

rcfc

REVISTA COLOMBIANA DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA



UNIVERSIDAD **EL BOSQUE**

DEPARTAMENTO DE HUMANIDADES
Programa de Filosofía

rcfc

REVISTA COLOMBIANA DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Indexada en
Publindex, Categoría B
Philosopher's Index
Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (RedALyC)



UNIVERSIDAD **EL BOSQUE**

DEPARTAMENTO DE HUMANIDADES
Programa de Filosofía

©Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia

ISSN: 0124-4620

Volumen xvii No. 34

2017 enero-junio

Editor Edgar Eslava, *Universidad El Bosque*

Editor Asistente Gustavo Silva, *Universidad El Bosque*

Asistente Editorial Néstor Julián Carmona Briceño, *Universidad El Bosque*

Comité Editorial Gustavo Caponi, *Universidad Federal de Santa Catarina*. José Luis Cárdenas, *Universidad El Bosque*. Flor Emilce Cely, *Universidad El Bosque*. William Duica, *Universidad Nacional de Colombia*. Edgar Eslava, *Universidad El Bosque*. Olimpia Lombardi, *Universidad de Buenos Aires*.

Comité Científico Rafael Alemañ, *Universidad Miguel Hernández, España*. Eugenio Andrade, *Universidad Nacional de Colombia*. Alfredo Marcos, *Universidad de Valladolid, España*. Nicholas Rescher, *Universidad de Pittsburg, EE.UU.* José Luis Villaveces, *Universidad Nacional de Colombia*.

Fundador Carlos Eduardo Maldonado, *Universidad El Bosque*

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Rector Rafael Sánchez París, *MD, MSc*

Vicerrectora Académica María Clara Rangel Galvis, *OD, MSc, PhD*

Vicerrector Administrativo Francisco José Falla Carrasco

Vicerrector de Investigaciones Miguel Ernesto Otero Cadena, *MD*

Directora del Departamento de Humanidades Ana Isabel Mendieta

Directora del Programa de Filosofía Ana Isabel Rico Torres

Corrección de estilo RCFC

Concepto, diseño, diagramación y cubierta Centro de Diseño y Comunicación;
Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación; *Universidad El Bosque*

Impresión Xxxxxx

Solicitud de canje Universidad El Bosque, Biblioteca – Canje, Bogotá - Cundinamarca - Colombia, biblioteca@unbosque.edu.co

Suscripción anual Colombia: \$20.000. Latinoamérica: US\$20. Otros países: US\$40

Suscripción electrónica Para recibir dos números al año solicitar el formulario de suscripción al correo revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Correspondencia e información Universidad El Bosque, Departamento de Humanidades, Cra. 7B # 132-11, Tel. (57-1) 258 81 48, revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacionales S.A.

No 2015 - 280 4-72, vence 31 de Dic. 2015

Línea de atención al cliente:

(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional

www.4-72.com.co

El servicio de **envíos**
de Colombia



CONTENIDO

Del efecto Baldwin al efecto Huxley <i>Gustavo Caponi (Brasil)</i>	7
La evolución de los sistemas complejos adaptativos según el “darwinismo cuántico” de Zurek <i>Eugenio Andrade (Colombia)</i>	41
El problema de la continuidad metabólica en criptobiosis y su estudio durante la segunda mitad del siglo xx <i>Dancizo Toro Rivadeneira & José Luis González Recio (España)</i>	75
Igualdad, cooperación y territorialidad. De las bandas del Paleolítico superior a las pandillas centroamericanas contemporáneas <i>Bernardo Bolaños Guerra & Maximiliano Martínez Bohórquez (México)</i>	99
El responsabilismo epistémico en la analogía etnoarqueológica: aproximaciones a una teoría de la justificación para la práctica arqueológica en México <i>J. Alfredo Robles Zamora (México)</i>	117
Consistencia, no trivialidad y redundancia en matemática <i>Eleonora Catsigeras (Uruguay)</i>	137
Sobre la noción de información y algunas implicaciones en el ámbito psicosocial <i>Isabella Builes Roldán (Colombia)</i>	161
Los espacios tecnológicos: un acercamiento al malestar cultural de los medios de comunicación en McLuhan <i>Maribel Deicy Villota Enriquez, Dora Alexandra Villota, Efraín Bámaca-Lopez. & Pedro Galindez Velasco (Colombia)</i>	179
Indicaciones para los autores	201
Instructions for authors	203

DEL EFECTO BALDWIN AL EFECTO HUXLEY^{1,2}

FROM BALDWIN EFFECT TO HUXLEY EFFECT

Gustavo Caponi^{3,4}

RESUMEN

En *la evolución: síntesis moderna* de 1943, Julian Huxley esboza un posible desarrollo de lo que se ha dado en llamar efecto Baldwin, que diverge significativamente de lo pensado por Morgan y por el propio Baldwin en 1896. La versión que Huxley presenta de la selección orgánica se centra exclusivamente en los efectos evolutivos de los ajustes comportamentales realizados por los organismos individuales; dejando de lado el impacto evolutivo de los ajustes fisiológicos, que sí eran considerado por Baldwin y Morgan. Pero, pese a esa restricción, el tipo de efecto evolutivo que Huxley concibe como posible consecuencia de los cambios comportamentales va mucho más allá de una posible, aunque quizá improbable, transformación en instinto del hábito adquirido. Conforme Huxley nos deja ver, los modos en que los organismos se comportan pueden resultar en presiones selectivas de muy diversa índole. El efecto Huxley, que en cierta medida anticipa la idea de construcción de nichos y temas como la co-evolución gen-cultura, fue mejor explicado por Schrödinger y Popper.

Palabras clave: Huxley, J., Popper, K., comportamiento, evolución, selección orgánica.

ABSTRACT

In *Evolution: the Modern Synthesis* of 1943, Julian Huxley outlines a possible development of what has been called the Baldwin effect, which diverges significantly from what was thought by Morgan and Baldwin himself in 1896. Huxley's version of organic selection focuses exclusively on the evolutionary effects of behavioral adjustments made by individual organisms; leaving aside the evolutionary impact of physiological adjustments, which were not neglected by Baldwin and Morgan. But despite this restriction, the type of evolutionary effect that Huxley conceived as possible consequences of behavioral changes goes far beyond a possible, though perhaps unlikely, transformation in instincts of acquired habits. As Huxley leaves us see, the ways in which organisms behave can result in selective pressures of various kinds. That Huxley effect, however, that to some extent anticipates the idea of niche construction, and issues such as the gene-culture co-evolution, was best explained by Schrödinger and Popper.

Keywords: Huxley, J., Popper, K., behavior, evolution, organic selection.

1 Recibido: 17 de septiembre de 2015. Aceptado: 28 de marzo de 2017.

2 Este artículo se cita así: Caponi, Gustavo. "Del efecto Baldwin al efecto Huxley" *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 17.34 (2017): 7-40.

3 Profesor titular de la Universidad Federal de Santa Catarina. Correo electrónico: gustavoandrescaponi@gmail.com

4 Florianópolis (Brasil).

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras caracterizaciones de ese posible mecanismo evolutivo que pasó a ser conocido como ‘selección orgánica’, fue propuesta en 1896, de forma independiente y casi simultánea, por dos pioneros de los estudios de inspiración darwinista sobre comportamiento animal: el inglés Conwy Lloyd Morgan y el estadounidense James Mark Baldwin. Fue medio siglo después que George Gaylord Simpson (1953) se refirió a dicho mecanismo con la expresión ‘efecto Baldwin’⁵; contribuyendo, entonces, al relativo eclipse de Morgan en lo que atañe a esa cuestión: este no tuvo su efecto, aunque sí su canon (Morgan 1903 53)⁶. Baldwin formuló la idea en “A new factor in evolution”; que fue publicado en dos partes aparecidas en sendos números consecutivos del *American Naturalist* (Baldwin 1896a;1896b). Morgan, mientras tanto, lo hizo en “On modification and variation” (Morgan 1896a): un artículo, publicado por *Science*, que no era otra cosa que la edición anticipada de un capítulo de *Habit and Instinct* (Morgan, 1896b 307-46). Y, seis años después, Baldwin también reeditó su trabajo en *Development and evolution*. Lo hizo con “ligeras modificaciones, principalmente terminológicas” (Baldwin 1902a 90 n1); y una de ellas fue la del título, que pasó a ser: “A factor in evolution: organic selection” (Baldwin 1902a).

Algunos autores tampoco dejan de atribuirle el ‘co-descubrimiento’ del efecto Baldwin a Henry Osborn⁷. Pero, pese a que hasta el propio Osborn (1897 584) así lo haya pretendido, yo creo que aceptar eso envuelve un error: Osborn (1891 205) sostenía posiciones neolamarckianas (Depew 2003 9); confundiendo el mecanismo aludido por Morgan y Baldwin con una simple transmisión hereditaria de modificaciones funcionales adquiridas (Osborn 1896 787). Que era precisamente lo que Morgan y Baldwin querían evitar. Con todo, no es de las diferencias entre estos y Osborn que aquí habré de ocuparme. Las que aquí habrán de interesarme son las diferencias que existen entre el modo en que Morgan y Baldwin entendieron la selección orgánica, y el modo en que lo hizo Julian Huxley cuando retomó esa idea en *La evolución: síntesis moderna* de 1943 (Huxley 1965[1943]). Si Osborn se apartó de Morgan y Baldwin en un sentido teóricamente regresivo, Huxley lo hizo en un sentido ciertamente progresivo; y es por eso que quiero apuntar las particularidades que había en su comprensión de la selección orgánica.

5 Véase: Depew (2003 3); Downes (2003 37); Longa (2005 21) y Corning (2014 244).

6 Sobre el *Canon de Morgan*, véase: Allen & Bekoff (1997 25) y Renk & Servais (2002 52).

7 Véase: Kellogg (1907 208); Huxley (1965[1943] 291); Simpson (1953 110); Mayr (1963 610); Maynard Smith (1987 761); Robinson & Dukas (1999 582); Depew (2003 4); Hall (2003 142); West-Eberhard (2003 25); Andrade (2009 253); Young (2013 355); Santos et al (2015 127) & Pigliucci (2010 366).

La versión de dicho proceso que Huxley presentó en 1943, se centraba exclusivamente en los efectos evolutivos de los ajustes comportamentales realizados por los organismos individuales; y eso dejaba de lado el impacto evolutivo de los ajustes fisiológicos, que Baldwin y Morgan también habían considerado como posibles disparadores del tipo de proceso selectivo por ellos aludido. Pero, pese a esa limitación, el tipo de efecto evolutivo que Huxley atribuyó a los cambios comportamentales no se restringía a la eventual transformación de hábitos adquiridos en instintos heredables. De darse, esa suerte de asimilación genética sería, más bien, solo una forma muy peculiar, y quizá muy improbable (Longa 2005 31; 2009a 1061), de selección orgánica. Conforme Huxley supo verlo y mostrarlo, los cambios en los modos en que los organismos se comportan, al resultar en nuevas interacciones ecológicas, podían contribuir a la configuración de presiones selectivas de muy diversa índole: presiones selectivas que, en la medida en que mediase la debida oferta de variantes hereditarias (Caponi 2014a 115), serían capaces de afectar a toda y cualquier estructura, reacción, capacidad o comportamiento, cuya modificación afectase la eficiencia del viviente en el ejercicio de esas nuevas interacciones. Pero, aunque *La evolución: síntesis moderna* sea el primer lugar en el que se sugiere esa relectura del *efecto Baldwin*, y eso hasta nos autorice hablar del *efecto Huxley*; aún así, para poder comprender bien la naturaleza y el alcance de esa reformulación de las tesis de Baldwin y Morgan, tendremos que ocuparnos de otros autores que, tomando como punto de partida a Huxley, supieron explicar y precisar diferentes aspectos de lo sugerido por este último en 1943. Aludiré, por eso, a las tesis de Bertha Lutz sobre los efectos evolutivos de la *elección de hábitat*, que son un eco temprano de lo propuesto por Huxley; pero más me detendré en el modo en el que Erwin Schrödinger, y sobre todo Karl Popper, presentaron esas ideas. Estos dos autores nos permitirán ver que el *efecto Huxley* anticipó, en cierta medida, la idea de *construcción de nichos*, y también temas como la, hoy muy discutida, *co-evolución gen-cultura*.

2. EL EFECTO BALDWIN

Que el término ‘selección orgánica’ haya sido adoptado como equivalente de lo que después se dio en llamar ‘efecto Baldwin’, es algo que se lo debemos a Morgan (1897) y al propio Osborn (1897). Originalmente, Baldwin (1896a 447) había acuñado esa expresión para denotar solo el punto de arranque del proceso, o *efecto*, al cual después su nombre quedó asociado; y ese punto de arranque era que lo que hoy llamaríamos ‘adaptación fisiológica’ o ‘adaptación ontogenética’: el ajuste o acomodación funcional del organismo a las condiciones de su medio; incluyendo entre esos ajustes al propio comporta-

miento (Baldwin: 1896a 442; 1902b 138; 1902c 151)⁸. Lo que en la literatura actual se denomina ‘efecto Baldwin’ sería una posible repercusión evolutiva de esas adaptaciones fisiológicas u ontogenéticas: en determinadas circunstancias dichos ajustes o acomodaciones podrían propiciar la configuración de ciertas presiones selectivas que conducirían al surgimiento de genuinas adaptaciones evolutivas (Andrade 2009 255).

Puede decirse, por eso, que la selección orgánica, en el sentido original y restringido de la expresión, pertenecería al orden de las causas próximas, al orden de los fenómenos que se verifican en los cambios de estado de los organismos individuales (*cf.* Caponi, 2013 200). Ya el *efecto Baldwin* – o ‘selección orgánica’ en ese sentido más amplio en el que Morgan usó ese término, y que después fue adoptado por el propio Baldwin (1909 17-8), por Huxley (1965[1943] 290), y por los que lo siguieron a este último⁹ – ya se inscribiría en el orden de las causas remotas; que es orden de los fenómenos que se registran en la evolución de los linajes (Caponi 2013 201). Pero creo que para orientarnos en nuestra discusión, la distinción entre la adaptación en sentido evolutivo y la adaptación en sentido ontogenético puede ser más útil que la propia polaridad próximo-remoto que le da fundamento (Caponi 2013; 2014b).

Hoy la distinción entre las dos acepciones del término ‘adaptación’ nos parece clara¹⁰. La adaptación fisiológica u ontogenética es una alteración (morfológica, funcional, o comportamental) que ocurre en un organismo individual como respuesta funcionalmente adecuada a un cambio en su entorno, o en su propio medio interno¹¹. La adaptación evolutiva, por su parte, es un cambio en un estado de carácter que se da en un linaje como resultado de la selección natural¹². Pero en la Biología de fines del siglo XIX, el vocabulario no estaba, ni tan afinado, ni tan estandarizado. Así, para referirse a la adaptación ontogenética, que Spencer (1891[1864] 435) había llamado ‘equilibración directa’ o simplemente ‘adaptación’(Caponi, 2014c, p.55), Baldwin (1896b 552) hablaba de ‘selección orgánica’; mientras que Osborn (1896 787) aludía a eso con el término ‘variación ontogenética’ (Baldwin 1896a 442). Morgan (1896a 739), por su parte, lo hacía con el término ‘modificación’ (Baldwin: 1897 772; 1902c 151); y es para no perdernos en esa confusión terminológica que me parece útil que tengamos presente la distinción contemporánea entre *adaptación ontogenética* y *adaptación evolutiva*.

8 Al respecto, ver: Simpson (1953 111); Crispo (2007 2470) & Andrade (2009 253).

9 Ver: Thorpe (1945 68); Lutz (1948 30); Schrödinger (1983[1958] 27) & Popper (1977[1974] 242).

10 Véase: Abercrombie *et al* (1961 12); Ruse *et al* (1996 7) ; Lincoln *et al* (2009 19) y Caponi (2014b 191).

11 Véase: Sober (1984 204); West-Eberhard (1998 8) & Griffiths (1999 3).

12 Véase: Sober (1984 204); Coddington (1994 56); Futuyma (1998 578); West-Eberhard (1998 8) & Griffiths (1999 3).

El *efecto Baldwin* sería un proceso selectivo por el cual la modificación resultante de una adaptación ontogenética da lugar a una adaptación evolutiva (Andrade 2009 253); sin que para eso medie una transmisión de las características hereditarias como las postuladas por los biólogos neolamarckianos. Para estos últimos, conforme se veía muy bien en el caso de Spencer (1891[1864] 436), lo que hoy llamamos adaptación evolutiva era solo un resultado, un acumulado transgeneracional, de la adaptación fisiológica (Caponi 2014c). Pero, aunque ese fuese el caso de Osborn, lo cierto es que Baldwin y Morgan ya estaban pensando de otra forma (Longa 2005 26). Ambos habían aceptado el neodarwinismo de Weissman (1990[1883]); y apuntaban a un proceso que cupiese en ese marco de referencia. Marco que, en 1896 – dicho sea de paso –, distaba mucho de ser plenamente aceptado (Kellogg 1907; Bowler 1985). Aunque en el algún sentido pueda decirse que el *efecto Baldwin* permite una aproximación entre neolamarckismo y neodarwinismo, por el hecho de reconocer que las adaptaciones del organismo individual desempeñan un papel en la evolución¹³, lo más importante es que la manera en la cual Morgan (1896a 740) y el propio Baldwin (1896a 444) pensaron esa conexión, era puramente seleccionista (Baldwin 1909 21; Morgan 1910 428)¹⁴.

En su forma más simple, general y directa el punto de partida del tipo de proceso selectivo pensado por Morgan y Baldwin sería una población que enfrenta nuevas condiciones ambientales, y en la cual algunos organismos se muestran más aptos o más flexibles que otros para responder a esas nuevas circunstancias o para aprovecharlas mejor (Godfrey Smith 55). Es decir: habría ahí individuos con mayor capacidad que otros para adaptarse fisiológica o etológicamente a esas nuevas circunstancias, generando modificaciones morfológicas, funcionales y comportamentales adecuadas a los nuevos retos u oportunidades. Esa capacidad, o mayor flexibilidad, debía preexistir, por supuesto, al cambio de condiciones; y podemos pensarla como una característica genéticamente heredada que, en las condiciones anteriores al cambio ambiental, no solo no generaba diferencias de aptitud entre los individuos en los que ella estaba presente y los que no, sino que hasta ni siquiera se manifestaba.

Pero, una vez ocurrido ese cambio, los organismos que presentaban esa mayor potencialidad heredada para ajustarse, pasaron a verse beneficiados por las modificaciones de forma, función o comportamiento que ellos, pero no el resto de la población, eran capaces de desarrollar; siendo a esas modificaciones

13 Además de Baldwin (1902b 138) y Osborn (1897 584), así también lo han entendido Simpson (1953 110) y Piaget (1969 98). También: Andrade (2009 255) & Malone et al (2014 304).

14 Así lo han reconocido Poulton (apud Osborn, 1897 585); Simpson (1953 115); Popper (1977[1974] 242); Dennett (1996 323); Turney (1996 135); Andrade (2009 255) & Pigliucci (2010 366).

que se aplica el *efecto Baldwin*. Por su mediación esas modificaciones podrían devenir hereditarias (Morgan 1896 738); aunque quizá sería mejor decir que por su mediación esas adaptaciones ontogenéticas podrían ser sustituidas, o relevadas, por variaciones hereditarias que fuesen sus sucedáneos funcionales; siendo de esperar que, en muchos casos, la configuración de dichos sucedáneos resultase similar a la de sus predecesores no heredables¹⁵. Y aquí también conviene recordar una precisión oportunamente introducida por Mary-Jane West-Eberhard (2003 151): esas variaciones hereditarias no tienen por qué ser pensadas como ocurriendo necesariamente después del cambio ambiental y del surgimiento de las adaptaciones ontogenéticas.

