría de permutación.

Pero, nos preguntamos aquí, si French quiere llegar hasta la última reducibilidad de los componentes de la materia, por qué no aborda la posibilidad de que todas las partículas sean simplemente modos de vibración de una entidad única o cuerda, tal como sugieren los físicos de cuerdas. No hemos llegado a tocar fondo en lo que respecta a reducir la materia a su nivel más fundamental. Es un tema pendiente de la física. Su visión responde a una explicación desde el Modelo Estándar de partículas.

Tenemos también que pensar que en los objetos macroscópicos se introducen complejidades que no pueden reducirse al nivel cuántico. Surgen procesos probabilísticos, que no emanan de la cuántica sino de la complejidad de los sistemas y que requieren un tratamiento dentro de la termodinámica de sucesos complejos dándonos una visión muy

³² Anjan Chakravartty: *Scientific Ontology: Integrating Naturalized Metaphysics and Voluntarist Epistemology*, (New York: Oxford Univ. Press; 2017).

procesual de las estructuras que surgen en el macromundo (torbellinos, sistemas caóticos). Una excelente discusión sobre esto último se encuentra en Prigogine y Stengers³³.

Y el decir que no existe un ser viviente sería eliminar todo lo que la filosofía procesual de la biología nos presenta como estructura y subestructuras actuando en diversos niveles dentro ya de una descripción macroscópica de procesos.

Hemos hablado brevemente de estructuralismo óptico, pues a nuestro parecer un tipo moderado de estructuralismo óptico es el que presentó Zubiri en sus lecciones sobre la estructura dinámica de la realidad. También hemos dicho que este proyecto filosófico es procesual. Pero en lo que compete al cosmos ¿es un tipo de proceso determinista?

II. ¿Es el cosmos un proceso determinista?

La evolución del Universo viene dada por la Relatividad General y dentro de la filosofía de la cosmología algunos piensan en el universo Einsteniano como un Universo Bloque determinista en las cuatro dimensiones, donde lo que evoluciona es inescapable a lo que el Universo era en su comienzo. Una visión más detallada incluso desde la Relatividad General nos advierte de la complejidad de muchos fenómenos que se escapa de esa descripción.

George Ellis³⁴ describe lo que, por otra parte, es la visión suscrita mayoritariamente por los Físicos y Cosmólogos: incluso tratando solo el Universo en su evolución Einsteiniana, lo que ocurre en pequeñas escalas puede determinar la evolución a gran escala del Universo, y romper el determinismo de lo que sería el universo bloque³⁵.

³³ Ilya Prigogine & Isabelle Stengers: *Entre el Tiempo y la Eternidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1994).

³⁴ George F.R. Ellis: "Physics in the Real Universe: Time and Spacetime", *General Relativity and Gravitation*, 38, (2006): 1797-1824

³⁵ George F.R. Ellis: "Physics in the Real Universe: Time and Spacetime", *General Relativity and Gravitation*, 38, (2006): 1801-1802.

Esta dependencia en escala es una característica clave, relacionada íntimamente con la cuestión del *promediar en escalas*: cada descripción usada en una teoría física, incluyendo la descripción del espacio-tiempo, tiene un promedio de escala implícito involucrado (Ellis³⁶, Ellis & Buchert³⁷). Para tratar adecuadamente las estructuras complejas en el espacio-tiempo, uno debe tener muy claro qué escala promedio está usando. El flujo del tiempo es muy aparente a ciertas escalas (las de la biología, por ejemplo), y no aparente en otras (ej. la de la física fundamental). La microfísica clásica es reversible en el tiempo: la predictibilidad detallada hacia el pasado y el futuro es en principio posible; es en este caso que se puede decir que 'el presente' no tiene un significado concreto. Sin embargo, la multitud de interacciones involucradas, juntamente con la existencia de sistemas caóticos, pueden hacer la reversibilidad impracticable en la práctica, llevando al uso de descripciones estadísticas. La irreversibilidad del tiempo de la macrofísica y la biología está basada en la microfísica, pero con propiedades emergentes que a menudo implican un consecuente 'flujo del tiempo' y su asociado aumento de entropía. El pasado está fijado para siempre, y puede ser conocido ampliamente; el futuro es desconocido y en gran parte impredecible en detalle. El presente es más real que el futuro desconocido pues es en lo que la acción tiene lugar ahora, es cuando el futuro incierto se vuelve pasado inmutable.