Como ocurre con el caso de las propias variantes más propensas a estas últimas adaptaciones, las variaciones hereditarias que dan lugar a los equivalentes funcionales seleccionables de dichos ajustes ontogenéticos, no tienen por qué ser algo inédito. Lo más simple, por el contrario, es pensar que las mismas formaban parte del repertorio de variaciones que regularmente surgen en un linaje, sin que la selección natural las premie, y hasta incluso las castigue. Pero, al cambiar las circunstancias, y al surgir adaptaciones ontogenéticas que modifican las interacciones de esos seres vivos con el ambiente, las mismas pasan a ser premiadas por la selección natural. Situación que las torna más frecuentes; y, por eso mismo, más visibles. Pensar de la otra manera, considerar que las variantes a ser seleccionadas solo surgen después de la modificación ambiental, sería una forma débil de neolamarckismo de la que no hay evidencia en los escritos de Baldwin y Morgan: sería insinuar que las variantes son, de alguna manera, una respuesta al cambio ecológico.

En realidad, si nos atenemos solo al *orden de las razones*, el primer supuesto del *efecto Baldwin* es que la ocurrencia de cualquier adaptación ontogenética que incremente la aptitud de los individuos de cierto linaje, ya crea condiciones favorables al surgimiento de presiones selectivas tendientes a premiar las variaciones hereditarias que puedan hacer que esas adaptaciones ontogenéticas ocurran de forma más rápida y directa; sin la mediación de estímulos ambientales desencadenantes o sin necesidad de procesos de aprendizaje. De ese modo, lo que primero era un desempeño funcional atribuible a una adaptación ontogenética, pasa después a ser ejercido por una configuración que responde a un estado de carácter resultante de la selección natural; que es lo que se denomina ‘adaptación evolutiva’ (Baldwin 1909 18).

15 Al respecto, ver: Kellogg (209); Simpson (1953 112); Piaget (1978 73); Maynard Smith (1987 761); Suzuki & Arita (2004 58); Lincoln et al (2009 73) & Longa (2009b 48).

En ese caso, como lo explicaba el propio Baldwin (1902b 138): “la especie progresará en la misma dirección inicialmente marcada por las modificaciones adquiridas; y tomará progresivamente, por variación congénita, los mismos caracteres que al inicio eran solo individualmente adquiridos”. Morgan (1900 115), por su parte, hablaba de ‘selección de variaciones coincidentes’; y para él una *variación coincidente* no era otra cosa que una variación que remedaba lo que antes había resultado de una modificación (Morgan 1900 37). Recuérdese, en este sentido, que, para Morgan, esa palabra denotaba el ajuste de un organismo individual a las contingencias de su ambiente. Una modificación era una adaptación ontogenética y una variación coincidente era una variación heredada que reproducía esa adaptación (Baldwin 1909 18).

Sin embargo, tanto en el caso de Baldwin como en el de Morgan, el interés principal estaba en un tipo particular de adaptación o acomodación ontogenética. El foco de ambos, psicólogos al fin, estaba en el comportamiento. Para ellos, el principal interés de la selección orgánica residía en que ella constituía un mecanismo por el cual la conducta habitual podía devenir instintiva (Longa 2009a 1062). “De acuerdo con esta hipótesis”, conforme lo dijo muchos más tarde Gregory Bateson (1973 323-4), usando un lenguaje que ya no era el de Morgan y Baldwin, “el cambio genotípico en un organismo sería comparable al cambio legislativo en una sociedad. El legislador sabio raramente establece una norma de conducta; sino que usualmente se limita a sancionar una ley que antes ya era un uso de la gente”. Pero, esa sanción genética, esa asimilación genética, se daba sin que intervengan factores lamarckianos.

En 1884, George Romanes (1884 180) había vuelto a defender la clásica teoría según la cual un instinto era un hábito devenido hereditario (Malone et al 2014 304): una conducta aprendida cuya repetición habitual la terminaba haciendo hereditaria (Baldwin 1909 9-10)¹⁶. Y, para corroborar el carácter legítimamente darwinista de su posición, el propio Romanes había complementado su libro con un ensayo de Darwin (1884 361), hasta ese momento inédito, en el que esa posición era defendida. Como también había sido defendida en *The descent of man* (Darwin 2004 [1871] 88). Pero, aunque ese punto de vista – si se quiere neolamarckiano – sobre el instinto seguiría siendo defen-

16 Sin nunca dejar de reivindicarse darwinista, George Romanes (1895 150) siempre defendió la transmisión de los caracteres adquiridos, incluso después de la publicación de los escritos de Weissman a ese respecto. En realidad, en los años en los que Huxley (1965[1943] 22) situó el tan mentado eclipse de darwinismo, la división entre un campo neolamarckiano y un campo neodarwiniano fue menos tajante de lo que Bowler (1985) puede hacernos pensar. Piénsese que, aun en 1889, un darwinista militante como Edward Poulton (1908[1889]) podía seguir considerando que la transmisión de los caracteres adquiridos era una cuestión que permanecía abierta.

dido durante mucho tiempo¹⁷, Baldwin (1909 21) y Morgan (1910 428) lo recusaron, prefiriendo esa explicación que aquí estamos examinando. Y es esa forma del efecto Baldwin, la que se refiere al comportamiento, yendo del aprendizaje al instinto, la que más interés ha suscitado¹⁸.

La misma tiene, por otra parte, una particularidad que merece ser destacada: en muchos casos, la conducta aprendida que opera como adaptación ontogénica, puede difundirse en la población por mecanismos de imitación, en el sentido más amplio de la palabra. Así, su aprendizaje no dependerá solo de la experiencia de vida de cada organismo individual, y de su mayor o menor capacidad para integrar el comportamiento exitoso en su repertorio conductual; sino que además de eso, la adquisición del nuevo esquema de comportamiento se verá facilitada por lo que los otros organismos ya aprendieron. Baldwin (1896b 533-6) hablaba de una *herencia social* que contraponía a la *herencia física* (Baldwin 1896a 446; 1902d 65)¹⁹. Esta última era la que preservaba las variaciones que él llamaba ‘congénitas’ o ‘blastogénicas’ (Baldwin 1902 151), esas que más tarde serían llamadas ‘genéticas’; y la primera, la herencia social, era la involucrada en lo que él llamaba ‘tradición’: “el traspaso de los hábitos adquiridos de generación en generación, independientemente de la herencia física” (Baldwin 1902c 151). Y era claro que esa forma de herencia tenía implicaciones evolutivas (Andrade 254).

Al facilitar el acceso al nuevo esquema comportamental, por el hecho de ahorrarles a los individuos el tener que aprenderlo todo por sí mismos, la herencia social contribuía a configurar y a intensificar presiones selectivas que actuarán en pro de cualquier modificación hereditaria que facilitase el aprendizaje de ese comportamiento e incrementase la eficiencia en su realización. Si en un mundo darwiniano, donde impera la lucha por la vida, muchos aprenden a hacer lo conveniente; más razones hay para hacer eso mejor y antes. Por eso, el hecho de que un comportamiento ventajoso pueda preservarse en el repertorio comportamental del linaje y pueda ser aprendido por imitación, no tiene por qué ir en desmedro de la ventaja que puede implicar aprenderlo con mayor rapidez.

17 Véase, por ejemplo, la explicación de los comportamientos migratorios dada por Arthur Thomson (1926 284) en *Problems of bird-migration* (Caponi 2014d 20-1).

18 Véase: Huxley (1965[1943]); Thorpe (1945); Lutz (1948); Schrödinger (1983[1958]); Popper (1974[1971]); Piaget (1977); Hinton & Nowlan (1987); Maynard Smith (1987); Turney (1996); Deacon (2003); Dennett (2003); Depew (2003); Downes (2003); Godfrey-Smith (2003); Gottlieb (2003); Griffiths (2003); Suzuki & Arita (2004); Longa (2006; 2009a; 2009b); Yamauchi & Hachimoto (2010); Young (2013) y Corning (2014).

19 Véase: Depew (2003 7); Griffiths (2003 198); Andrade (2009 254); Yamauchi & Hachimoto (2010 284) & Young (2013 358).

Por el contrario, en un contexto así, los que demoren en aprender, pueden terminar muy mal; y quizá nada sea más seguro en ese caso, que ya *nacer sabiendo*, o casi. Por otra parte, al alcanzar a la propia capacidad de imitación (Blackmore 2000 174), los cambios en la herencia física que de allí resultasen, tendrían consecuencias que trascenderían lo atinente a la conducta efectivamente imitada: un incremento en la capacidad de imitación facilita el aprendizaje de otros esquemas conductuales, su difusión en la población, y su incorporación al patrimonio de la herencia social. La herencia social, podemos entonces decir, potencia y diversifica al *efecto Baldwin*. Con todo, al pensar de ese modo, ya estamos yendo un poco más allá de Baldwin y Morgan: estamos comenzando a rozar el *efecto Huxley*. Y es mirando en esa misma dirección que también cabe observar que, cuando se piensa en innovaciones comportamentales, el esquema del *efecto Baldwin* puede prescindir de la suposición de una situación inicial en la que ocurre un cambio ambiental que exige nuevas acomodaciones por parte de los organismos de la población afectada.

Si hablamos de seres vivos con un sistema cognitivo relativamente complejo, se puede esperar que ellos modifiquen, inventen o descubran patrones de conducta con independencia de cualquier cambio significativo en su ambiente. Siendo que, si esa innovación comportamental es funcionalmente ventajosa, y posible de integrarse en el acervo de la herencia social; entonces, las condiciones para la ocurrencia del *efecto Baldwin* se darán de la misma forma que en la situación suscitada por un cambio ambiental. En este otro caso, también podrán surgir presiones selectivas favorables a cualquier variación ‘congénita’ que facilite la adopción, y un ejercicio más eficiente, de la innovación comportamental surgida. Y entre esas variaciones congénitas podrían estar algunas que minimicen la propia necesidad de aprendizaje e imitación. Insisto, sin embargo, que estas consideraciones ya están anticipando lo que llamaré ‘efecto Huxley’.

3. LA ASIMILACIÓN GENÉTICA

Pero, antes de entrar en ese asunto, quiero hacer algunos comentarios sobre la relación que existe entre el *efecto Baldwin* y lo que Waddington (1961 93) llamó ‘asimilación genética’. En mi exposición estoy homologando esas dos nociones; y aunque eso ciertamente no tiene nada de original, siendo en realidad lo más usual²⁰, lo cierto es que existen opiniones contrarias a dicha

20 Ver: Simpson (1953 110); Waddington (1960 390); Popper (1974[1965] 227 n.57); Piaget (1978 73); Hinton & Nowlan (1987 496); AnceI (2000 307); Suzuki & Arita (2004 58); Gortlieb (2003 21); Depew (2003 195) & Lincoln et al (2009 3).

homologación²¹. Opiniones que merecen ser consideradas; y, para hacerlo, hay que tener presente la forma en que Waddington presentó ese concepto: resaltando, en primer lugar, que él, inversamente a lo hecho por Baldwin y Morgan, lo hizo pensando más en adaptaciones ontogenéticas que involucrasen cambios en tejidos y órganos, dando después lugar a adaptaciones evolutivas de tipo morfológico (Wilkins 28). Diferentemente de Baldwin y Morgan, Waddington no se ocupó del caso de ajustes comportamentales que pudiesen dar lugar a instintos heredables. En ese sentido, el resultado experimental más emblemático que Waddington (1960 90-1) obtuvo sobre la asimilación genética tuvo que ver con el ajuste fisiológico de larvas de *Drosophila* que se desarrollaban en medios de alta salinidad.

Ese ajuste requería ciertas alteraciones ontogenéticas que, en la descendencia de las moscas expuestas a esa intervención experimental, comenzó a ser producido con independencia de la exposición a medios de alta salinidad. Pero, diferentemente de Paul Kammerer, que intentó explicar de forma neolamarckiana lo que ocurría con las almohadillas nupciales del sapo partero (*Alytes obstetrician*) cuando obligado a aparearse en agua (Bateson 1913 201; Koestler 45); Waddington encuadró esa asimilación de una forma estrictamente seleccionista:

Ciertas condiciones propician una adaptación fisiológica. Si esas condiciones se mantienen puede aparecer una presión selectiva a favor de una mayor capacidad para desenvolver esa adaptación. Pero esa misma presión puede acabar favoreciendo cualquier variante hereditaria que genere ese mismo fenómeno independientemente de que se den o no las condiciones que antes disparaban la adaptación fisiológica. (1961 4).

Es verdad, de todos modos, que la idea de asimilación tal cual Waddington la presenta, tiene algunas notas que están ausente en el caso de Baldwin y Morgan (Hall 2003 147; Longa 2009a 1061). Víctor Longa (2005 22) habla, incluso, de dos formas de asimilación; y creo que está justificado. En Waddington, la variación hereditaria capaz de suplir el ajuste ontogenético está de alguna forma ya aprestada, como en las gateras, para esa contingencia (cf. Longa 2005 32). Ella, según Waddington (1961 64-5) lo sugería, podía formar parte de un repertorio ya prefijado de variaciones genéticas que no se manifestaba fenotípicamente debido a la propia canalización de la ontogenia (Wilkins 24-7; Andrade 270-2). Una canalización que se desviaba, permitiendo la manifestación de dicha variación, en virtud de las mismas condiciones ambientales que

21 Por ejemplo: Turney (1996 136); West-Eberhard (2003 152) & Crispo (2007 2474).

habían promovido el ajuste ontogenético (Wilkins 28; Andrade 285). Puede decirse, en este sentido, que la forma en que Waddington piensa la asimilación genética prescinde de esa apuesta a una coincidencia demasiado feliz entre las contingencias de la relación organismo-ambiente y los azares de la variación genética, que sí está presente en el caso de Baldwin y Morgan (Andrade 276).

Uno podría imaginarse un proceso selectivo que configuró un genotipo dual, cuyas alternativas son adecuadas a dos entornos diferentes a los que el linaje en evolución suele quedar sometido a lo largo de su historia evolutiva; y que dichas alternativas están configuradas y articuladas para actualizarse, o no, en virtud de las mismas condiciones que determinan su conveniencia ecológica (Andrade 276). Por lo mismo, los casos en que la asimilación a la Waddington puede ocurrir, están predeterminados por la historia del linaje. Lo cierto, sin embargo, es que todo ese dispositivo, que podría formar parte de los mecanismos de variación dirigida aludidos por Eva Jablonka y Marion Lamb en *Evolution in four dimensions* (Jablonka & Lamb 100), no está presente, ni siquiera vagamente vislumbrado, en los razonamientos de Baldwin y Morgan. Pero, lo que sí está presente en ambos casos es la ocurrencia de una pérdida de plasticidad. En un momento inicial, la variante morfológica o comportamental puede darse, o no, dependiendo de la presencia o ausencia del estímulo adecuado. Después, cuando el ciclo se completa, esa posibilidad se pierde, y la forma variante comienza a aparecer aunque el estímulo, antes crucial, ya no esté presente. En ambos casos ocurre lo que Gregory Bateson (1980 135) supo describir como la pérdida de una opción.

El sapo partero, si se apareaba en tierra, que es lo habitual en su especie, no generaba almohadillas nupciales. En cambio, si por alguna contingencia lo hacía en el agua, como los demás sapos, sí las generaba: “tenía una opción” (Bateson 1980 135). Pero después de algunas generaciones forzadas a aparearse en el agua, también las generaron en tierra: esos sapos, antes flexibles, perdieron una opción. Hubo allí una pérdida de lo que se denomina ‘plasticidad’: “La capacidad de un organismo para reaccionar a un estímulo ambiental interno o externo, sea cambiando de forma, de estado, moviéndose, o alterando su tasa de actividad” (West-Eberhard 2003 33). Y es esa pérdida de plasticidad que Mary-Jane West-Eberhard (2003 25) considera propia de la asimilación genética, pero ausente en el *efecto Baldwin*. En ambos casos, dice ella, se parte de cierta plasticidad fenotípica. Pero, en el caso de la asimilación, la plasticidad disminuye, y en el caso del *efecto Baldwin*, aumenta (West-Eberhard 2003 151). Por eso, conforme argumenta Erika Crispo (2007 2476) siguiendo a West-Eberhard, el *efecto Baldwin* será favorecido cuando el premio a la plasticidad supere su costo. La asimilación genética ocurrirá cuando se cumpla lo inverso.

La plasticidad, en efecto, tiene costos (Longa 2005 29): el funcionamiento y la manutención de los mecanismos sensorios y de regulación que son necesarios para los ajustes fisiológicos, tanto cuanto los procesos de aprendizaje involucrados en los ajustes comportamentales, pueden implicar demoras, que pueden ser fatales, y exigir dispendios de energía que pueden ser insustentables (Pigliucci 2001). No obstante eso, tampoco deja de ser cierto que hay muchos casos en donde la preservación de la flexibilidad puede ser ventajosa (Sober 1994). Piénsese en cualquier mecanismo que tenga que responder a un abanico muy amplio y variado de contingencias ambientales. En casos así, según West-Eberhard y Crispo, la flexibilidad que está en el punto de arranque del *efecto Baldwin* sería premiada, y hasta incrementada, por la selección natural.

Entiendo, sin embargo, que, en el contexto de nuestra discusión, conviene distinguir entre el desarrollo posible, fértil y legítimo de una idea, de aquello que efectivamente fue sostenido cuando esa idea fue inicialmente propuesta. West-Eberhard (2003 24) sostiene que el *efecto Baldwin* “no implica que la respuesta ventajosa devenga genéticamente determinada o asimilada”: dicho efecto “solo implica que la habilidad para producir la respuesta devenga más común o se fije por cambio genético” (West-Eberhard 2003 25); y la capacidad de aprender, como ella lo subraya, es una forma de plasticidad (West-Eberhard 2003 163). Pero esa versión del *efecto Baldwin*, que también preconizan Daniel Dennett (1996 323), Peter Turney (135), Susan Blackmore (174); Goffrey-Smith (54) y Érica Crispo (2475) se aparta significativamente de la enunciada en 1896. El modo de razonar de Morgan y Baldwin suponía, es verdad, un premio a la capacidad de aprender o de ajustarse en el inicio del proceso (Longa, 2009b 48). Pero el punto hacía el cual el proceso finalmente convergía era una fijación: una pérdida de flexibilidad.

Así, si solo hablamos del *efecto Baldwin* en relación a comportamientos, podemos decir, junto con Victor Longa (2005 28), que “el segundo paso, y decisivo” de dicho proceso, si pensado estrictamente a la manera de Baldwin y Morgan, siempre es “una asimilación genética, por la cual el mecanismo plástico de aprendizaje para el rasgo fenotípico en cuestión es reemplazado por otro mecanismo no plástico sino rígido, basado en la herencia. De ahí que la esencia del *efecto Baldwin* consista en que “lo aprendido se convierte en innato”. En este sentido, puede entenderse que Mayr (1963 611) haya criticado a Baldwin por presuponer que la rigidez fuese siempre superior a la plasticidad; y también se puede acordar con él cuando recurre a las tesis de John Thoday (1953 99; 1966 193) para insistir sobre el posible valor funcional de la flexibilidad adaptativa (Mayr 1963 612).