Particularmente acertada la expresión de Ellis: "el ahora es cuando el futuro incierto se vuelve pasado inmutable". Como ejemplo habla de la rotura de un vaso de vino³⁸:

El resultado preciso (el conjunto específico de los fragmentos de vaso que resultan y sus posiciones en el suelo) es impredecible: no puedes pronosticar cuál será la fragmentación del vaso al verlo caer. No puedes predecir lo que pasará a ese nivel de detalle porque la descripción macroscópica de la situación (la forma inicial, el tamaño, la posición, y el movimiento del vaso) no tiene suficiente detalle en sus propiedades microscópicas (defectos en su estructura, por ejemplo) para calcularlo.

Sería posible determinar la fragmentación si tuviéramos una descripción cristalina detallada de la estructura del vaso, pero los datos no están disponibles en una descripción macroscópica. Desde el punto de vista macro lo que pasa es aleatorio; uno puede dar una descripción estadística del resultado probable, pero no una predicción detallada definida del resultado final actual. Desde un punto de vista microscópico clásico es determinista -simplemente no tienes suficientes datos y

³⁶ George F.R. Ellis: "Relativistic Cosmology: its Nature, Aims and Problems", B. Berlotti et al. (eds.) *General Relativity and Gravitation*, Dordrecht, Reidel, (1984).

³⁷ George F.R. Ellis & Thomas R. Buchert: "The Universe Seen at Different Scales", *Physics Letters A*, 347, (2005). 38-46.

³⁸ George F.R. Ellis: "Physics in the Real Universe: Time and Spacetime", *General Relativity and Gravitation*, 38 (2006): 1802

potencia computacional para averiguar lo que va a pasar-; pero la descripción macro y su descripción espaciotemporal asociada no contiene esa detallada información.

En esta sección que aquí hemos reproducido y que es la versión común de los físicos y cosmólogos, no hemos desarrollado los otros aspectos que Ellis menciona en la falta de predictibilidad del Universo real (como el ya mencionado asunto de la dinámica caótica, la incertidumbre cuántica, la interacción con la instrumentación, la complejidad emergente - incluyendo la acción humana y animal).

El Universo real es un proceso impredecible e indeterminista en lo concreto. El final *grosso modo* del Universo puede ser predecible en una escala muy genérica, si conociéramos mejor la naturaleza de los ingredientes del mismo, integrando toda una serie de procesos con su aleatoriedad. Ello en vez de constituir un Universo Bloque, constituye un Universo Bloque en Evolución. Queda añadida para la discusión metafísica esta precisión.

El Universo es procesual, en el mismo sentido en que lo es un ser vivo. ¿Es estructural? Siempre se puede uno referir a entidades, galaxias, estrellas, que están en dinamismo como sistemas o estructuras. Serían estructuras dinámicas en el sentido de Zubiri. Quizás French diría que tales cosas deben ser reducidas al campo de interacción de las partículas en sus Simetrías. Este influyente autor descarta la emergencia y para muchos filósofos éste es un concepto difícil.

Pero la descripción de emergencia es natural en el ámbito de la comunidad de físicos, y en estas líneas citadas por Ellis también aparece como un hecho dado. En física se puede definir así la emergencia: "Un comportamiento emergente de un sistema físico es una propiedad cualitativa que solo puede ocurrir en el límite en el que el número de constituyentes microscópicos tienda a infinito"³⁹. Así ocurre con la mecánica clásica, que se considera emergente de la mecánica cuántica, por ejemplo.

³⁹ Sophia Kivelson & Steven Kivelson: "Defining Emergence in Physics", *NPJ Quantum Materials, Nature Research*, 2024, Londres, (2016): 1-2

III. La estructura dinámica del cosmos en su formulación matemática

¿Cómo podemos formular el dinamismo del cosmos como estructura y proceso matemático?

Podemos calcular el desarrollo del cosmos desde hace diez mil millones hasta hoy. Esta es una proeza computacional que año tras año ha ido logrando alcanzar un rango de escala de descripción que va de lo más grande a lo más pequeño, cubriendo catorce órdenes de magnitud, en el momento presente. Hoy en día, el resultado de éste cálculo es comparable al Universo que conocemos al detalle. Quizás debamos retroceder hasta el año 2005 en que el equipo de la Millennium simulation⁴⁰ publicó sus primeros resultados en los que mostraban cómo galaxias, cúmulos de galaxias y estructuras más pequeñas dentro de las galaxias se formaban desde los comienzos tenues en que la materia estaba aún diluida hasta que las fluctuaciones de densidad iniciales eran amplificadas por la gravedad, formando pequeñas concentraciones de materia que se iban fusionando a medida que evolucionaba el Universo para dar lugar a galaxias cada vez más grandes. El proceso de formación de todo el detalle de la estructura a gran escala tenía una parte de ecuaciones analíticas más una parte altamente no-lineal que debía simularse en ordenadores con gran capacidad de cálculo. Para simular los detalles de menor escala se enlazaba la simulación general con cálculos Monte Carlo de cada proceso físico a contemplar dentro de las menores estructuras (enfriamiento del gas, formación de estrellas, enriquecimiento químico del medio, entre muchos). Con ello se pudo comparar con los datos observacionales de muestreos de galaxias en diferentes épocas del Universo.

Se ha podido calcular cómo cambia el color típico, la química y la morfología de las galaxias a medida que avanzamos hacia el Universo de hoy, cómo se agrupan las galaxias, y

⁴⁰ Volker Springel: *Millennium XXL: Simulating the Galaxy Populations in Dark Energy Universes*, Talk given at the AAS Meeting 227, (2021).

qué distribución de masa se obtiene dependiendo de diversos factores. El resultado es asombrosamente similar a lo observado.

Sí, el Universo es un proceso de procesos y se pueden formular matemáticamente. Partimos de unos componentes iniciales de materia oscura, energía oscura, materia ordinaria y otras condiciones más y el resultado es comparable a lo que se ve empíricamente. Este es un Universo determinista pues es una descripción macro y sin lugar a detallar ni lo aleatorio, ni lo caótico. Eso sucedería a otras escalas. Lo que hemos discutido en la sección anterior no queda desdicho por la posibilidad de cálculo.

¿Dónde está entonces el indeterminismo de este proceso?

Ni siquiera si tuviéramos satélites más potentes que *Planck*, que pudieran detectar cada micro-fluctuación en la estructura a gran escala del Universo, se podría decir que el Universo está ya determinado en el futuro desde su comienzo. Esto es así porque las inhomogeneidades que ocurren en él surgen de las fluctuaciones cuánticas durante la inflación. No estaban determinadas unívocamente por el estado del Universo antes de la inflación, ya que hasta que las fluctuaciones cuánticas cristalizaron en fluctuaciones clásicas, el resultado era impredecible.⁴¹

Debemos aclarar, por tanto, que este Universo calculable, no lo es desde el comienzo del cosmos, lo es después de la inflación. Y además en los dominios de fenómenos aleatorios, se abren posibilidades diversas: en el ámbito de la vida, por ejemplo, hay que considerar la historia aleatoria de las mutaciones genéticas alterada por los rayos cósmicos que caen sobre la Tierra. La emisión de un rayo cósmico específico en un momento y lugar dado es un suceso cuántico impredecible. Y su efecto es el de propiciar una mutación genética que puede

⁴¹ George F.R. Ellis: “Time really exists! The evolving block universe”, *Euresis Journal*, 7, Milan, (2014): 11-27

abrir un nuevo camino en la evolución biológica.

Por eso, y dando la mayor importancia a los avances en el cálculo del Universo observado, éste no es el verdadero Universo con toda su aleatoriedad.

A continuación abordaremos brevemente algunas cuestiones que han surgido en referencia a proceso y estructura y expondremos lo que concluimos en esta indagación.