No dudo, por eso, de que Dennett, Turney, West-Eberhard, Godfrey-Smith y Crispo pensaron correctamente: en una situación como la concebida por Baldwin y Morgan, lo que se habrá de premiar con éxito reproductivo es la facilidad, la capacidad o la eficiencia para producir esa reacción o respuesta que se mostró ventajosa; y esa facilidad, capacidad o eficiencia, puede darse de muchas maneras: la asimilación genética, sería solo una posibilidad. Una posibilidad que implica costos que en algunos casos, pueden ser excesivos. Pero, insisto, ese no fue el modo de pensar de Baldwin y Morgan. En realidad, esos autores razonaron de un modo más semejante al seguido por Huxley, pasando en limpio lo que Baldwin y Morgan apenas pudieron entrever en 1896; y creo que lo mismo vale para Jacy Young (2013 357) y Peter Corning (2014 244).

4. EL EFECTO HUXLEY

La primera referencia que Julian Huxley hace en *La evolución: la síntesis moderna*, a las ideas de Morgan y Baldwin sobre selección orgánica, viene a cuento de los trabajos de William Thorpe (1939 432) sobre la posibilidad de manipular y desviar experimentalmente las preferencias alimentarias de los insectos, interviniendo directamente en el ambiente en el que se desarrollan las larvas (Huxley 1965[1943] 289). Huxley está discutiendo la temática de la especiación; y los resultados de Thorpe le sirven para corroborar la posibilidad de un proceso de especiación simpátrica motorizado por divergencia en preferencias alimentarias que obedecen a contingencias ambientales, no genéticas, que producen aislamiento entre sub-linajes de una misma población. Según Huxley (1965[1943] 290), esos resultados de Thorpe ratificaban el “principio de selección orgánica enunciado por Baldwin y Lloyd Morgan”; el cual Huxley explicaba así:

Las modificaciones repetidas cierto número de generaciones pueden servir como primer paso en el cambio evolutivo, no por quedar impresas sobre el plasma germinativo, sino por mantener a la raza en un medio donde las mutaciones que tienden a la misma dirección serán seleccionadas e incorporadas a la constitución. El proceso simula el lamarckismo pero, en realidad, consiste en la sustitución de modificaciones por mutaciones. (Huxley 1965[1943] 290).

Huxley consideraba que la divergencia en preferencias alimentarias, si ecológicamente premiada, puede mantenerse a lo largo de varias generaciones, aunque sea causada por contingencias ambientales; y esa situación puede perdurar hasta que una variación genética fije dicha preferencia. Ocurrido eso, el aislamiento producido por la preferencia alimentar devendría irreversible; y la situación de ahí resultante sería análoga a la que ocurre cuando una serie de

variaciones genéticas puede hacer biológicamente irreversible un aislamiento entre dos poblaciones que originalmente había sido meramente geográfico. Así, al pensar de esa manera, Huxley, integraba las tesis de Thorpe, y las de Baldwin y Morgan, junto con algunas ideas sobre la elección de hábitat como factor de aislamiento, que Mayr (1942) había enunciado, un año antes, en *Systematics and the origin of species*.

Mayr (1942 246) mencionaba ahí que Charles Elton (1927 39-43) y Allister Hardy (1938 139-41) ya habían dicho sobre la importancia de las preferencias de los animales en la delimitación de sus hábitats. Elton había señalado la importancia de esa relación desde un punto de vista más estrictamente ecológico; y Hardy (1938 139) subrayó las consecuencias evolutivas que eso podía acarrear: “si la selección es un factor de importancia en la evolución de la raza, y el ambiente, tanto físico cuanto animado, es el selector; entonces el hecho de que el individuo tenga algún poder en la elección de su propio ambiente, deberá tener consecuencias en el proceso evolutivo”. Lo que Huxley hace en ese párrafo de *La evolución: la síntesis moderna*, es mostrar cómo era que el *efecto Baldwin* podía mediar en la producción de esos efectos evolutivos de las preferencias de hábitat (cf. Thorpe 1945 67-8).

Pero, aunque en ese razonamiento de Huxley ya hubiese una aplicación indudablemente original de las ideas de Morgan y Baldwin, una aplicación a los procesos de divergencia filética que estos últimos no previeron, su modo de pensar no va más allá de ese esquema general en donde lo que inicialmente aparece como la respuesta o reacción de un organismo individual, o de un grupo de organismos individuales, acaba integrado en el acervo genético del linaje. Como lo volvería hacer en 1960, ahí Huxley considera a la ‘selección orgánica’ como a una simple asimilación hereditaria de la acomodación ontogenética (Huxley 1960 15); que es algo que ya estaba en los escritos de 1896. Lo verdaderamente novedoso solo va a aparecer, aun en *La evolución: la síntesis moderna* pero unas cuantas páginas más adelante, cuando “el principio de Baldwin y Lloyd Morgan de la selección orgánica” (1965[1943] 498) vuelve a ser citado, no ya como posible explicación de algunos procesos de especiación, sino como posible explicación de algunos procesos de adaptación.

Huxley reitera, en esa segunda mención de la selección orgánica, que dicha forma de selección puede simular un ‘proceso lamarckiano’ (Huxley 1965[1943] 498); y afirma que ese “principio es tan importante que es raro que haya sido tan descuidado por los evolucionistas” (Huxley 1965[1943] 499). Lo interesante, sin embargo, está en la explicación que se da de la idea: solo es ligeramente distinta de la anterior; pero apunta en una dirección realmente nueva. Huxley dice que, según Baldwin y Morgan:

Un organismo puede al principio adaptarse a un nicho ecológico tan solo por el comportamiento (sea genético o puramente habitual) y por cualquier modificación consiguiente no heredable, después de lo cual, las mutaciones para el tipo de cambio estructural más apropiado a la forma particular de vivir tendrán más probabilidades de ser seleccionada. (1965[1943] 498).

De entrada, puede llegar a pensarse que Huxley solo insiste en lo ya dicho unas páginas atrás; pero lo cierto es que ahí, él ya está pensando de una forma que difiere significativamente de la de Morgan y Baldwin. Primero, el esquema de Huxley está necesariamente centrado en cambios etológicos: básicamente preferencias; y quizá alguna nueva habilidad. Pero, además de eso, lo más importante es que, para él, esa innovación puede ser tanto ‘genética’ cuanto ‘adquirida’. Para Baldwin y Morgan, recordémoslo, siempre se trataba de algo aprendido, o ‘adquirido’; y la diferencia es importante porque muestra que Huxley no está pensando en la asimilación genética de lo antes adquirido o aprendido. Su asunto es otro: su tema es cómo una nueva habilidad, o una nueva preferencia, sustentable, viable, quizá ventajosa, independientemente de cuál sea su origen, puede implicar en el delineamientos de nuevas presiones selectivas tendientes a premiar cualquier modificación morfológica, o incluso también comportamental, que optimice esa habilidad o permita atender mejor esa preferencia.

En 1946, volviendo sobre el tema de “Funes, el memorioso” (Borges 1980[1944]), Borges (2001[1946]) escribió que la memoria, debidamente ayudada por el olvido, siempre puede simplificar y estilizar las cosas; y creo que algo de eso le pasó a Huxley con el efecto Baldwin. Su versión de la selección orgánica no es fiel a la original: por un lado, esa versión simplifica la noción, porque solo la refiere a comportamientos y a preferencias; pero también la estiliza y la mejora, porque los efectos del cambio registrado en los organismos individuales son pensados de una forma más amplia y que no exige la mediación, como partícipes necesarios, de esas demasiado oportunas variaciones coincidentes supuestas por la asimilación genética. Huxley, entretanto, no llegó a explicar eso con la debida claridad; quien tuvo el mérito de hacerlo fue un físico: Erwin Schrödinger. Fue en una de las ‘Conferencias Tarner’, que este último dictó en el Trinity College de Cambridge hace sesenta años: durante el mes de octubre de 1956. Dos años después, las mismas dieron lugar al libro *Mente y materia* (Schrödinger).

Es en la segunda de esas conferencias, la que en el libro aparece bajo el título de “El futuro de la comprensión”, que Schrödinger (27), sin referirse ni a Morgan ni a Baldwin, recupera el concepto de selección orgánica, atribuyéndoselo exclusivamente a Huxley. Schrödinger quiere mostrar que el aprendizaje puede guiar la evolución promoviendo cambios morfológicos que faciliten el

ejercicio de los nuevos patrones comportamentales. Pero quiere hacer eso sin recurrir a una explicación fundada en la transmisión genética de las modificaciones producidas por el uso y desuso de los órganos. La selección orgánica sería la explicación estrictamente darwinista de ese *lamarckismo simulado* (Schrödinger 29) con el que ahí nos encontramos (Schrödinger 30); y el uso de esa expresión de Huxley muestra muy bien la dirección en la que Schrödinger está pensando. En un linaje de sapos parteros obligados a aparearse en el agua, cualquier modificación morfológica que facilite esa nueva forma de comportamiento reproductivo, será selectivamente premiada; sin que eso exija que esas modificaciones aparezcan antes como adaptación fisiológica, y sin que eso lleve a que ese nuevo comportamiento se vuelva instintivo.

Uno puede imaginarse, además, que al descender de sapos que copulan en el agua y que están dotados de almohadillas nupciales, la aparición en el sapo partero de variaciones vinculadas a la aparición de esa configuración, no debe ser algo muy raro. Incluso en linajes que copulen en tierra. No es, por eso, que el nuevo modo de vida estimule esas variaciones, sino que simplemente las retiene. Pero aunque ahí no haya otra cosa que *variación a ciegas y retención selectiva* (Campbell 203), el proceso completo parece ajustarse a un relato neolamarckiano: de ahí la idea de un *lamarckismo simulado*. Lo que ocurre, es que el proceso selectivo está pautado, regido, por una novedad comportamental. Es a partir de dicha novedad que los premios y castigos en términos de éxito reproductivo pasan a ser distribuidos. Y lo cierto es que las cosas no podrían ser de otro modo: “no se puede tener alas eficaces sin intentar, volar” (Schrödinger 33). Es decir: sin algún comportamiento de locomoción que incluya el aleteo, no habría presiones selectivas que puedan premiar variantes hereditarias más eficientes en el desempeño de esa función; y así mal podría llegarse hasta una estructura apta para el vuelo.

Recuperando una línea de razonamiento que remonta a Lucrecio, materialistas franceses como Maupertuis, Diderot y Étienne Geoffroy-Saint Hilaire, llegaron a pensar que la morfología era la que, *grosso modo*, imponía el modo de vida a cada familia de seres vivos; siendo el cambio morfológico el que conducía al cambio de función (Caponi 2016a 97-9; 2016b 11-2). Pero ellos mismos entrevieron que sin la influencia del uso y el desuso, no se podía explicar el fino ajuste de estructura y función que se registraba en los seres vivos; y acudieron a la transmisión de los caracteres adquiridos para complementar su posición (Caponi 2016a 100-3; 2016b 12-3). Ellos, claro, no habían llegado ni de cerca a la idea de selección natural; y lo que Schrödinger nos deja ver es cómo, por la mediación del comportamiento, la selección natural podía explicar la más fina sintonía entre estructura y función, sin tener que pedir ningún auxilio a los llamados efectos lamarckianos.

La selección natural, decía Schrödinger (29), “sería débil para producir un órgano nuevo si no recibiera ayuda continua del organismo, por hacer este uso apropiado de aquél”. Pero importa subrayar que en ese lamarckismo simulado, en el cual el organismo no deja de tener un papel crucial, y en el cual el cambio morfológico va a la saga del cambio etológico (Popper 1974[1961] 255; Corning 2014 244), el comportamiento solo opera como factor evolutivo en la medida en que contribuye a la configuración de una presión selectiva (Piaget 1977 30): el comportamiento no aparece como un factor concomitante a la presión selectiva; sino como un elemento constitutivo de esa presión. Por eso, al definir las presiones selectivas, el comportamiento y las preferencias pueden guiar la evolución en virtud de sus propias exigencias; sin que medie la transmisión hereditaria de las modificaciones ontogenéticas por ellos producidas. Si, obligado por las circunstancias, un linaje de okapis desarrolla el hábito de ramonear en las hojas más altas de los árboles, y ese hábito se mantiene por ‘herencia social’, por imitación, a lo largo de generaciones; entonces, los individuos que nazcan con cuellos un poco mayores tendrán ventaja sobre los otros. Así, con el tiempo, todo el linaje tomará aires de jirafa.

Hay que decir, sin embargo, que antes que Schrödinger nos dejase en claro la novedad del *efecto Huxley*, este ya había sido considerado por Bertha Lutz. En su artículo *Ontogenetic evolution in frogs* (1948), que estaba basado en observaciones de campo hechas en conjunto con Joaquín Venancio y con su padre, Adolpho Lutz (Lutz, 1948 29), ella retoma la interpretación que Huxley propone de Morgan y Baldwin, de los que solo cita las referencias que a ellos se hace en *La evolución: la síntesis moderna*; para así explicar los efectos evolutivos de la elección de hábitats en diferentes especies de ranas. Pero Lutz no se limita a pensar en los términos en que Huxley había considerado esa cuestión puntual. Este, como lo señalé poco más arriba, cuando se refiere a la elección de hábitats, piensa en la selección orgánica como si fuese la simple y directa asimilación genética de la preferencia que motiva esa elección. Lutz, en cambio, que también conoce lo que Mayr (1942 246) había dicho sobre la elección de hábitats en *Systematics and the origin of species* (Lutz, 1948 32), piensa en las diferentes presiones selectivas, actuantes sobre diferentes estados de caracteres, que pueden derivar de esa elección.

Es decir: ella pasa a pensar el efecto de la elección de hábitats teniendo en cuenta la versión de la selección orgánica que Huxley (1965[1943] 498) esboza cuando se refiere al problema de la adaptación; y no al problema de la especiación (Lutz 1948 30). Su idea es que la elección de hábitats, no solo generará aislamiento; sino que además, al resultar en diferentes interacciones ecológicas, también podrá llevar al surgimiento de presiones selectivas que premien modificaciones morfológicas, y hasta alteraciones en los ritmos y etapas de la ontogenia, que

sean ventajosas bajo esas nuevas condiciones. Así, al pensar de esa manera, Bertha Lutz también anticipa el modo en el que Mayr va a tratar la relación entre comportamiento y evolución en *Animal species and evolution* de 1963.

Mayr (1963 604) dice ahí que: “un desplazamiento hacia un nuevo nicho o zona adaptativa se inicia, casi sin excepción, por un cambio de conducta. Las otras adaptaciones a un nuevo nicho, particularmente las estructurales, se adquieren en segundo término” (Gottlieb 2003 17). Es por ese modo de pensar que los teóricos de la construcción de nichos consideraron a Mayr, junto con Schrödinger, como uno de sus precursores (Odling-Smee *et al* 2003 28-9); y esa vinculación entre Schrödinger y Mayr, que es totalmente legítima, es muy importante para el análisis conceptual: pone en evidencia la distancia que hay entre el *efecto Baldwin* y el *efecto Huxley*. Mayr (1963 610-1) no veía con gran simpatía al primero; porque la asimilación genética del hábito le sonaba a criptolamarckismo (*cf.* Depew 2003 17). Pero sí podía pensar de una forma semejante a la de Bertha Lutz, Erwin Schrödinger y Julian Huxley: considerando al comportamiento como un delineador de presiones selectivas.

5. POPPER TOMA LA PALABRA

No hay duda de que el *efecto Huxley* alude a elementos pertinentes a ese conjunto de fenómenos que, con alguna equivocidad, ha quedado englobado bajo el rótulo, hoy muy a la moda, de la *construcción de nichos* (Odling-Smee *et al* 2003): las presiones selectivas no son independientes del modo en que los seres vivos encaran, y en cierto modo escogen, sus interacciones con el medio. Pero, si hay un autor en donde esa afinidad queda clara, ese es Karl Popper. Partiendo de Erwin Schrödinger²², pero sin dejar de percibir, y de señalar, las vinculaciones que lo dicho por este último tenía con las ideas ya antes formu-

22 *Cf.* Popper (1974[1961] 246]). Privilegio la referencia a Schrödinger en virtud de los términos en los que Popper alude al *efecto Huxley* y por otros detalles que también inducen a pensar que *Mente y materia* había sido el punto de partida de sus reflexiones. Popper (1977[1974] 181), además, mantenía un contacto regular con Schrödinger desde fines de la década de los cuarenta. Es claro, por otra parte, que Popper no había leído *Evolución: la síntesis moderna* de Huxley; porque, aun cuando llegó a mencionar a este último como una de las referencias de sus tesis sobre la relación entre comportamiento y evolución, finalmente puso en duda esa atribución: Peter Medawar le habría dicho que la misma era dudosa (Popper, 1974[1961] 246 n11). Si eso fue así, si realmente Medawar le dijo eso, Popper solo pudo prestarle atención por no haber leído a Huxley. Caso contrario, hubiese visto que, en lo que atañe a sus propias tesis y a las de Schrödinger, Huxley era una referencia más clara que Baldwin, Morgan o Thorpe.

ladas por James Baldwin²³, Cowny Lloyd Morgan²⁴, Alister Hardy²⁵, William Thorpe²⁶, Bertha Lutz²⁷ y Conrad Waddington²⁸, Popper afirmó que:

Toda innovación comportamental realizada por el organismo individual cambia la relación entre ese organismo y su ambiente; pues conduce a la adopción o incluso a la creación por el organismo de un nuevo nicho ecológico. Pero un nuevo nicho ecológico significa un nuevo conjunto de presiones de selección, que operan a favor del nicho escogido. Así el organismo mediante sus acciones y preferencias, en parte, selecciona las presiones de selección, que actuarán sobre él y sus descendientes. De ese modo, puede influir activamente en el curso que adoptará la evolución²⁹. (1977[1974] 242)

Popper (1974[1968] 143), además, también gustaba de subrayar la simulación del lamarckismo que Huxley y Schrödinger habían visto en ese inevitable protagonismo evolutivo de las preferencias y comportamientos del viviente individual. Recuperando la distinción entre *procesos instructivos* y *procesos selectivos*, que Peter Medawar (1961 122) había tomado de Joshua Lederberg (1958 398), Popper (1974[1961] 246-7) decía que la evolución de las estructuras adaptativas era un proceso meramente selectivo que daba la apariencia de ser un proceso instructivo: en él las exigencias del medio parecían guiar, o instruir, el surgimiento de las variantes, en lugar de solo filtrar las inconvenientes, reteniendo o seleccionando las más convenientes. Siendo que en los casos en los que el propio comportamiento definía las reglas de selección, ese espejismo instructivista, esa ilusión neolamarckiana se reforzaba (Popper 1977[1974] 226).

Pero, la mejor explicación que Popper llegó a dar de lo que yo estoy llamando *efecto Huxley*, la encontramos en la parte sexta del capítulo P1 de *El yo y su cerebro* (Popper & Eccles, 1982[1977])³⁰. La misma se intitula “La evolu-

23 Popper 1974[1961] 246; 1977[1974] 242.

24 Popper 1977[1974] 242 n292.

25 Popper 1977[1974] 242 n292.

26 Popper 1977[1974] 242 n292.

27 Popper 1974[1965] 226 n54

28 Popper 1974[1965] 227 n57.

29 Aquí estoy citando *Búsqueda sin término: una autobiografía intelectual* (2011) de Popper. Pero esas tesis ya habían aparecido en “Sobre nubes y relojes”, que es en donde Popper (1974[1965] 226 n54) las vincula con la selección de hábitat de Bertha Lutz; y también en “El prometedor monstruo comportamental” (Popper (1974[1971] 259).

30 *El yo y su cerebro* se compone de tres partes. La primera es la escrita por Popper; y sus capítulos se enumeran del P1 al P6. La segunda es la escrita por John Eccles; y sus capítulos se enumeran del E1 al E8. La tercera la integran doce diálogos entre ambos autores.

ción orgánica” (Popper 1982[1977] 13-15), que es un eco distorsionado de la expresión efectivamente usada por Baldwin y Morgan: “selección orgánica”; y, aunque Schrödinger, ya no sea mencionado ahí, y en su lugar se cite a Baldwin y Morgan, ese desliz verbal puede indicar que Popper no leyó los trabajos de estos últimos y que su reflexión estaba exclusivamente motivada por la lectura de *Mente y materia* y también por el libro de Alister Hardy, *The living stream*, que sí es citado (Popper, 1982[1977] 13 *nl*).

Eso, sin embargo, no es demasiado importante; porque el interés de esos pasajes de *El yo y su cerebro* reside, justamente, en el desarrollo que Popper hace de las tesis de Huxley y Schrödinger; y no en el hecho de ajustarse o no, a lo que Morgan y Baldwin habían pensado en el siglo anterior.

Popper (1982[1977] 13) dice ahí que “la selección natural se considera a menudo como el resultado de una interacción entre el ciego azar que trabaja desde dentro del organismo (mutación) y las fuerzas externas sobre las que el organismo no tiene influencia alguna”; asumiendo, entonces, que “los objetivos y las preferencias del organismo no parecen tener lugar si no es como producto de la selección natural”. Pero, según él mismo nos dice, si la teoría darwiniana es correctamente entendida, se puede ver que eso no es así; y que fenómenos tales como un cambio en las preferencias alimentarias de un animal, pueden tener efectos evolutivos importantes, aunque ellos no se deban a factores hereditarios, y sí a búsquedas deliberadas o al más simple mecanismo de ensayo y error.

Es que, sea cual sea su causa, ese cambio en las preferencias alimentarias “equivale a cambiar el medio”; porque, por su mediación, “nuevos aspectos del medio asumen un nuevo significado biológico (ecológico)” (Popper 1982[1977] 13). Y “de ese modo, las preferencias y habilidades individuales pueden llevar a la selección e incluso a la construcción de un nuevo nicho ecológico por parte del organismo” (Popper 1982[1977] 13).

Es decir, por la mediación de una acción individual:

El organismo puede elegir, como si dijéramos, su medio; y de ese modo puede exponerse y exponer a sus descendientes a un nuevo conjunto de presiones selectivas características del nuevo medio. Así, la actividad, las preferencias, la habilidad y las idiosincrasias del animal individual pueden influir indirectamente sobre las presiones selectivas a las que está expuesto y con ello pueden influir sobre el resultado de la selección natural. (Popper 1982[1977] 13-4).

El más célebre ejemplo de proceso evolutivo, le viene aquí a Popper como *anillo al dedo*:

Según Lamarck, la preferencia por ramonear entre las ramas más altas de los árboles, llevó a los antecesores de la jirafa a alargar sus cuellos y, a través de la herencia de los caracteres adquiridos, a nuestra jirafa. Según el darwinismo moderno ('la teoría sintética') esta explicación resulta realmente inaceptable, dado que los caracteres adquiridos no se heredan. Con todo, eso no quiere decir que las acciones, preferencias y elecciones de los predecesores de la jirafa no hayan desempeñado un papel fundamental (aunque indirecto) en su evolución. (Popper 1982[1977] 14).

Por el contrario, dichas preferencias y elecciones "crearon un nuevo medio para sus descendientes, con nuevas presiones de selección que son las que han llevado a la selección de los cuellos largos" (Popper 1982[1977] 14). Por eso, "hasta cierto punto se puede decir incluso que a menudo las preferencias resultan decisivas"; porque: "es mucho más probable que un nuevo hábito trófico lleve por selección natural (y mediante mutaciones accidentales) a nuevas adaptaciones anatómicas, que el camino inverso: es decir, que cambios accidentales impongan nuevos hábitos alimenticios, ya que los cambios que no están adaptados a los hábitos del organismo difícilmente habrían de tener un valor positivo en la lucha por la vida" (Popper 1982[1977] 14). Y esto Darwin (1859 183) ya lo había entrevisto cuando afirmó que, dentro de su esquema de pensamiento, tanto podía ocurrir que el cambio de estructura antecediase al cambio de forma, como podía ocurrir lo contrario (Popper 1982[1977] 14).

Pero, por lo menos a primera a vista, parece haber una diferencia importante entre ambas alternativas; y Popper (1974[1971] 259) nos la quiso mostrar: cuando la invención comportamental se anticipa al cambio morfológico, la evolución adaptativa parece poder darse de una manera más directa. Los ensayos por medio de los cuales los organismos detectan y diseñan nuevos esquemas comportamentales ventajosos, suelen ser un procedimiento de descubrimiento más rápido que la selección natural; y, en la medida en que esos descubrimientos contribuyen al delineamiento de nuevas presiones selectivas, puede decirse que ellos encaminan a la evolución por trayectorias que la simple variación ciega de variantes morfológicas seguida de retención selectiva, hubiesen demorado mucho más en descubrir. Creo, incluso, que cuando Dennett (1996 71) habla del *efecto Baldwin* como siendo una genuina *grúa darwiniana*, y no un mágico *guinche celestial*, capaz de conducir por senderos del morfoespacio de acceso dificultoso (Dennett, 2003), él estaba pensado en eso que aquí estoy denominando 'efecto Huxley'.

Según algunos autores lo han sostenido, el *efecto Baldwin* podría ser capaz de acelerar la evolución de los comportamientos instintivos³¹. La idea es que, si una población cualquiera enfrenta condiciones tales que, cierta modificación de sus comportamientos instintivos pasaría a resultar ventajosa para sus portadores, y algunos de los individuos de esa población aprenden un comportamiento análogo al que resultaría de dicha modificación; entonces, más rápidamente surgirán presiones selectivas en favor de cualquier variación genética tendiente a disminuir la exigencia de aprendizaje para la realización de esa conducta, llegándose así hasta el punto de que la misma pueda tornarse instintiva. El aprendizaje de una conducta, conforme ya lo sostenían Morgan y Baldwin, facilitaría y aceleraría su transformación en instinto; sin que ese requiera transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos. Pero hay quienes rechazan las evidencias que se aducen a favor de esa confianza en el poder del *efecto Baldwin*³²; y creo que la mayor razón para tomar en serio ese escepticismo radica en la inexplicada conexión entre la invención de una conducta y la disponibilidad de variantes genéticas que tiendan a hacerla instintiva.

Esa dificultad, entretanto, no alcanza al *efecto Huxley*. Si pensamos como Schrödinger y Popper nos convidan a hacerlo, la asimilación genética de la conducta aprendida, sería solo uno de los efectos concebibles de la selección orgánica. Pero, aun si concluyésemos que la coincidencia supuesta en esa asimilación es demasiado improbable como para ser considerada, la línea de razonamiento que ellos nos proponen no se vería afectada. Huxley, Schrödinger y Popper estaban interesados en mostrar que la aparición de un comportamiento o de una preferencia conveniente siempre redundaría en presiones selectivas favorables a cualquier variante hereditaria, morfológica o etológica, que incrementase la eficiencia en la realización de ese comportamiento o que estuviese en consonancia funcional con esa preferencia. Así, si a ciertos okapis les va mejor por el hecho de esforzarse en comer hojas que están un poco más arriba que aquellas que ellos antes comían, y ese comportamiento aprendido se difunde por imitación entre sus pares y descendientes; entonces, cualquier modificación morfológica que facilite ese comportamiento se verá premiada con éxito reproductivo diferencial.

No es que la selección natural vaya a transformar esa nueva conducta en instinto; sino que ella va a premiar cualquier otra modificación que la facilite e incremente la eficiencia con la que la misma es realizada. Pequeñas variaciones que redunden en patas y vértebras cervicales un poco más largas, si eso

31 Por ejemplo: Hinton & Nowlan (1987); Maynard Smith (1987) & Suzuki & Arita (2004).

32 Por ejemplo: Robinston & Dukas (1999); Ancel (2000); Santos *et al* (2015) & Longa (2009a).

no conlleva alguna desventaja muy grande en algún otro sentido, ciertamente serán premiadas con éxito reproductivo; y lo mismo vale para variaciones que lleve a cambios en la estructura muscular que sean armónicos con esos elongaciones óseas. Y todo eso parece mucho más probable que la disponibilidad de variaciones hereditarias que tiendan a generar el sucedáneo instintivo de una conducta antes inexistente. En el caso del *efecto Huxley*, se trata de variaciones que afectan estructuras ya existentes y seguramente ocurrían antes de la invención comportamental; aunque, sin esta última, resultaban contraproducentes o indiferentes. La invención comportamental permitió que el linaje descubriese, o delinease, un nuevo nicho ecológico; y eso llevó a que esas variaciones, que antes eran menos convenientes, o simplemente neutras, se fijasen y abroquelasen en la configuración de una estrategia adaptativa inédita.

Nótese, por otra parte, que muchos casos relativamente simples de la llamada *co-evolución gen-cultura* pueden presentarse como formas del *efecto Huxley*. En el caso del *Homo sapiens*, aprender a cocinar los alimentos, a ordeñar y a cultivar vegetales crearon condiciones favorables a la selección de ciertas modificaciones genéticas que afectaban al sistema digestivo y lo adecuaban a los cambios de dieta de ahí resultantes³³. Pero también es dable pensar en la propia evolución cerebral que pudo resultar del desarrollo de la cultura (Álvarez 353): en gran parte ella sería el resultado de una cascada de *efectos Huxley*. Puede decirse que “el pensamiento simbólico creó un ambiente cultural al cual el cerebro se adaptó” (Laland & Coolen 2007 87): la cultura sería un nicho ecológico que habría resultado en presiones selectivas favorables a cualquier variación en nuestro cerebro que incrementase la capacidad de operar simbólicamente. Y la co-evolución cerebro-lenguaje pudo haber sido el vector de esa serie de *efectos Huxley* (Popper 1982[1977] 12).

Una mínima e incipiente capacidad de comunicación simbólica, quizá cimentada en estructuras neurológicas seleccionadas en virtud de otros desempeños funcionales, habría promovido una presión selectiva en favor de cualquier cambio genético que incrementase la eficiencia del cerebro en el ejercicio de esa capacidad. Pero, sería ese mismo aumento en la eficiencia del cerebro lo que posibilitaría un incremento en la complejidad del propio lenguaje, que acabaría redundando en nuevas presiones selectivas sobre la evolución del sistema neuronal. Se iniciaría así, entonces, una secuencia de incrementos en las capacidades cerebrales, que al posibilitar el surgimiento de estructuras lingüísticas más complejas, acabarían redundando en nuevas presiones selec-

33 Sobre ese tipo de *co-evolución gen-cultura*, ver: Cavalli-Sforza (1994 300); Ehrlich (2005 443); Abrantes (2014 17) & Bortolini et al (2014 169).

tivas sobre la evolución de la circuitería cerebral (Deacon 2003 86). Como Jacques Monod (1972 33) dijo alguna vez: “La aparición del lenguaje habría podido preceder la emergencia del sistema nervioso central propio de la especie humana y contribuir de manera decisiva a la selección de las variantes más aptas para utilizar todos los recursos”.

Es importante subrayar, entretanto, que esa co-evolución entre el lenguaje y una circuitería cerebral que, en alguna medida, estaría genéticamente pre-cableada, no sigue el esquema de un simple *efecto Baldwin*. No se trata de postular esa progresiva asimilación genética de hábitos lingüísticos y códigos gramaticales, cuya poca plausibilidad Victor Longa (2005 37) supo mostrar. No se trata de pensar en que esos hábitos y códigos puedan transformarse en *instintos*. Los mismos pueden ser pensados como productos puramente culturales, cuya evolución se ajusta a los patrones generales de toda evolución cultural, y que deben ser adquiridos por la vía del aprendizaje.

Pero, aun así se puede pensar que esa evolución cultural va promoviendo una evolución biológica del sistema nervioso en la cual se premia cualquier modificación de dichas estructuras que permita una adquisición más rápida de esos hábitos y un mejor uso de esos códigos.

El *efecto Huxley* sí puede tender a ese incremento de la plasticidad, comportamental, cognitiva, y hasta fisiológica y morfológica, que Dennett, Turney, West-Eberhard, Godfrey-Smith, Crispo, Young y Corning asociaban al *efecto Baldwin*.

Es digno de ser destacado, por otra parte, que el *efecto Huxley* no solo parece cumplirse en esa dialéctica entre evolución cultural y evolución biológica registrada en nuestra especie. El *efecto Huxley* también parece aplicable al caso de la co-evolución que pudo haber ocurrido entre, por un lado, la evolución de ciertas extensiones del fenotipo como los diques de los castores y los hormigueros, y, por otro lado, la evolución de las capacidades cognitivas, en gran parte biológicamente cimentadas, que esos animales desarrollaron para construir más fácil y eficientemente esos recursos tecnológicos y para también interactuar con ellos de una forma más adecuada y ventajosa (Laland 2004 317).

Tanto en el caso del lenguaje, como en el del dique de los castores y en el del hormiguero, la innovación comportamental que se conquista y transmite por el aprendizaje, ejerce una retroacción selectiva sobre todas los caracteres genéticamente heredables que puedan contribuir a su mejor ejercicio, aprovechamiento y rendimiento.

6. UNA ÚLTIMA CONSIDERACIÓN

Es claro, por otra parte, que la eficacia de esas innovaciones comportamentales en la configuración de nuevas presiones selectivas, depende de que ellos tengan cierta estabilidad, o cierto nivel de *recurrencia ontogenética transgeneracional*; y es por eso que la idea de una *herencia expandida*, que vaya más allá del plano de lo genético³⁴, es muy importante para el poder explicativo de cualquier cosa más o menos próxima o análoga al efecto Huxley. Como ya lo vimos más al inicio, el propio Baldwin ya entrevió algo de esa conexión cuando se refirió a la herencia social; y es significativo que algo de eso también ocurra con los teóricos de la construcción de nichos cuando hablan de herencia social y de herencia ecológica (Odling-Smee et al 2003 12; Laland et al 2011 1514). Popper, incluso, llegó a hablar de un dualismo genético (Popper: 1974[1961] 250; 1974[1971] 257); distinguiendo dos niveles del ‘sistema genético’: uno vinculado a la herencia somática y otro a la herencia comportamental (Popper: 1974[1961] 252; 1974 [1971] 258). Y nada indica que Popper quisiese usar el término ‘genético’ de una forma muy estricta. Por el contrario, en su exposición esa expresión funciona como un simple equivalente ‘hereditario’.

Es de notar, sin embargo, que diferentemente de lo que podría llegar a ocurrir con el *efecto Baldwin*, en donde cabría llegar a pensar en la posibilidad de que la herencia conductual y simbólica relevan a la asimilación genética (Longa 2009b 67), en el caso del *efecto Huxley* eso importa menos que el hecho de que dicha herencia expandida pueda sostener las innovaciones comportamentales a lo largo de las generaciones. El *efecto Huxley*, como ya dije, no es la asimilación instintiva de lo aprendido: eso sería, en todo caso, un resultado eventual, y ciertamente infrecuente, de su accionar. Pero, para que las innovaciones comportamentales que ese efecto supone puedan venir a configurar presiones selectivas, es necesario que las mismas tengan una perdurabilidad transgeneracional significativa; y es ahí que las formas no genéticas de herencia entran a tallar.

Si el hábito de comer las hojas más altas no perdurase en aquel linaje de okapis, de ahí nunca podría surgir una presión selectiva a favor de cuellos más largos. El *efecto Baldwin*, ya lo dijimos al inicio, trata sobre cómo ciertas adaptaciones ontogenéticas, comportamentales o no, pueden transformarse en adaptaciones evolutivas. El *efecto Huxley*, mientras tanto, trata sobre cómo ciertas adaptaciones ontogenéticas, de tipo comportamental, pueden pautar el surgimiento de adaptaciones evolutivas de tipos muy diversos.

34 Sobre ese tema, ver: Oyama (1985); Jablonka & Lamb (2005) y Botelho (2011).

La diferencia conceptual entre ambas cosas es ciertamente mayor que la verbal; sin embargo, la vinculación histórica entre las dos nociones es tan innegable cuanto la facilidad para deslizarse de una hacia a la otra. Valga, entonces, este modesto estudio histórico, como tímido ensayo de discriminación conceptual. Los desvíos conceptuales pueden ser teóricamente fructíferos; pero si tenemos conciencia de estar cometiéndolos, o de ya haberlos cometido, son más fructíferos todavía.

TRABAJO CITADOS

- Abrantes, Paulo. "Natureza e cultura". *Ciencia & Ambiente* 48 (2014): 7-22.
- Allen, Colin & Bekoff, Marc. *Species of mind*. Cambridge, 1997. MIT Press.
- Álvarez, Juan Ramón. "Selección natural y construcción de nicho: una ¿dialéctica? Evolucionista". *Contrastes* suplemento 13 (Filosofía actual de la Biología) (2013): 343-355.
- Ancel, Lauren. "Undermining the Baldwin expediting effect: does phenotypic plasticity accelerate evolution?". *Theoretical Population Biology* 58 (2000): 307-319.
- Andrade, Eugenio. *La ontogenia del pensamiento evolutivo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- Baldwin, James. "A new factor in evolution, part I". *American Naturalist* 30. 354 (1896a) : 441-451.
- _____. "A new factor in evolution, part II". *American Naturalist* 30. 355 (1896b): 536-553.
- _____. "Determinate variation and organic selection". *Science* 6. 151 (1897): 770-773.
- _____. "A factor in evolution: organic selection". En Baldwin, James: *Development and evolution*. New York: Macmillam Company (1902a): 91-120.
- _____. "Determinate evolution by natural and organic selection". En Baldwin, James: *Development and evolution*. New York: Macmillam Company (1902b): 135-148.
- _____. "Organic selection: terminology and criticisms". En Baldwin, James: *Development and evolution*. New York: Macmillam Company (1902c): 149-159.

- _____. "Heredity and transmission". En Baldwin, James: *Development and evolution*. New York: Macmillam Company (1902d): 61-71.
- _____. *Darwin and the Humanities*. Baltimore: Review publishing, 1909.
- Bateson, Gregory. "The role of somatic change in evolution" En Bateson, Gregory: *Steps to an Ecology of Mind*. Frogmore: Paladin (1973): 316-333.
- _____. *Espíritu y naturaleza*. Buenos Aires: Amorrortu, 1980.
- _____. *Problems of Genetics*. New Haven: Yale University Press, 1913.
- Blackmore, Susan. *La máquina de los memes*. Barcelona: Paidós, 2000.
- Borges, Jorge Luis. "Vindicación del 900". En Borges, Jorge Luis: *Textos recordados, 1931-1955*. Buenos Aires: Emecé 2001[1946]: 228-235.
- _____. *Ficciones*. En Borges, Jorge Luis: *Prosa completa*, Tomo I. Barcelona: Bruguera 1980[1944]: 311-440.
- Bortolini, M.; Hünemeier, T.; Bisso-Machado, R. "Coevolução gene-cultura". *Ciencia & Ambiente* 48 (2014): 165-174.
- Botelho, João. Epigênese. En Vaz, N.; Mpodozis, J.; Botelho, João; Ramos, Gustavo (ed.): *Onde está o organismo?* Florianópolis: Editora da UFSC (2011): 61-104.
- Bowler, Peter. *El eclipse del darwinismo: teorías evolucionistas antidarwinistas en las décadas en torno a 1900*. Barcelona: Labor, 1985.
- Campbell, Donald. "Variación injustificada y retención selectiva en los descubrimientos científicos". En Ayala, Francisco & Dobzhansky, Theodosius (ed.): *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*. Barcelona: Ariel (1983): 188-217.
- Caponi, Gustavo. "El concepto de presión selectiva y la dicotomía próximo-remoto". *Aurora* 25. 36 (2013): 197-216.
- _____. *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2014a.
- _____. "Contra el neolamarckismo escolar: la representación fisiológica de la adaptación como obstáculo epistemológico para la comprensión de la teoría de la selección natural". *Acta Scientiae* 16. 2 (2014b): 189-199.
- _____. "Herbert Spencer: entre Darwin y Cuvier" *Scientiae Studia* 12. 1 (2014c): 45-71.