Discusión y conclusiones

Nuestra discusión vuelve al comienzo, y se pregunta: si bien Rescher situó la cuestión del proceso frente a la substancia en cuatro posibles situaciones, y ahora que hemos determinado que, en lugar de substancia, lo fundamental es la estructura, ¿podemos plantearnos la cuestión de la *prioridad* ontológica? ¿Debemos entender que hay *prioridad* del proceso frente a la estructura, o es a la inversa? En la ontología de hoy se sigue hablando de *prioridad*, no tanto de *primacía* (este término tiene significados diversos, pero en metafísica debería ser equivalente a *prioridad*). Y la cuestión de la *prioridad ontológica* puede reducirse a dependencia ontológica⁴². Una cosa depende ontológicamente de otra si es necesaria la existencia de ésta para que exista aquella. ¿Depende el proceso de la estructura o es la estructura la que depende del proceso? Podemos pensar en nuestra Galaxia, ¿es una estructura que depende del proceso que la ha configurado? ¿O es un proceso que depende de la estructura de la misma? La cuestión es que no hay *prioridad* de proceso sobre estructura ni viceversa. El proceso es proceso de estructuración (o de estructurar). La estructura es una estructura de proceso (o procesual). Por lo tanto, debemos aceptarlas al mismo nivel, y desprendernos de un intento de priorización.

A nivel cósmico la estructuración procesual hace que nuestra Galaxia no sea algo fijo,

⁴² Kerry McKenzie: "Priority and Particle Physics: Ontic Structural Realism as Fundamentality Thesis", *British Journal for the Philosophy of Science*, 65(2), Oxford, (2014): 353-380

sino continuamente cambiante. En el futuro no tendrá la misma estructura que ahora pues habrá engullido galaxias menores que ya están en interacción gravitatoria con nuestra Vía Láctea delineando corrientes de estrellas y gas en varias direcciones. Muy lejos queda atribuir una substancia a la Galaxia. Nos quedamos con estructura en proceso (o proceso estructurante).

Ahora, brevemente retornemos sobre lo averiguado en relación a las preguntas de nuestro inicio. Hemos partido de las filosofías procesuales del siglo XX. Hemos visto que es necesario formular una metafísica clara y bien informada desde la ciencia, algo que pensamos no consiguió hacer Whitehead, pero sí Zubiri. Nos hemos preguntado si el Universo es procesual, si es estructural. Y hemos visto que así es, en efecto. La estructura básica de la evolución del Universo viene dada por las ecuaciones de Einstein para un Universo homogéneo e isótropo. Vemos que a escalas pequeñas y teniendo en cuenta algunos fenómenos, nuestro Universo no es determinista, sino que puede explicarse dentro del marco del llamado universo bloque en evolución. Contrariamente a algunos filósofos estructuralistas ónticos, debemos aceptar como algo inmediato la emergencia de lo macro desde lo micro. Esta es la postura que subyace, a nuestro parecer, en la filosofía de Zubiri en *Estructura Dinámica de la Realidad*, donde por otra parte soluciona muy bien el cómo podemos entender la ley física. Y entiende de una forma natural la emergencia. Al ser el estructuralismo zubiriano de carácter óntico, hemos indagado dónde se sitúan las propuestas de este tipo hoy en día. La postura más extrema de esta corriente de pensamiento la defiende Steven French, quien niega la emergencia y el dar ontología a lo macroscópico. Seguramente Zubiri se situaría hoy en alguna corriente de estructuralismo óntico moderado.

Para responder a las preguntas que Zubiri se hace sobre el Universo, hemos esbozado lo que sabemos en cosmología actualmente. Hemos abordado el tema de si nuestro Universo es determinista o está en apertura, mencionando las dos corrientes de la filosofía de la cosmología actual: la del Universo Bloque y la del Universo Bloque en Evolución, siendo esta última la que creemos describe mejor el Universo real en su complejidad. Son muchas

las cuestiones que la ciencia debe determinar para informar los debates metafísicos. Las respuestas surgirán conforme sepamos más del mundo de las partículas que forman nuestro Universo y de la gravedad cuántica, fundamental al inicio del mismo. Pero la descripción del Universo como proceso estructurado seguramente no cambiará.

Agradecimientos

Quiero expresar un especial agradecimiento a Carlos Sierra-Lechuga por las conversaciones mantenidas en torno al procesualismo y el estructuralismo, tanto dentro como fuera de las sesiones del grupo Realidad y Proceso de la Fundación Xavier Zubiri.