- _____. “Contribución a una historia de la distinción próximo-remoto”. *Revista Brasileira de História da Ciência* 7. 1 (2014d): 16-31.
- _____. “Algunas especulaciones de Maupertuis y Diderot sobre la relación entre estructura y función en los seres vivos”. *Filosofia & História da Biologia* 11. 1 (2016a): 93-106.
- _____. “Geoffroy Saint-Hilaire y el problema de las condiciones de existencia”. *Límite* 11. 36 (2016b): 7-19.
- Cavalli-Sforza, Luca & Francesco. *Qui soommes-nous?* Paris: Flammarion, 1994.
- Corning, Peter. “Evolution ‘on purpose’: how behaviour has shaped the evolutionary process”. *Biological Journal of the Linnean Society* 112. (2014): 242-260.
- Coddington, Jonathan. “The roles of homology and convergence in studies of adaptation”. En Eggleton, Paul & Vane-Wright, Richard (ed.): *Phylogenetics and Ecology*. London: Linnean Society, (1994): 5378.
- Crispo, Erika. “The Baldwin effect and genetic assimilation: revisiting two mechanisms of evolutionary change mediated by phenotypic plasticity”. *Evolution* 61. 11 (2007): 2469-2479.
- Darwin, Charles. *On the origin of species*. London: Murray, 1859.
- _____. “A posthumous essay on instinct”. En Romanes, George 1884: *Mental evolution in animals*. (1884): 353-384.
- _____. *The descent of man*. London: Penguin, 2004[1871].
- Deacon, Terrence. “Multilevel selection and language evolution”. En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003): 81-105.
- Dennett, Daniel. *Darwin’s dangerous idea*. London: Penguin, 1996.
- _____. “The Baldwin effect: a crane, not a skyhook”. En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003): 69-79.
- Depew, David. “Baldwin and its many effects”. En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003):3-32.

- Downes, Stephen. "Baldwin effects and the expansion of the explanatory repertoire in evolutionary Biology". En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003): 33-51.
- Elton, Charles. *Animal Ecology*. Macmillan: New York, 1927.
- Ehrlich, Paul. *Naturalezas humanas*. México; Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Futuyma, Douglas. *Evolutionary Biology*. Sunderland: Sinauer. 1998.
- Godfrey-Smith, Peter. "Baldwin skepticism and Baldwin boosterism". En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003): 53-67.
- Gottlieb, Gilbert. "Behavioral development and evolution". En Hall, Brian & Olson, Wendy (ed.): *Keywords and concepts in Evolutionary Developmental Biology*. Cambridge (2003): 14-23.
- Griffiths, Paul. "Adaptation and Adaptationism". En Wilson, Robert & Keil, Frank (ed.) *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Cambridge (1999): 3-4.
- _____. "Beyond the Baldwin effect". En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge (2003): 193 -215.
- Hall, Brian. "Organical selection and genetic assimilation". En Weber, Bruce & Depew, David (ed.): *Evolution and learning: the Baldwin effect reconsidered*. Cambridge: (2003): 81-105.
- Hardy, Allister. "Change and choice: a study in pelagic ecology". En De Beer, Gavin (ed.): *Evolution*. Oxford (1938): 139-159.
- Hinton, Geoffroy & Nowlan, Steven. "How learning can guide evolution". *Complex Systems* 1. (1987): 495-502.
- Huxley, Julian. "The emergence of Darwinism". En Tax, Solomon (ed.): *Evolution after Darwin*, Vol. I: The evolution of life (1960): 1-22.
- Huxley, Julian. *La evolución: síntesis moderna*. Buenos Aires: Losada, 1965[1943].

- Jablonka, Eva & Lamb, Marion. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge: MIT Press, 2005.
- Kellogg, Vernon. *Darwinism to-day*. New York: Henry Holt, 1907.
- Koestler, Arthur. *El abrazo del sapo*. Barcelona: Ayma, 1973.
- Laland, Kevin. "Extending the extended phenotype". *Biology & Philosophy* 19. 3 (2004): 313-309.
- Laland, Kevin & Coolen, Isabelle. "La construction de niche: de la culture jusque dans nos gènes". *Les dossiers de La Recherche* 27 (2007) : 84-89.
- Laland, Kevin; Odling-Smee, John; Sterelny, Kim; Uller, Tobias; Hoppitt, William. "Cause and effect in Biology revisited: is Mayr's proximate-ultimate dichotomy still useful?". *Science* 334 (2011): 1512-1516.
- Lederberg, Joshua. "Genetic approaches to somatic cell variation: summary comment". *Journal of Cellular and Comparative Physiology* 52. S.1 (1958): 383-401.
- Lincoln, Roger; Boxshall, Geoffrey; Clarck, Paul. *Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía*. México: Fondo de Cultura Económica, 2009.
- Longa, Víctor. "El efecto Baldwin: su papel en Biología Evolutiva y su aplicación a la evolución del lenguaje". *Ludus Vitalis* 13. 23 (2005): 21-48.
- _____. "¿Realmente el aprendizaje acelera la evolución?" En Veyrat Rigat, Monserrat & Serra Alegre, Enric (ed.): *La Lingüística como reto epistemológico y acción social*. 2 (2009a): 1061-1070.
- _____. "Sobre el efecto Baldwin y la noción de herencia". *Signos Filosóficos* 11. 21 (2009b): 43-72.
- Lutz, Bertha. "Ontogenetic evolution in frogs". *Evolution* 2. 1 (1948): 29-39.
- Malone, John; Cerri, James; Staddon, John. "Darwin y la Psicología". En Gutiérrez, Germán & Papini, Mauricio (ed.): *Darwin y las ciencias del comportamiento* (2014): 273-312.
- Maynard-Smith, John. "When learning guides evolution". *Nature* 229 (1987): 761-2.
- Mayr, Ernst. *Systematics and the origin of species*. Cambridge: Harvard University Press, 1942.

- _____. *Animal species and evolution*. Cambridge: Harvard University Press, 1963.
- Medawar, Peter. *El futuro del hombre*. Zaragoza: Acribia, 1961.
- Monod, Jacques. "Lección inaugural de la Cátedra de Biología Molecular del Collège de France" [3 de Noviembre de 1967]. En Senent-Josa, Joan (ed.): *Del idealismo físico al idealismo biológico*. Barcelona: Anagrama (1972): 10-43.
- Morgan, Conwy Lloyd. "On modification and variation". *Science* 4. 99 (1896a): 733-740.
- _____. *Habit and instinct*. London: Edward Arnold, 1896b.
- _____. "Organic selection". *Science*, New Series, 5. 130 (1897): 994-995.
- _____. *Animal behaviour*. London: Edward Arnold, 1900.
- _____. *An introduction to Comparative Psychology*. London: Walter Scott, 1903.
- _____. "Mental factors in evolution". En Seward, Albert (ed.): *Darwin and the modern science*. London: Cambridge University Press (1910): 424-445.
- Odling-Smee, John; Laland, Kevin; Feldman, Marcus. *Niche construction: the neglected process in evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- Osborn, Henry. "Are acquired variations inherited?" *American Naturalist* 25. 291 (1891): 191-216.
- _____. "Ontogenetic and phylogenetic variation". *Science*. 4. (1896): 786-789.
- _____. "Organic selection (report of a discussion introduced by Henry Osborn and Edward Poulton in August 11th 1897, at the Detroit meeting)". *American Association for the Advancement of Science* 6 (146, Oct.15). (1897): 584-587.
- Oyama, Susan. *The ontogeny of information*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- Piaget, Jean. *Biología y conocimiento*. Madrid: Siglo XXI, 1969.
- _____. *El comportamiento, motor de la evolución*. Buenos Aires: Nueva visión, 1977.
- _____. *Adaptación vital y Psicología de la Inteligencia*. Madrid: Siglo XXI, 1978.

- Pigliucci, Massimo. "Phenotypic plasticity". En Fox, Charles; Roff, Derek; Fairbairn, Daphne (ed.): *Evolutionary Ecology*. Oxford: Oxford University Press (2001): 58-69.
- Pigliucci, Massimo. "Phenotypic plasticity". En Pigliucci, Massimo & Müller Gerd (ed.): *Evolution: the extended synthesis*. Cambridge: MIT Press (2010): 355-378.
- Popper, Karl. "La evolución y el árbol del conocimiento (Conferencia Herbert Spencer: Oxford, 30 de octubre de 1961)". En Popper, Karl: *Conocimiento objetivo*. Madrid: Técnos 1974[1961]: 236-256.
- _____. "Sobre nubes y relojes". In POPPER, Karl: *Conocimiento objetivo*. Madrid: Técnos 1974[1965]: 193-235.
- _____. "Epistemología sin sujeto cognoscente". En Popper, Karl: *Conocimiento objetivo*. Madrid: Técnos 1974[1968]: 106-146.
- _____. "El prometedor monstruo comportamental (suplemento a 'La evolución y el árbol del conocimiento')". In Popper, Karl: *Conocimiento objetivo*. Madrid: Técnos 1974[1971]: 256-259.
- _____. *Búsqueda sin término*. Madrid: Técnos, 1977[1974].
- _____. "Parte I de Popper, Karl & Eccles, John". *El yo y su cerebro*. Barcelona: Labor 1982[1977]: 3-255.
- Popper, Karl & Eccles, John. *El yo y su cerebro*. Barcelona: Labor, 1982[1977].
- Poulton, Edward. "Theories of Heredity". En Poulton, Edward: *Essays on Evolution: 1889-1907*. Oxford: Clarendon Press 1908[1889]: 120-138.
- Renk, Jean-Luc & Servais, Véronique. *L'Éthologie*. Paris: Seuil, 2002.
- Robinson, Beren & Dukas, Reuven. "The influence of phenotypic modifications on evolution: the Baldwin effect and modern perspectives". *Oikos* 85. 3 (1999): 582-89.
- Romanes, George. *Mental evolution in animals*. New York: Appleton, 1884.
- _____. *Darwin, and after Darwin, Vol. II: Post-Darwinian questions: heredity and utility*. Chicago: Open Court, 1895.
- Ruse, Michael; Martin, Elizabeth; Holmes, Elaine. *A dictionary of Biology*. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- Santos, Mauro; Szathmáry, Eörs; Fontanari, José. "Phenotypic plasticity, the Baldwin effect, and the speeding up of evolution: the computational roots of an illusion". *Journal of Theoretical Biology* 371. (2015): 127-136.

- Schrödinger, Erwin. *Mente y materia* (Conferencias Turner leídas en el Trinity College de Cambridge en Octubre de 1956). Barcelona: Tusquets, 1983[1958].
- Simpson, George Gaylord. "The Baldwin effect". *Evolution* 7. 2 (1953): 110-117.
- Sober, Elliott. *The nature of selection*. Chicago: Chicago University Press, 1984.
- _____. "The adaptive advantage of learning and a priori prejudice". En Sober, Elliot: *From a biological point of view*. Cambridge: Cambridge University Press (1994): 50-70.
- Suzuki, Reiji & Arita, Takaya. "Interactions between learning and evolution: the outstanding strategy generated by the Baldwin effect". *Biosystems* 77. (2004): 57-71.
- Thoday, John. "Components of fitness". *Symposia of the Society for Experimental Biology* 7. (1953): 96-113.
- _____. "La selección natural y el progreso biológico". En Barnett, Stephen (ed.): *Un siglo después de Darwin*, Vol.I. Alianza: Madrid (1966): 183-208.
- Thomson, Arthur. *Problems of bird-migration*. Boston: Mifflin, 1926.
- Thorpe, William. "Further studies on pre-imaginal olfactory conditioning in insects". *Proceedings of the Royal Society of London B* 127 (1939): 424-433.
- _____. "The evolutionary significance of habitat selection". *Journal of animal ecology* 14. 2 (1945): 67-70.
- Turney, Peter. "Myths and legends of the Baldwin effect". *Proceedings of the Workshop on Evolutionary Computing and Machine Learning, at the 13th International Conference on Machine Learning*: Bari, Italy, July 3-6 1996. Ottawa: National Research Council (1996): 135-142.
- Waddington, Conrad. "Evolutionary adaptation". En Tax Solomon (ed.): *Evolution after Darwin*, Vol. I: The evolution of life. Chicago: Chicago University Press (1960): 381-402.
- _____. *The nature of life*. London: Allen & Unwin, 1961.
- West-Eberhard, Mary-Jane. "Adaptation: current usages". En Hull, D. & Ruse, M. (eds.) *Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press (1998): 8-14.
- _____. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

- Weismann, Auguste. “De l’hérédité”. En Lenay, Charles (ed.): *La découverte des lois de l’hérédité: 1862-1900* (une anthologie). Paris: Pocket 1990[1883]: 167-212.
- Wilkins, Adam. “Canalization and genetic assimilation”. En Hall, Brian & Olson, Wendy (ed.): *Keywords and concepts in Evolutionary Developmental Biology*. Cambridge: Harvard University Press (2003): 23-29.
- Yamauchi, Hajime & Hachimoto, Takashi. “Relaxation of selection, niche construction, and the Baldwin effect in language evolution”. *Artificial life* 16. (2010): 271-287.
- Young, Jacy. “The Baldwin effect and the persistent problem of preformation versus epigenesis”. *New ideas in Psychology* 31. (2013): 355-362.

LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS ADAPTATIVOS SEGÚN EL “DARWINISMO CUÁNTICO” DE ZUREK^{1,2}

THE EVOLUTION OF COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS ACCORDING TO ZUREK’S “QUANTUM DARWINISM”

Eugenio Andrade^{3,4}

RESUMEN

En este artículo argumento a favor de una integración no reductiva entre aproximaciones físicas y biológicas, basado en la noción de información como interpretación. Para ello esbozo un esquema fundado en la semiosis de Peirce en el que la relación entre las perturbaciones físicas del entorno, y las respuestas (internas y externas) están mediatizadas por el “sistema de interpretación” que las detecta e interpreta como señales informativas, dando lugar tanto a ajustes estructurales internos, como a acciones implementadas sobre el medio ambiente externo. En consecuencia argumento que los “sistemas de interpretación” pueden equipararse a agentes colectores y usuarios de información de Zurek (IGUS) y a sistemas complejos adaptativos (SCA). Para aplicar este modelo al problema de la adaptación evolutiva examino la teoría de Zurek denominada “darwinismo cuántico” (DC), según la cual el entorno elimina de los sistemas cuánticos la inmensa mayoría de las superposiciones dejando únicamente los “estados preferidos”, entre los cuales se escogen los que de hecho se pueden realizar en el mundo clásico. Elección entre alternativas estructurales accesibles que se deciden en la interacción entre los SCA y su entorno. Para concluir justifico como la semiosis permite aplicar el “darwinismo cuántico” a la evolución de SCA, proponiendo que el debate entre las escuelas (neo)-lamarckiana y neo-darwiniana debe ser repensado en términos más acordes con la física cuántica. Finalmente, la semiosis (es decir la información entendida como interpretación) justificaría la analogía profunda entre los modelos físico-cuánticos y biológicos de evolución adaptativa.

Palabras claves: Darwinismo cuántico, (Neo)-lamarckismo, Selección natural, Información, Sistemas complejos adaptativos.

ABSTRACT

I argue for a non-reductive integration between physical and biological approaches based on the notion of information as interpretation. Thus I outline a scheme based on Peirce’ semiosis in which the relation between environmental physical perturbations and

1 Recibido: 18 de julio de 2016. Aceptado: 12 de diciembre de 2016.

2 Este artículo se debe citar así: Andrade, Eugenio. “La evolución de los sistemas complejos adaptativos según el “darwinismo cuántico” de Zurek”. *Rev. Colom. Cienc.* 17.34 (2017): 41- 73

3 Profesor Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Miembro del grupo Analima Universidad El Bosque. Correo electrónico: leandradep@unal.edu.co.

4 Bogotá (Colombia).

responses (internal and external) are mediated by the “system of interpretation” that detects and interpret them as informative signals, so giving rise to structural internal accommodations and to actions that are implemented on the external environment. Therefore I argue that “systems of interpretation” can be equated to Zurek’s information gathering and using systems (IGUS) and complex adaptive systems (CAS). In order to apply these model to the problem of adaptive evolution, I examine Zurek’s theory known as “quantum Darwinism”, according to which the environment eliminates the immense majority of the super-positions of quantum systems leaving only the “preferred states”, among which are chosen those that are in fact can be realized in the classical world. To end up I justify that semiosis permits to apply quantum Darwinism to the evolution of CAS, and I argue that the debate between (Neo)-Lamarckian and Neo-Darwinian schools must be reassessed in terms more in accord with quantum physics. Finally semiosis (that is information understood as interpretation) would justify the deep analogy between quantum physical and biological models of adaptive evolution.

Keywords: Quantum Darwinism, Neo-Lamarckism, Natural selection, Information, Complex adaptive systems.

1. SEMIOSIS: UN ESQUEMA APROPIADO PARA ESTUDIAR LOS SISTEMAS COMPLEJOS ADAPTATIVOS

Charles S. Peirce (1891) esbozó una cosmovisión fundamentada en los significativos avances de la ciencia del siglo XIX y principios del XX, especialmente en lo concerniente al aporte de Boltzmann y Maxwell en la mecánica estadística, y de Lamarck, Darwin y del paleontólogo Clarence King, precursor de la idea de evolución por saltos, en lo concerniente a las teorías biológicas de la evolución. Tanto la termodinámica como la evolución biológica son dos líneas de investigación nacidas y desarrolladas en campos disciplinares muy diferentes, que sin embargo apuntan en una misma dirección, la naturaleza cambiante y evolutiva no solo de los seres vivos sino de los sistemas físicos.

De acuerdo a Peirce (2228- 2274) los procesos de cambio se puede entender mediante la relación semiótica en la que distinguimos tres componentes, a) objeto (O), b) signo o sistema de interpretación (S), c) interpretante (I), la cual se explica como: “entrada (input) (O) \Rightarrow intermediación (S) \Rightarrow salida (output) (I)”. En este esquema: a) la entrada son las fluctuaciones físicas (ondas sonoras, chorros de fotones, dispersión de moléculas en aerosoles, gradientes térmicos, etc.), emitidas por los objetos presentes y cambiantes del entorno, las cuales son susceptibles de ser potencialmente interpretadas como señales informativas. b) La intermediación que equivale al procesamiento del input externo ejecutada por parte de un “sistema de interpretación”, en un contexto medio ambiental específico, el cual guía la elección de los outputs en la forma

de ajustes estructurales internos a adoptar y de las respuestas o acciones a ser implementadas. c) La salida que corresponde a la ejecución de dichas acciones, es decir la implementación efectiva de restricciones internas y las consiguientes acciones (conductas) proyectadas sobre el entorno. Ambas respuestas modifican y retroalimentan al “sistema de interpretación”⁵; de modo que la viabilidad de los ajustes estructurales internos se garantiza por un monitoreo de funcionalidad a nivel interno, y por la selección natural (SN) que asegura la propagación del cambio evolutivo a nivel poblacional en un entorno determinado. En pocas palabras la interpretación de señales por parte de los sistemas, se constituye en la base del encaje funcional adaptativo entre las partes internas del organismo, por un lado, y entre el organismo como un todo (“sistema de interpretación”) y el medio ambiente (contexto de interacciones), por el otro.

Este modelo descrito por Peirce (2228- 2.274) como semiosis, suele confundir por cuanto la semiótica ha sido invocada principalmente en el ámbito de la lingüística, el arte y la comunicación, pero en este esquema se extrapola como metáfora apropiada para el mundo natural altamente interconectado en el que como reconocemos hoy en día, hay intercomunicación, creación y transferencias de información, aparición de nuevas funciones (significados) y cambio permanente. Es decir partimos del reconocimiento de un universo que a escala cósmica se desarrolla y evoluciona, pero también de un mundo viviente, compuesto de seres que experimentan, sienten, perciben, construyen modelos internos del entorno (Rosen 2000), poseedores de diversos tipos de inteligencias, emociones e impulsos que los incitan a interactuar y comunicarse de formas muy diversas. Hay que resaltar que en este esquema la noción de información aparece asociada a la de proceso morfo-genético como resultado de la acumulación de restricciones estructurales debidas a la interpretación de señales procedentes tanto del medio ambiente como de factores internos. La información en su acepción semántica es creación de significados, lo cual se hace evidente cuando ha sido recibida y ha causado algún tipo de modificación (ajuste interno y acción hacia el medio externo) en quien la recibe. Por esta razón las transferencias de información no se refieren a “bits abstractos” sino a perturbaciones físicas reales que son interpretadas como señales con contenido semántico y funcional por parte de sistemas receptores que como usuarios, la utilizan para estabilizar su estructura (estados de baja entropía), ajustándola a las condiciones de un medio ambiente determinado y así lograr sobrevivir mediante la utilización de gradientes de energía disponible.

5 En este trabajo me refiero, siguiendo a Salthe (1993), al signo de Peirce como un “sistema de interpretación”, noción que como se justifica resulta aplicable a los sistemas complejos adaptativos SCA y a los IGUS de Zurek por igual.

Reconozco que la noción de “interpretación” refleja un antropomorfismo que puede ser inconveniente, pero en la perspectiva de Peirce es simplemente expresión del hecho de que la correlación entre inputs y outputs, no es lineal, ni causal determinista⁶ sino que se da en un contexto de interrelaciones en las que participan una diversidad de entidades y seres de la naturaleza. Además, en múltiples aproximaciones a la noción de información, la interpretación aparece como la característica más distintiva, por ejemplo para Bateson (1976)⁷ la información está referida a toda diferencia que causa una diferencia en otro que la interpreta. Hay que destacar que en esta discusión el término interpretación no implica actividad racional consciente. En esta acepción la semiosis se refiere a la creación natural de sentido y significación por parte de los sistemas adaptativos que interactúan entre ellos y su entorno, para sacar ventajas funcionales de las perturbaciones físicas que al ser interpretadas como señales informativas guían los ajustes consecuentes de su estructura interna y la elección de las acciones proyectadas hacia afuera que contribuyen a la configuración del medio circundante que actúa como factor de selección.

De modo paralelo el estudio de la evolución de sistemas abiertos lejos del equilibrio térmico, también incluye aspectos semióticos al subrayar la importancia de la auto-organización, el procesamiento de información, la interacción dependiente del contexto medio ambiental físico, la incertidumbre, la retroalimentación, y en el caso de la cuántica nociones como superposición, coherencia, observación, medición, decoherencia, entrelazamiento que tal como discutiré más adelante podrían interpretarse dentro de este esquema (Andrade 2014a).

Con el objetivo de avanzar en esta discusión examinaré la propuesta del “darwinismo cuántico” (Zurek 2002; 2003; 2009), para mostrar como los SCA o IGUS, se equipararían a sistemas cuántico/clásicos que interactúan en un medio ambiente determinado, como agentes de “medición interna” en el sentido propuesto por Matsuno (1989; 1996; 2006), McFadden (2000), Conrad (2001) y Andrade (2000; 2014b). Estas consideraciones repercuten en la biología teórica por cuanto llevan a superar las visiones adaptativas de Lamarck y Darwin, ambas influenciadas en su formulación por los esquemas clásicos de la física.

6 A un “input” de baja intensidad a escala micro, corresponden “outputs” de mayor intensidad a escala macro, además a un mismo “input” puede corresponder más de un “output” según el contexto de interacciones.

7 Para Bateson (1976) “toda diferencia que provoca una diferencia” supone un sistema de interpretación en un contexto determinado. Esta formulación se ha considerado por Hoffmeyer (1996) como una definición semántica y pragmática de información.

Los SCA son equiparables a sistemas procesadores de información tipo IGUS

La noción de información subyacente a la metáfora del “demonio de Maxwell” y su pertinencia para la biología fue discutida originalmente por Thompson (1911), (Fox-Keller 2000) y dio origen al debate sobre si la vida violaba o no la segunda ley de la termodinámica. Baste decir aquí que Zurek (1989a; 1989b) propuso que el “demonio de Maxwell” se puede concebir como agentes que colectan y usan la información o IGUS (“*Information Gathering and Using Systems*”) que operan en condiciones de apertura al medio circundante y lejanía del equilibrio térmico. Kauffman (2000) propuso la extrapolación de este concepto para abordar el estudio de los seres vivos como agentes autónomos capaces de extraer energía. Posteriormente, Andrade (2003; 2004) mostró que esta idea abre la vía para una síntesis ampliada de la teoría evolutiva que enriquece la perspectiva neo-darwinista dándole cabida a interpretaciones (neo)-lamarckianas⁸. Binder y Danchin (2011) aplicaron esta idea al entendimiento de la actividad enzimática en los sistemas celulares.

El modelo describe sistemas que procesan información, como condición para extraer la energía requerida para su mantenimiento, propagación y reproducción. Para ello Zurek (1989a; 1989b) definió una magnitud denominada entropía física (S) que decrece en una proporción equivalente a la cantidad de trabajo o energía que puede ser extraída por un IGUS después de pagar el costo de registrar información. En consecuencia, para poder actuar sobre un elemento específico del entorno, los IGUS deben haber generado una imagen o representación interna del entorno circundante del cual forman parte, la cual orienta las acciones efectoras sobre los objetos del medio. De acuerdo a este modelo los IGUS obedecen a una lógica circular autorreferente, dado que la información captada del entorno incluye información de sí mismos, puesto que están inmersos en dicho entorno, a la vez que mediante su acti-

⁸ La distinción fundamental entre lamarckismo y neo-lamarckismo consiste en que el primero hace énfasis en la noción de auto-organización de la materia y en un hipotético plan de la naturaleza, mientras que el segundo destaca la herencia de las características adquiridas por el uso y desuso de los órganos, es decir los efectos del hábito en la modificación. Hoy en día, en cuanto la herencia epi-genética se enmarca dentro la auto-organización de sistemas complejos, se rehabilitan y asocian principios explicativos lamarckianos (auto-organización) con los neolamarckianos (herencia del carácter adquirido), aunque se rechace la existencia de un plan de la naturaleza. Por esta razón a lo largo de todo el texto utilizaré el término (neo)-lamarckismo.

vidad contribuyen a su configuración y modificación⁹. El medio ambiente actúa como un canal de la información emitida por una diversidad de objetos, haciéndola disponible a otros SCA (IGUS¹⁰) los cuales capturan fotones, sustancias químicas, ondas sonoras, gradientes de temperatura, etc., que al incidir sobre los órganos receptores o sensoriales generan una imagen o representación interna del mundo externo, la cual induce la adopción de ajustes estructurales internos en el intento de preservar su “encajamiento” o ajuste funcional con el medio. En consecuencia la información del entorno se capta permanentemente y los registros informativos se van poniendo al día, mediante la auto-imposición de restricciones que ajustan el macro-estado más probable con elementos significativos del entorno.

En consecuencia los SCA poseen una estructura organizada en micro-estados [N-1] y Macro-estados [N] (Andrade 2003). El nivel [N] está en íntima interacción con el medio circundante [N+1] mediante el acomodo funcional con factores del entorno que el SCA distingue como relevantes. El nivel [N-1] almacena información acumulada a lo largo de la evolución en la forma de un registro codificado que posibilita y facilita la propagación y reproducción de los fenotipos exitosos [N]. El almacenamiento de la información registrada en modo digital ocurre mediante la generación de restricciones sobre el micro-estado a causa de los ajustes estructurales del macro-estado en un medio ambiente dado [N+1]. Los micro-estados así generados estabilizan a su vez los macro-estados realizados y hacen posible acceder o alcanzar otros nuevos macro-estados en un futuro inmediato. La acumulación de información a lo largo de la evolución obedece a la ley del incremento de entropía, puesto que el uso de la información permite que los SCA degraden los gradientes de energía detectados (contribuyendo a la maximización de la entropía global) con el fin de aprovecharlos para mantener su organización dentro de un umbral de estabilidad caracterizado por estados de mínima entropía mediante las restricciones impuestas por los macro-estados (Brooks et al. 1988). La SN favorece a los SCA más eficientes en la extracción de energía del entorno, los cuales a su vez son los que registran fielmente la información en dos modos, el genético (digital, información codificada a nivel de los micro-estados) y el feno-

9 Las teorías de construcción de nicho de Lewontin y Odling-Smee en biología, contemporáneas a la de Zurek en termodinámica y física cuántica muestran una convergencia interesante. La primera es una teoría de organismos que modifican el medio ambiente en el cual son seleccionados, mientras que la segunda es un modelo teórico aplicable a los organismos, pero no limitado exclusivamente a ellos. En este trabajo señalo la analogía que puede hacerse entre estas teorías desde la perspectiva de la noción de información como interpretación inherente al esquema de Peirce. Una vez más este esquema resulta muy útil para poner de relieve puentes conceptuales interdisciplinarios sin caer en un reduccionismo físico, ni en un pretendido holismo biológico.

10 El término IGUS, derivado de la termodinámica y la teoría de la información, puede con toda propiedad referirse a “sistemas complejos adaptativos” SCA ambos entendidos como “sistemas de interpretación de Peirce”.

típico (estructural, información estructural a nivel macroscópico), preservando simultáneamente ciertos grados de plasticidad estructural (Macro-estados) y de redundancia digital (micro-estados), (ver figura 1).

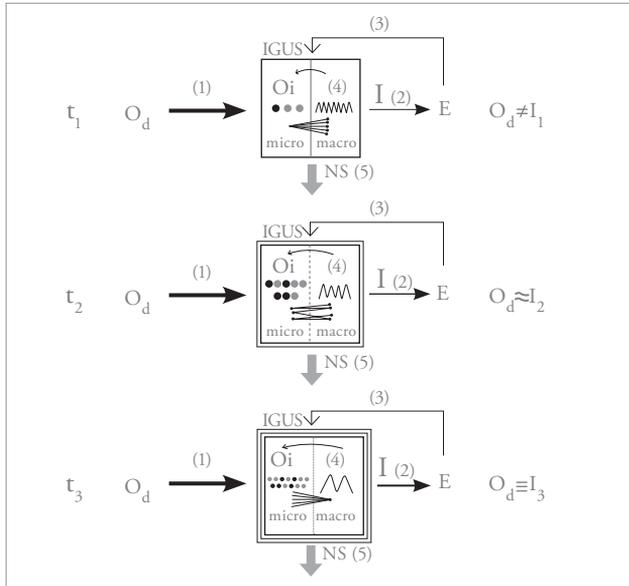


Figura 1. Iteración semiótica que muestra la transmisión de información del “Objeto externo” (input) al “Interpretante” (output) mediatizada por el “sistema de interpretación” (IGUS). Oe: objeto externo, emisor de perturbaciones físicas o “input”. Micro: micro-estados, registro digital, o representación interna de objetos externos. MACRO: macro-estados, registro estructural (análogo). IGUS: sistema de interpretación de las perturbaciones físicas como señales informativas. E: medio ambiente o entorno. Flechas: 1. de Oe al IGUS: efecto causal del objeto externo sobre los micro-estados. 2. Del IGUS a E: acción efectora o “output”. 3. De E al IGUS: restricciones del entorno hacia el IGUS, o retroalimentación. 4. De MACRO a micro: restricciones impuestas por los Macro-estados a los micro-estados, (causalidad descendente). 5. Flecha hacia abajo: selección natural. En una etapa temprana de la iteración t_1 , hay baja correlación entre micro/Macro-estados y entre Macro-estados/entorno y, por tanto, a “un” registro digital le corresponden “muchos” en modo estructural. El Oe (input) y la acción resultante (output) no se corresponden. En una etapa avanzada de la iteración t_2 , aumenta la correlación entre micro-estados/Macro-estados y entre Macro-estados/entorno y, por tanto, a algunos registros digitales le corresponden “uno a uno”, algunos registros estructurales. Hay correlación entre el Oe (input) y la acción resultante (output). En una etapa más avanzada de la iteración t_3 , hay alta correlación entre micro-estados/

Macro-estados y entre Macro-estados/entorno, y, por tanto, a “muchos” registros digitales le corresponde “uno” estructural (análogo). Así, se alcanzan un alto grado de correspondencia entre el Oe y la acción resultante, puesto que la información ha sido transferida aunque el potencial interpretativo del objeto externo no se agota. La sucesiva iteración disminuye la incertidumbre sobre el estado Macroscópico del IGUS o la plasticidad de los Macro-estados, a la vez que aumenta el tamaño del registro digital de información, lo cual incrementa la correlación entre micro y Macro-estados por un lado y entre Macro-estados y el medio ambiente por el otro (Andrade 2014a).

Ganar, crear o actualizar información significa generar correlaciones entre posibles macro-estados y el entorno, y entre micro-estados y macro-estados a consecuencia de procesos de interacción entre el IGUS y su medio circundante. De acuerdo a Pattee (1995) la medición es una interacción entre un sistema observador y uno observado que genera correlaciones entre ellos. Para esto deben darse al menos dos pasos: (1) reconocimiento estructural conducente a un acoplamiento, mediado por un motivo utilizado por el observador como estándar de clasificación y comparación de una diversidad de factores externos, y (2) ajuste estructural interno o reducción del número de conformaciones accesibles para el estado acoplado con respecto al no acoplado. La información generada durante la interacción (medición), da lugar a correlaciones entre los estados del sistema medido del entorno y el sistema que mide en este caso un observador inmerso en el entorno dentro del cual se desempeña y que con sus acciones contribuye a configurar.

2. LA PERSPECTIVA JERÁRQUICA EN EL ESTUDIO DE LOS SCA

Como veíamos, para que un sistema [N] se comporte como SCA debe poseer una organización a partir de componentes o subsistemas constitutivos [N-1] a la vez que hacer parte de un sistema de orden superior [N+1]. Las características más notables serían: 1. Poseer una estructura o macro-estado demarcado del entorno por fronteras selectivamente permeables al medio (membranas, cápsula, estomas, piel, poros, sensores, receptores, órganos sensoriales, etc.). 2. Poseer micro componentes identificables individualmente dentro de dicha frontera. Estos microcomponentes en cuanto pueden ser influidos por perturbaciones físicas generadas por objetos presentes en el medio ambiente externo, sirven de base material para la construcción de representaciones internas del medio externo. 3. Formar parte de una población que está inmersa en un contexto de relaciones con otros IGUS semejantes pero no idénticos, y con otros muy diferentes. 4. Capacidad de elegir entre, al menos, dos configuraciones macroscópicas alternativas en condiciones locales específicas de entorno.

El bucle autorreferente en el procesamiento de información por parte de los SCA se comprende mejor desde una perspectiva jerárquica en la que se enmarcan las explicaciones basadas en alteraciones provocadas por los niveles inferiores (condiciones iniciales, causalidad ascendente, “bottom-up”), complementada con el efecto que los niveles superiores o “medio ambientes” ejercen sobre los niveles inferiores (condiciones de frontera, causalidad descendente, “top-down”). Los sistemas en cuestión [N], no solo están determinados y posibilitados por las condiciones iniciales definidas por el nivel inferior [N-1], ni restringidos por las condiciones de frontera impuestas por el nivel superior [N+1], sino que ellos mismos tienen comportamientos originales inesperados e irreducibles derivados de las elecciones que ejecutan, las cuales introducen ajustes estructurales novedosos de carácter adaptativo.

Por esta razón sin remontarnos a las explicaciones referidas a los niveles más extremos “inferiores” y “superiores”, sería importante poder referir los fenómenos asociados a cualquier nivel escalar determinado [N], al menos a los niveles contiguos y fronterizos tanto inferiores [N-1] como superiores [N+1]. Propongo que para entender los SCA a nivel [N] debemos reconocer como “*input*” las condiciones iniciales inherentes al nivel inferior [N-1], la “interpretación” dada por el propio nivel de referencia [N] en el contexto medio ambiental [N+1] el cual define las condiciones de frontera, y donde se recibe el efecto de la acción o “*output*” proveniente de [N] y desde donde se imponen restricciones a los niveles inferiores (retroalimentación y causalidad descendente).

En este esquema explicativo no hay necesidad de comprometerse con la definición de los niveles causales últimos, puesto que se acepta un reduccionismo moderado, a la vez que se recurre a una noción de “emergencia débil” en el sentido de Chalmers y Jackson (2001), para explicar la aparición de modificaciones estructurales y comportamientos inesperados de los sistemas, en condiciones de entorno determinadas. Es decir, una explicación de fenómenos referidos al nivel [N], por ejemplo de la célula y del organismo, debe también incluir tanto elementos pertenecientes a un nivel molecular [N-1], como al contexto medio ambiental [N+1], y además incluir correlaciones establecidas en el nivel propio del estudio, como consecuencia de su actividad creativa y autónoma. Es decir que las explicaciones basadas en una causalidad ascendente (referidas a los efectos de los niveles inferiores sobre los superiores) no tienen mayor poder explicativo que las basadas en una causalidad descendente (referida a los efectos de los niveles superiores sobre los inferiores).

En otras palabras en el estudio de los sistemas complejos, ambas explicaciones son igualmente importantes e imprescindibles, siendo necesario definir los contextos de validación de las explicaciones ecológicas, epigenéticas, evolu-

tivas, fisiológicas, genéticas y moleculares. Ningún nivel explicativo tendría la posibilidad de dar cuenta completa del fenómeno, así como ninguna parte del sistema puede ejercer un control exclusivo sobre las otras.

De este modo, se podría abordar la controversia entre escuelas (neo)-lamarckianas y neo-darwiniana sobre el posible efecto evolutivo trans-generacional de las variaciones epigenéticas surgidas como ajustes estructurales heredables o modificaciones epigenéticas de los niveles [N] posibilitadas por los factores moleculares genéticos o nivel [N-1] en las condiciones de un medio ambiente determinado [N+1]. En condiciones controladas sería en principio posible estimar la sensibilidad de los fenotipos [N] a los cambios ambientales [N+1] inducidos por presencia de sustancias químicas, condiciones de nutrición, interacción con otros organismos, etc., dejando por ejemplo la constitución genética intacta [N-1]. Igualmente la sensibilidad a perturbaciones genéticas [N-1] en un medio entorno estable [N+1] en condiciones altamente controladas, (Anway *et al.* 2005; Arai *et al.* 2009). Por esta razón definir líneas de dependencia causal, lleva a considerar a cada uno de los niveles como realidades ontológicas. Los sistemas a diferentes niveles escalares [N] surgen dentro de rangos espacio temporales definidos por su organización material, como resultado de procesos a niveles [N-1] cuyos componentes también contribuyen a configurar el entorno [N+1] en que [N] se manifiesta y actúa, de ahí la autorreferencia.