Fuentes Bibliográficas

- Ade, P. R., et al. (collaboration Planck): “Planck 2015 Results. XIII. Cosmological Parameters”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A13, Paris, (2016): 1-63
- Aristóteles. *Metafísica*, ed. Trilingüe, trad. Valentín García Yebra, (Madrid: ed. Gredos; 1998 (1970)).
- Banzal, Deepak: “Whitehead Cosmology-Process Relational: Perspective to Relativity and Quantum Mechanics”, *Cosmos and History: the Journal of Natural and Social Philosophy*, 14, 1, (2018). (27-39).
- Bourne, Craig: *A Future for Presentism*, (Oxford: Oxford Univ Press; 2006).
- Casas, Alberto A.. *El LHC y la Frontera de la Física*, (Madrid: La Catarata; CSIC; 2019).
- Chakravartty, Anjan. *Scientific Ontology: Integrating Naturalized Metaphysics and Voluntarist Epistemology* (New York: Oxford Univ Press; 2017.).
- Dupré, D. J. & Nicholson, J.. *A Manifesto for a Processual Philosophy of Biology*, (Oxford: Oxford Univ. Press; 2018).
- Ellis, George F. R. & Buchert, Thomas R. “The Universe Seen at Different Scales”, *Physics Letters A*, 347, 2005. (38-46).
- Ellis, George F. R.. “Physics in the Real Universe: Time and Spacetime”, *General Relativity and Gravitation*, 38, (2006): 1797-1824.
- Ellis, George F. R.: “Physics in the Real Universe: Time and Spacetime”, *General Relativity and Gravitation*, 38 (2006): 1802.
- Ellis, George F. R.: “Time really exists! The evolving block universe”, *Euresis Journal*, 7, Milan, (2014): 11-27.
- Ellis, George, F. R.: “Relativistic Cosmology: its Nature, Aims and Problems”, B. Berlotti et al. (eds.) *General Relativity and Gravitation*, (Dordrecht: Reidel; 1984).

- French, Steven. “Defending Eliminative Structuralism and a whole Lot More (or Less)”, *Studies in the History and Philosophy of Science*, 74, (2019): 22-29.
- Isaacson, Walter. *Einstein: His Life and Universe*, (New York: Simon & Schuster; 2007).
- Kivelson, Sophia & Kivelson, Steven. “Defining Emergence in Physics”, *NPJ Quantum Materials, Nature Research*, 2024, London, (2016): 1-2
- Klose, Joachim. “Process Ontology from Whitehead to Quantum Physis”, Atmanspacher , Harald & Primas, Hans (eds.), *Recasting Reality*, (Berlin: Springer; 2010): 151-170.
- Levins, R. & Lewontin, R.: *The Dialectical Biologist*, (Cambridge MA: Harvard Univ. Press; 1985).
- McKenzie, Kerry. “Priority and Particle Physics: Ontic Structural Realism as Fundamentality Thesis”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 65(2), Oxford, (2014). 353-380.
- Perlmutter, Saul A., et al. (collaboration *Supernova Cosmology Project*): “Measurement of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae”, *Astrophysical Journal*, 517, Chicago, (1999): 565-586
- Prigogine, Ilya & Stengers, Isabelle. *Entre el Tiempo y la Eternidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1994).
- Rescher, Nicholas. *Process Metaphysics: an Introduction to Process Philosophy* , (Albany: SUNY Press; 1996).
- Riess, Adam G, et al. (collaboration *High-z SN Team*): “Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant”, , *Astronomical Journal*, 116, Chicago, (1998): 1009-1038.
- Ruiz-Lapuente, Pilar (ed.). *Dark Energy: Observational and Theoretical Approaches*, (Cambridge; Cambridge Univ. Press; 2010).
- Ruiz-Lapuente, Pilar. *La Aceleración del Universo*, (Madrid: La Catarata; CSIC; 2019).
- Sider, Theodore. *Four-Dimensionalism: an Ontology of Persistence and Time*, (Oxford: Oxford Univ. Press; 2001).
- Spergel, David. et al. (equipo WMAP): “First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP). Observations: Determination of Cosmological Parameters”, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 148, Chicago, (2003): 175-194.
- Springel, Volker. *Millennium XXL: Simulating the Galaxy Populations in Dark Energy Universes*, Talk given at the AAS Meeting 227, (2021).
- Weiss, Paul Alfred. “From Cell to Molecule”, Allen, J.M. (ed.), *The Molecular Control of Cellular Activity*, (Toronto: McGraw Hill; 1962):1-72
- Whitehead, Alfred North. *Proceso y Realidad*, (Buenos Aires: Ed. Losada; 1956, (1929)).
- Xavier, Zubiri. *Estructura Dinámica de la Realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989).