Por otra parte en los SCA como resultado de las interacciones entre los distintos niveles podemos constatar que un número cada vez mayor de micro-estados a un nivel [N-1] (por ejemplo genético) puede ser descrito por un único macro-estado al nivel [N] (por ejemplo a nivel celular y del organismo) en el contexto de un supra-nivel [N+1] (por ejemplo medio ambiente), (ver figura 1).

3. LA INTERPRETACIÓN DE COPENHAGUE DE LA REALIDAD “CUÁNTICA” Y “CLÁSICA”

Schrödinger (1944) sostuvo que la vida era explicable por leyes físicas, pero se preguntaba si las leyes clásicas eran suficientes o si, por el contrario, sería necesario asumir la vida como un fenómeno cuántico¹¹. El problema de cómo relacionar el mundo cuántico con el clásico surge al considerar que el espacio

¹¹ “Living matter, while not eluding the ‘laws of physics’ as established up to date, is likely to involve ‘other laws of physics’... It is, in my opinion, nothing else than the principle of quantum theory over again”.

de Hilbert¹² que describe a los primeros es inmensamente grande, puesto que de acuerdo al principio de superposición cualquier combinación lineal arbitraria de estados cuánticos es posible. Lo cual implicaría que los estados clásicos con los cuales estamos familiarizados constituyen apenas una ínfima fracción de los posibles. Las diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica han aparecido justamente para tratar de entender las correspondencias entre los estados cuánticos y la realidad clásica.

De acuerdo a la Interpretación de Copenhague (IC) el estado de un sistema cuántico se representa como un vector en el espacio de Hilbert, el cual evoluciona de modo determinista, continuo y gradual, de acuerdo a la función de onda de Schrödinger¹³, hecho que contrasta con la existencia de un mundo macroscópico con estados discontinuos y discretos describibles por valores propios característicos. Bohr postuló la existencia de una línea divisoria entre el mundo clásico y el cuántico, o entre un mundo microscópico donde predomina la superposición, la indeterminación y el potencial informativo y un mundo macroscópico newtoniano donde predomina la determinación, la información actualizada en formas discretas, aunque el trazado de esta frontera sea evasivo y conceptualmente podamos correrla arbitrariamente. En esta distinción los aparatos de medición, así como los observadores pertenecen al dominio clásico, el cual se rige por leyes que establecen el marco necesario para entender el dominio cuántico. Para Bohr los dominios cuántico y clásico se conectan por medio de la medición, concebida como una intervención extra-física (la acción consciente del experimentador) que interrumpe azarosamente la evolución de la función de onda. En este proceso el dominio clásico macroscópico filtra de los muchos resultados posibles un resultado específico, provocando el colapso del micro-mundo cuántico. En este sentido Bohr sostuvo que era necesario tener en cuenta el contexto en que tienen lugar las mediciones cuánticas, es decir las contribuciones del aparato de medida, las propiedades del sistema cuántico y la medición. La inseparabilidad profunda entre los objetos cuánticos y los aparatos de medida hace que la realidad sea dependiente del contexto en que tiene lugar la observación y la medición. Esta

12 El concepto de *espacio* de Hilbert es una generalización del espacio euclídeo, la cual permite que nociones tales como ángulo entre vectores, ortogonalidad de vectores, teorema de Pitágoras, proyección ortogonal, distancia entre vectores y convergencia de una sucesión, aplicables a espacios de dimensión dos y tres, se extiendan a espacios de dimensión arbitraria, incluyendo espacios de dimensión infinita. Formalmente, se define como un espacio con producto interior que es completo con respecto a la norma vectorial definida por el producto interior. Un estado físico α en un instante de tiempo t viene descrito por un vector unitario de un espacio de Hilbert complejo. Dicho vector se denomina vector estado o ket, y se denota $|\alpha(t)\rangle$

13 Donde i : es la unidad imaginaria; h : es la constante de Planck normalizada ($h/2\pi$); H : es el operador Hamiltoniano, dependiente del tiempo, los observables corresponden a la energía total del sistema; r : es el observable posición; p : es el observable impulso. V : es la energía potencial.

interpretación de la mecánica cuántica deja sin resolver el problema de la emergencia del mundo clásico, en ausencia de observadores conscientes, a partir de un mundo cuántico fundamental propio de las partículas elementales. En otras palabras, para la IC los objetos no tienen una realidad independiente de la observación, es decir los electrones y fotones existen pero a consecuencia de la medición, la cual obedece a razones supuestamente extra-físicas. De acuerdo a este esquema, la mecánica cuántica no describe una realidad, sino los resultados de mediciones ejecutadas con aparatos macroscópicos, dejando sin resolver la correlación entre el vector de estado que describe la función de onda y la realidad “objetiva” producida por la medición, o sea la relación entre inputs cuánticos microscópicos y outputs clásicos macroscópicos.

La inexistencia de una realidad objetiva independiente de la observación consciente, constituye un problema que invita a repensar la noción de medición cuántica. Con el fin de avanzar en la comprensión de lo que denominamos realidad, hay que rechazar el carácter antropocéntrico de la medición cuántica, para preguntarnos qué tipo de entidades y sistemas pueden actuar como agentes de medición. Defiendo en consecuencia la tesis según la cual los IGUS se pueden equiparar a los agentes de medición cuántica, lo cual fundamenta una perspectiva informacional contextualmente dependiente de los sistemas de interpretación y, por tanto, semiótica en el sentido de Peirce.

4. LA INTERPRETACIÓN DE LOS “MUCHOS MUNDOS” DE LA REALIDAD CUÁNTICA

En contravía a la IC, la interpretación de los muchos mundos (MM) de Everett (1957) se pronunció a favor de la inexistencia de una frontera entre lo clásico y lo cuántico, al defender que toda la realidad es cuántica. El universo podría describirse por un vector de estado unitario¹⁴ que representa una superposición inmensa que al irse subdividiendo va acomodando todas las alternativas consistentes con las condiciones iniciales. En esta interpretación el observador consciente de Bohr no es necesario, puesto que en un universo cuántico, los estados de superposición y coherencia serían permanentes. Más aún, el objeto medido, los dispositivos de medición y los observadores estarían también en superposición. En consecuencia cada vez que se da una interacción entre dos

¹⁴ Un estado puro es un ensamble de sistemas cuánticos que puede ser descrito por un vector de estado único. Mientras que en un estado mixto, varios vectores de estado, no necesariamente ortogonales entre sí, son tomados como base. Un estado puro asociado a un sistema físico se representa por un vector unitario del espacio de Hilbert.

sistemas cuánticos la función de onda se divide, dando lugar a interferencias que provocan bifurcaciones permanentes. De este modo tendrían lugar infinitos eventos interferentes que generan una diversidad creciente de resultados cada uno de los cuales se ubica en alguna de las ramas que brotan con la evolución de la función de onda del universo. No existiendo reglas de selección, todas las ramas tienen probabilidades iguales de existir, ya que ninguna generaría un resultado definido “mejor” que las otras, y en consecuencia estaríamos viviendo en uno de los numerosos universos igualmente reales. De acuerdo a esta interpretación no hay observadores clásicos, ni medición propiamente tal, ni colapsos bruscos de la función de onda, sino interferencias entre sistemas cuánticos que se subdividen en innumerables mundos cuánticos y que, por tanto, deja sin explicar el mundo clásico al ignorarlo. El número de mundos estimados de acuerdo a la teoría de cuerdas sería del orden de 10^{500} , un número exorbitante que hace que esta hipótesis sea inconcebible, toda vez que la existencia de siquiera uno solo de los universos paralelos es indemostrable (Kauffman 2008).

5. LA TEORÍA DE LA DECOHERENCIA O EL DARWINISMO CUÁNTICO

Como un desarrollo de la IC que incorpora elementos de la interpretación de los MM, tendríamos el “darwinismo cuántico” de Zurek (DC), o teoría sobre la decoherencia por “selección inducida por el medio ambiente”, la cual reformula el problema de la observación y medición cuántica (Igamberdiev 2008).

En esta interpretación, la coherencia o superposición cuántica es un estado puro que contiene información sobre los estados de fase de todas las superposiciones existentes, la cual se afecta por un medio ambiente poblado principalmente de fotones y partículas que se mueven en todas las direcciones, borrando información de la gran mayoría de los estados en superposición y dejando sin alterar o, mejor, seleccionando un conjunto de estados punteros o preferidos. Estos estados punteros —representados como subespacios de Hilbert mutuamente ortogonales— son estables y constituyen el registro del resultado de las mediciones ejecutadas por el ambiente y, por consiguiente, serían los responsables de las propiedades clásicas. Es decir que las propiedades clásicas del mundo surgen espontáneamente por un proceso de pérdida de la superposición —decoherencia cuántica— a causa de la acción del medio ambiente que monitorea o mide permanente a los sistemas cuánticos. Tenemos entonces que a partir de un conjunto de estados virtuales pertenecientes a un sistema cuántico, solamente sobreviven los estados cuánticos preferidos o adaptados al entorno. En otras palabras, el entorno monitorea permanentemente ciertos observables del sistema cuántico y en lugar de provocar el colapso manifiesto

en un estado clásico discreto con valores propios, selecciona un conjunto de estados posibles, los realmente accesibles para su actualización. Estados que retienen correlaciones entre el sistema y el entorno.

Utilizando una imagen geométrica sugerida por Gould (2002) para ilustrar las diferencias entre la teorías gradualista darwiniana y la saltacionista, propongo que todos los estados en superposición se podrían representar por los puntos en la superficie de una esfera y por tanto infinitas variaciones mínimas en todas las direcciones estarían al alcance para una población, pero en las condiciones de un medio ambiente determinado la inmensa mayoría de las variaciones potencialmente accesibles se pierden y quedamos restringidos a un polihedro cuyas múltiples caras corresponden a los estados susceptibles de ser actualizados a nivel individual en un lugar y momento determinado (ver figura 2). La evolución sería algo así como lanzar el polihedro para definir al azar la cara en que cae, la cual define el promedio alrededor del cual fluctúan las variaciones realmente accesibles en la población, pero en el caso del DC a cada cara le corresponderían los estados pertenecientes a la base preferencial impuesta por el medio ambiente en la medición del sistema individual. En otras palabras, la evolución tendría lugar por el cambio en el ángulo de giro de los ejes ortogonales en el espacio de Hilbert por el efecto impredecible de la interacción del sistema cuántico con el medio ambiente.

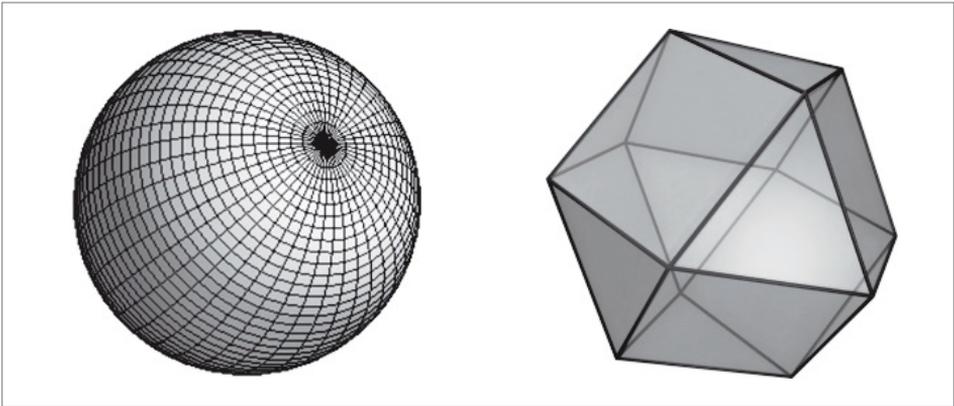


Figura 2. Ilustración de las diferencias entre el gradualismo clásico darwiniano y el saltacionismo más a fin al darwinismo cuántico.

Los aparatos de medición de Bohr serían entonces, dispositivos contruidos por los humanos que, como parte del medio ambiente, provocan un colapso repentino de la función de onda en condiciones controladas de experimentación. Pero, a partir de esta situación tan específica no podemos inferir como conclusión general que en el mundo natural en ausencia de observadores cons-

cientes los procesos transcurran de la misma manera. Si la interacción con el medio ambiente conduce a un cambio macroscópico detectable en algún lugar, significa que la decoherencia ha tenido lugar y que, por tanto, el vector de estado original se ha reducido a uno de los valores propios pertinentes al proceso de interacción, es decir que la información acerca del estado del sistema ha dejado su huella en el medio ambiente entrelazándose con él. Así, para los estados propios del observable pertinente se pueden inferir correlaciones entre las propiedades cuánticas y las propiedades macroscópicas observables. De esta manera la ecuación de Schrödinger describiría no solamente las propiedades intrínsecas del sistema cuántico, sino también la evolución de los posibles efectos macroscópicos en el medio ambiente, incluyendo los aparatos de medida (Roederer 2012).

Por otra parte y en conexión con la termodinámica, los estados preferidos corresponderían a los estados de mínima entropía, mientras que la habilidad del entorno para eliminar superposiciones del sistema cuántico depende de su capacidad para incrementar su entropía (Zurek 2003; Zwolak, Quan, & Zurek 2009). Por otra parte, hay que tener en cuenta que la evolución darwiniana premia con el éxito reproductivo a los sistemas que poseen la habilidad de auto-construirse en estados de baja entropía, incrementado así la entropía disipada en el entorno. Es decir, que los sistemas cuánticos evolucionan mediante la interacción permanente con su entorno para ubicarse y acomodarse en estados estables de baja entropía a expensas del aumento de entropía en el entorno. En el caso de los seres vivos las restricciones internas mantienen estados de baja entropía que constituyen el fundamento de las adaptaciones.

6. ENTORNO Y SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN

Se discute en qué medida SCA (IGUS) semejantes generan una misma imagen de la realidad externa, puesto que en caso de no hacerlo se violaría el criterio de objetividad según el cual ante un mismo fenómeno, diferentes observadores deben percibir lo mismo. El DC pretende salvar grados de objetividad en contra de un relativismo subjetivista extremo. En efecto, Zurek (2009) consideró que si la información dispersa en el ambiente fuera redundante y se repitiera en muchas copias, SCA (IGUS) semejantes, terminarían por capturar la misma información llegando a un acuerdo colectivo sobre el mundo externo. En otras palabras, no habría objetividad, sino redundancia de la información disponible en el medio ambiente, puesto que predomina la información observable que proviene de un conjunto de “estados preferidos”, una vez que la mayoría de las superposiciones han sido eliminadas y no tienen posibilidad real de actualizarse en un

medio ambiente determinado. Por tanto, los “estados preferidos” en superposición dan lugar a los estados observados, mediante las mediciones ejecutadas por el entorno poblado por SCA (IGUS), entorno que a su vez contiene la huella, impresión o reflejo de los estados preferidos. De esta manera cuando se establece un encaje estructural y funcional o mejor un entrelazamiento entre los SCA y algún elemento del entorno, las propiedades de este último determinan el tipo de información potencial que pasa del sistema cuántico al medio ambiente (es decir que se actualiza).

De acuerdo a esta propuesta teórica la existencia de un mundo clásico solamente se puede explicar desde lo cuántico, la explicación del universo como una totalidad implicaría aceptar una mega-superposición cuántica compatible con la función de onda de Schrödinger, pero indescriptible dada la inexistencia de un observador externo que pueda medirla. Por el contrario, la perspectiva internalista sería realista, ya que explica la experiencia compartida que poseemos de un mundo clásico objetivo, sometido a leyes. Desde esta perspectiva el universo es una red de sistemas cuánticos abiertos (observadores y observados) que interactúan mediatizados por el ambiente y que, por lo tanto, están sujetos a la adopción de una mezcla de estados posibles permitidos por la selección inducida por el entorno.

En consecuencia, podemos considerar el entorno como todo lo que rodea a un sistema determinado, el cual contiene entidades pertenecientes a distintos niveles de organización y, por tanto, pertenecientes a categorías conceptuales diferentes, desde partículas dispersas en movimiento presumiblemente azaroso, bosones, fotones, electrones, quarks, protones, átomos, moléculas, virus, bacterias, células, organismos, comunidades bióticas, hongos, elefantes, selvas tropicales, humanos y sus productos tecnológicos como aparatos de medida, televisiones, automóviles, edificios, factorías, etc. Las entidades de menor escala predominan en el ambiente por factores de varios órdenes de magnitud, mientras que las de mayor escala son muchísimo menos abundantes. Es decir los niveles inferiores escalares son los que más contribuyen a la conformación del entorno y por esta razón pensar el entorno como un sistema envolvente de orden superior que impone restricciones a los componentes de los niveles inferiores, se explicaría por la eliminación de los estados posibles y la retención de los preferidos. De modo semejante, explicar la emergencia del mundo organizado a partir de la descripción de los componentes fundamentales, nos remite también a las partículas subatómicas que a medida que interactúan entre ellas se entrelazan y contribuyen a la conformación de su medio ambiente externo. Es decir las partículas subatómicas aparecen tanto en los extremos inferiores como superiores de las escalas jerár-

quicas de organización, o mejor en los ambientes internos entrelazados con los externos. Escarbar en los niveles últimos constitutivos de la materia nos lleva inevitablemente a enfrentarnos con las partículas cuya inmensa mayoría estaría entrelazada con otras en el medio ambiente. Por esta razón, resulta de mayor conveniencia definir los medios ambientes en relación al conjunto de los factores que son significativos para cada uno de los sistemas contenidos en ellos, porque corresponden al espacio de donde provienen los estímulos perceptibles, y además donde se proyecta la acción de estos mismos sistemas. Es decir, debemos intentar definir sub-ambientes locales en función de los factores relevantes para los sistemas y entidades en estudio. En otras palabras los “sistemas de interpretación (SCA o IGUS) pueden ser estudiados, investigando tanto los factores ambientales que inciden y provocan en ellos cambios de estado, como los efectos ambientales que ellos generan. De esta manera la física reencuentra la semiótica. Por ejemplo para que un sistema A establezca una interacción con uno B, se requiere que A detecte en el entorno E perturbaciones físicas provenientes de B, y que además las interprete como señal informativa, es decir que provoque un cambio de estado en A en función de B en el contexto dado por E. Lo mismo vale en sentido contrario. En otras palabras no hay interacciones directas sino que siempre están mediatizadas por el entorno o medio ambiente, el cual se convierte en un espacio de relaciones altamente heterogéneo y asimétrico. Es decir, no podemos conocer los SCA o IGUS directamente, sino a través del ambiente significativo en que ellos actúan.

En esta perspectiva los SCA (IGUS) estarían suspendidos en un estado intermedio entre lo cuántico (potencial e indeterminado) y lo clásico (actual y determinado), e interactuarían indirectamente con otros sistemas en un entorno del cual hacen parte constitutiva y que al actuar modifican, a la vez que se modifican a sí mismos. No hay por tanto lugar a la prevalencia del observador humano, de modo que los colapsos bruscos (grandes saltos) de la función de onda serían muy poco frecuentes, mientras que las transiciones discontinuas menos intensas (pequeños saltos) entre estados, serían mucho más frecuentes. En esta línea argumentativa un observador es todo sistema físico (cuántico-clásico) inmerso en un contexto medio ambiental que, de acuerdo a su organización interna, es capaz de detectar perturbaciones físicas cuánticas (fotones, electrones, sub-partículas, etc.) y clásicas (campos electromagnéticos, sustancias químicas, etc.), del entorno externo e interno, emitidas por otros sistemas, e interpretarlas como señales informativas que los guían en la subsiguiente adopción de restricciones internas y las acciones implementadas hacia el medio externo. En consecuencia a cada IGUS le corresponde una subregión del medio ambiente significativa para cada uno de ellos.

De acuerdo a McFadden¹⁵ y siguiendo a Conrad (2001) las células actúan como agentes que miden la localización de los protones en las enzimas, utilizando como aparato de medida los correspondientes sustratos metabólicos. Para MacFadden (2000) las bacterias en condiciones de inanición por ayuno, poseen gran cantidad de partículas en superposición, pero en presencia de fuentes de energía las moléculas del sustrato actúan como dispositivo de medición cuántica, de modo que las células ejecutan mediciones de las partículas, forzándolas a tomar los valores reales propios del mundo clásico. Los entrelazamientos entre partículas en el interior de las células y su medio interno, hacen que las células sean altamente sensibles a toda clase de eventos cuánticos que tengan lugar en su interior. En consecuencia dentro de la célula no existiría una frontera definida, ni fija entre el dominio clásico y el cuántico, sino que se desplazaría hacia los niveles más inferiores, donde los estados de superposición estarían protegidos de las interacciones ambientales más externas. En conclusión, tendríamos que las células ejecutan mediciones cuánticas que miden sus estados internos, e influyen de esta manera su dinámica, escapando así del determinismo. La agencia de la célula se debe a que el medio ambiente la dota con un aparato de medición (en este caso el sustrato metabólico), el cual determina las propiedades que la célula puede medir. Las mediciones ejecutadas por las células inciden en la elección de ajustes estructurales internos.

De la discusión precedente se infiere que la frontera entre lo clásico y lo cuántico depende del grado de aislamiento y de la manera en que el sistema cuántico sea abordado para su medición. Por tanto, consideramos como clásicos a los sistemas macroscópicos dada la dificultad de aislarlos y medirlos sin perturbarlos. Así como se ha considerado al ADN como un sistema en superposición parcial y la célula, como el entorno que ejecuta mediciones, podríamos correr la frontera de manera que la célula sea pensada como un sistema en superposición que es medido por el medio ambiente externo. De hecho para Bordonaro y Ogryzko (2013) esta última situación resulta ser más interesante para abordar el problema de la adaptación biológica.

¹⁵ "Life is a system that uses internal quantum measurement to capture low-entropy states that sustain the state of the system against thermodynamic decay" (McFadden 2000).

Se podría argüir que todos los sistemas cuánticos observadores compiten por la información procedente de otros sistemas cuánticos, pero el ambiente, en cuanto sumidero de información cuántica, capturaría mucha más información y con mayor rapidez debido a su gran tamaño, haciendo que la información confiable captada por los SCA (IGUS) quede restringida a los observables que previamente han sido monitoreados por dicho ambiente.

De esta manera el DC se involucra en el debate sobre los aspectos epistemológicos y ontológicos de la mecánica cuántica, como el estatus del mundo clásico y el papel de los sistemas observadores. Podríamos discutir que en consecuencia la teoría cuántica describe la situación más general y universal, mientras que la física clásica sería la aproximación más adecuada para tratar sistemas muy específicos, es decir sistemas macroscópicos que interactúan fuertemente con el medio ambiente. Así, la realidad clásica no se explicaría a partir de argumentos universales, sino que deviene una aproximación que emerge del modo como los sistemas observadores perciben el universo. La selección de estados preferidos por el entorno es la garantía de la confiabilidad de los registros con los observables (Zurek 1991, 1998a, 1998b; Tegmark 1999). Los estados estructurales del sistema observador constituyen el registro de información estable seleccionado por el entorno. Pero en un sistema observador no se actualizan al mismo tiempo distintos estados estructurales, dado que la superposición es información potencial, por ejemplo, a nivel individual una célula toti-potente puede tomar una vía de desarrollo u otra dependiendo del contexto bioquímico tisular. Así mismo, a nivel de poblaciones específicas, unas subpoblaciones podrían actualizar un estado y otras, otro dependiendo de las condiciones ecológicas.

Se sigue de estas discusiones que la distinción entre ser (lo ontológico) y conocer (lo epistemológico) pierde todo fundamento. Es decir no hay información sin interpretación por parte del sistema observador. En este punto de la discusión afirmo que los agentes observadores y el entorno conforman una unidad que se ha querido explicar desde la cuántica por el entrelazamiento. El vector de estado del sistema es real en la medida que es capaz de transmitir información a los vectores de estado del medio ambiente.

Lo que denominamos realidad es el resultado de la capacidad del sistema de imprimir copias de los estados de sus vectores ortogonales en el medio ambiente, combinado con la capacidad del medio ambiente de definir qué conjunto de los estados del vector ortogonal se expresaran en el sistema. La transmisión exitosa de información del sistema cuántico al medio ambiente, produce la impresión de la información del sistema en los estados del medio ambiente, de manera que solamente cuando los vectores de estado del medio ambiente son ortogonales se puede afirmar que el medio ambiente contiene un registro definido del sistema.

7. EL DARWINISMO CUÁNTICO Y SUS IMPLICACIONES PARA EL ESTUDIO DE LOS SCA

La discusión gira en torno a la hipótesis según la cual los SCA actúan como agentes que al interactuar entre ellos en el contexto de un medio ambiente local, provocan pérdidas parciales de la coherencia que conducen a una sucesión de afinamientos estructurales que dan lugar a la adaptación a su entorno local. A diferencia de la teoría de los MM de Everett, donde todos los mundos posibles coexistirían en superposición, los SCA que se manifiestan o actualizan en el medio ambiente se enfrentan a la competencia darwiniana que define la viabilidad de las formas actualizadas. En consecuencia no todos los mundos se siguen bifurcando indefinidamente y, por tanto, solamente los seleccionados favorablemente dejan descendencia modificada en las siguientes generaciones.

Existe una analogía profunda entre la selección de estados virtuales en superposición a nivel de sistemas cuánticos individuales y la selección darwiniana en una población de formas en el mundo real. No obstante hay que subrayar la diferencia entre estas dos situaciones, en el primer caso se trata de “competencia entre estados virtuales en superposición en sistemas cuánticos individuales” por su supervivencia y propagación como información actualizada, y en la segunda de “competencia al interior de una población de individuos clásicos” por recursos energéticos para transmitir su información a la descendencia. No obstante de acuerdo a Campbell (2010), el DC satisface los criterios del darwinismo universal establecidos entre otros por Dawkins (1976), Dennett (1995) y Blackmore (1995). De acuerdo a estos criterios todo proceso darwiniano de evolución adaptativa se caracteriza por realizarse en tres pasos: 1) replicación o reproducción, 2) generación al azar de una población de variantes genéticas heredables, 3) supervivencia diferencial de la descendencia por razón de estas variaciones. Cualquier población que cumpla estos tres pasos, independientemente de cual sea su composición material evolucionara indefectiblemente hacia una mayor supervivencia y adaptación.

Para entender mejor la justeza de la apropiación por parte de la física cuántica, del concepto de selección darwiniana que se creía exclusivo de la biología comencemos por recordar que el comportamiento que observamos de las partículas subatómicas riñe con la experiencia que poseemos del mundo macroscópico, por ejemplo un electrón no sigue una trayectoria predecible y definida sino que en el intervalo entre las mediciones se encuentra simultáneamente en una superposición de todas las trayectorias posibles, mientras que al medir las coordenadas de posición colapsa en uno de los muchos estados posibles. Para ello basta con que el electrón interactúe con otra entidad del

entorno, el aparato de medida. Zurek (2003, 2009) precisa que no podemos medir al electrón directamente, sino que medimos una pequeña parte del medio que lo circunda, capturando la información que necesitamos para inferir su posición. En este caso el electrón interactúa con el ambiente y deja una huella, de modo que cada fracción del ambiente contiene apenas una parte de la información del estado cuántico original y, en consecuencia, los estados preferidos se reproducen en una multiplicidad de copias similares aunque no enteramente idénticas a la original. Pero, teniendo en cuenta que el entorno local cambia, el estado del electrón debe adaptarse produciendo nuevos estados “sucesores” dotados con propiedades aptas para la estabilización y propagación (sobrevivencia). Los estados cuánticos se definen de acuerdo a la información que transportan, pero la cantidad de información que el ambiente puede incorporar es limitada y por eso los estados “sucesores” deben competir para existir (actualizarse) o de lo contrario se pierden, incrementando la entropía del ambiente circundante. Es decir, que los medioambientes, entendidos como subregiones del universo, resultan ser disímiles, puesto que el estado cuántico inicial ha dejado huellas o mejor producido “estados sucesores” ligeramente diferentes entre sí, mientras que los no seleccionados no sobreviven y la información que contienen se vuelve ilegible e inmensurable para otros observadores. Pero en cuanto la cantidad de información que una cierta región del ambiente puede contener es limitada, podemos hablar de competencia por un recurso limitado, donde los estados más adaptados al ambiente en el que puede replicarse constituyen los estados que en efecto pueden medirse y que consideramos como reales. En otras palabras los estados cuánticos seleccionados se propagan dejando copias ligeramente diferentes que contiene una parte de la información original.

No obstante, para que la evolución adaptativa tenga lugar no es suficiente con el algoritmo darwiniano de Dawkins, Dennet y Blackmore sino que se requiere que los sistemas adaptativos posean un “modelo interno” del efecto del medio ambiente sobre el sistema y del sistema sobre el medio ambiente (Campbell 2010), y esto es justamente lo que el modelo de Zurek proporciona. En otras palabras el vector de estado contiene toda la información concerniente a los estados posibles a los que el sistema cuántico puede acceder y evoluciona de acuerdo a la ecuación de Schrödinger cuyo operador hamiltoniano modela las interacciones entre el sistema y el medio ambiente. De este modo el “modelo interno” condensa información sobre los efectos internos del sistema, los efectos del sistema sobre el entorno y los efectos del entorno sobre el sistema, el cual se actualiza permanentemente, mediante la selección de los estados adaptados. De esta manera los SCA simulan las interacciones del sistema cuántico con el entorno y anticipan los resultados de su interacción con el ambiente, para elegir

los ajustes estructurales adaptados y las consiguientes acciones a implementar. En consecuencia la adaptación tiene una explicación semiótica puesto que la posesión de un “modelo interno” permite entender a los SCA o IGUS como “sistemas de interpretación” en el sentido de Peirce.

8. MÁS ALLÁ DE LOS MODELOS BIOLÓGICOS CLÁSICOS DE ADAPTACIÓN: NEO-DARWINISMO Y (NEO)-LAMARCKISMO

Hemos discutido como la teoría de la decoherencia inducida por el entorno, no define fronteras tajantes, claras y precisas entre los dominios clásico y cuántico (Zurek 2002, 2003). Pareciera entonces que ni el estado cuántico, ni el clásico se realizan completamente, sino que la realidad corresponde a estados intermedios ubicados entre estos extremos. Por tanto, el principio lógico del tercero excluido según el cual la realidad sería o completamente clásica o completamente cuántica no se cumple. El dominio cuántico potencial¹⁶ siempre está en proceso inacabado de actualización y, por tanto, no se acomoda a este principio lógico, el cual se restringiría exclusivamente para el caso de entidades reales es decir actualizadas y discretas altamente determinadas. Lo genérico es potencial y lo específico actual. Por esta razón, la descripción de los sistemas vivientes requiere del uso simultáneo de los formalismos clásicos y cuánticos, estos últimos con diferentes bases preferidas de acuerdo a los observables examinados¹⁷ (Rosen 1985 en Mikulecky 2001). Pero más que oponer el mundo clásico y el cuántico, lo más conveniente sería considerar para los objetos macroscópicos propiedades clásicas y cuánticas, así como no dudamos hacerlo con los fotones.

Kitto (2014) ha justificado la aplicación del formalismo de la cuántica a sistemas contextualizados, además que nociones como superposición, no localidad, entrelazamiento, etc., serían susceptibles de ser desarrolladas y precisadas una vez sean extrapoladas a la biología¹⁸.

16 “The probability wave of Bohr, Kramers, Slater (...) was a quantitative version of the old concept of “potentia” in Aristotelian philosophy. It introduced something standing in the middle between the idea of an event and the actual event, a strange kind of physical reality just in the middle between possibility and reality” (Heisenberg 2007).

17 “Complexity is the property of a real world system that is manifest in the inability of any one formalism being adequate to capture all its properties. It requires that we find distinctly different ways of interacting with systems. Distinctly different in the sense that when we make successful models, the formal systems needed to describe each distinct aspects are NOT derivable from each other.” (Mikulecky 2001).

18 “A living organism is a system. And entanglement, non-locality, non-separability, superposition, whatever these concepts may mean in biology, may present themselves both at each specific level of organization and in the interactions between levels of organization”, (Longo & Montévil 2011).

Recordemos que los sistemas cuánticos pasan de la superposición (información potencial) a un conjunto de estados preferidos, a partir de los cuales se decide la actualización de algunas formas. De este modo podemos justificar las bases físicas de la transformación al considerar que los sistemas biológicos siempre están en proceso de actualización y, por tanto, nunca se comportarían completamente como clásicos. En esta línea de argumentación la transformación y el cambio se conciben como el paso de la potencia al acto¹⁹, la primera se describe en términos compatibles con la mecánica cuántica y la termodinámica de sistemas lejos del equilibrio, y el segundo abordable desde la perspectiva clásica inspirada en la mecánico-estadística, para sistemas cercanos al equilibrio.

La existencia en el entorno de información de los sistemas y en ellos de información incorporada procedente del entorno, sería la clave para entender porque a medida que los sistemas interactúan y se reacomodan recíprocamente, la superposición y el entrelazamiento nunca desaparecen por completo. El entorno actúa reteniendo y favoreciendo la propagación de los estados virtuales preferidos, y destruyendo las superposiciones no adaptadas, convirtiéndose en el agente causal de la forma por cuanto actúa directamente sobre el potencial latente restringiéndolo a los estados realmente accesibles y susceptibles de ser actualizados. Más exactamente, la interacción entre sistema y entorno da lugar a superposiciones nunca completamente resueltas al interior de los SCA y, en ese sentido, el DC incorpora aspectos del modo lamarckiano de evolución. El ambiente es altamente heterogéneo y a lo largo del proceso evolutivo se modifica, conformando un tejido espacio temporal de relaciones en el que se desenvuelven las trayectorias evolutivas consistentes que han sido seleccionadas del conjunto de trayectorias posibles. El espacio-tiempo de relaciones está conformado por una red de sistemas observadores individualizados y exclusivos que no obstante comparten información con observadores diferentes, alcanzando un consenso cuasi-objetivo del mundo exterior.

Estas reflexiones sobre el papel del medio ambiente reeditan y actualizan las discusiones sobre la pertinencia de los enfoques sistémicos, considerando que proveen explicaciones favorables a la adaptación mucho más eficientes que el ciego “ensayo y error”. Por ejemplo, las investigaciones sobre la recolección o cosecha de fotones han mostrado que la alta eficiencia en el transporte de elec-

19 “One might perhaps call it an objective tendency or possibility, a “potentia” in the sense of Aristotelian philosophy. In fact, I believe that the language actually used by physicists when they speak about atomic events produces in their minds similar notions as the concept “potentia.” So the physicists have gradually become accustomed to considering the electronic orbits, etc., not as reality but rather as a kind of “potentia”. (Heisenberg 2007 154-155).

trones hacia los centros de absorción (FMO) de bacterias verdes del azufre se debe a la coherencia cuántica (Engel *et al.* 2007). Es como si las ondas cuánticas coherentes simultáneamente explorarían todas las opciones posibles, y automáticamente seleccionarían el camino más eficiente al centro de reacción. La mecánica cuántica explica como el medio ambiente impone restricciones a los sistemas, de modo que la exploración de configuraciones adaptativas es menos aleatoria y ciega de lo que cabría suponer desde un punto de vista neodarwinista, al incidir de acuerdo a Ogryzko (1997, 2009) en la aparición de mutaciones genéticas y modificaciones epigenéticas que optimizan la adaptación al medio.

Los dos modos de actuar del medio ambiente como factor en la generación de las variaciones y como filtro de las mismas, serían en realidad uno mismo, evitando continuar con la polarización que han caracterizado las discusiones entre (neo)-lamarckismo y neo-darwinismo respectivamente. Solo superando estos esquemas clásicos será posible explicar la adaptación biológica. El ajuste recíproco (estructural y funcional) del organismo con su medio ambiente se daría mediante el entrelazamiento de partículas cada una de las cuales ha sido detectada como señal significativa para cada uno de los sistemas adaptativos involucrados, hecho que invita a repensar al sistema y su ambiente como un sistema unificado.

Un marco teórico inspirado en la mecánica cuántica explicaría porque es imposible separar la generación del espectro de variantes poblacionales, de las condiciones de selección impuestas por el entorno. En otras palabras, la aparición de variantes no obedece a una ley determinista, ni tampoco se generan al azar antes de la exposición al medio ambiente donde la selección tiene lugar, sino que se generan de un modo indeterminado y contingente precisamente como consecuencia de la interacción de los organismos con dicho entorno. El (neo)-lamarckismo ha defendido la influencia directa del medio ambiente en la producción de las formas de vida, y la indirecta dada por el uso y desuso en respuesta a dicho medio, hecho que concuerda con la idea, según la cual el morfo-espacio de lo posible se circunscribe a los “estados preferidos”. La topología del morfo-espacio de lo realmente posible o accesible, presentaría zonas muy definidas de modo discontinuo, donde se aglutinarían las formas posibles, mientras que la inmensa mayoría del espacio quedaría vacío. Teniendo en cuenta que la actualización de las formas ocurre en la interacción de los organismos con su medio ambiente a lo largo del desarrollo ontogenético a nivel individual y filogenéticamente a nivel poblacional, el morfo-espacio de lo posible iría cambiando en la distribución de las zonas de aglomeración permitidas a medida que el medio ambiente cambia.

De todas las formas actualizadas la SN retiene y favorece unas, y elimina otras en la lucha y competencia por los recursos y, en consecuencia, se genera la correspondiente distribución estadística de las formas realmente existentes.

Esta discusión rehabilita en parte la propuesta de Lamarck (1802) de que la organización biológica primaria obedece a procesos físico-químicos. Así mismo D'Arcy Thompson (1942 7-8, 12) ha mostrado como los procesos físicos definen los patrones de organización. Pero a diferencia de Lamarck, para quien las fuerzas físicas actuaban de un modo cuasi determinista, hoy en día se considera que en condiciones de alejamiento del equilibrio termodinámico y en estados de superposición cuántica se posibilitan una diversidad de patrones estructurales en las condiciones de un medio determinado. Esta idea también aparece en Wright (ver Dobzhansky 1951 10) y fue retomada por Kauffman (1993), en el sentido de que las formas existentes se agrupan de manera heterogénea en un espacio morfo-genético o paisaje adaptativo de múltiples picos, en grupos claramente diferenciados y sin formar un continuo isotrópico que supondría cambios graduales en todas las direcciones. En el caso de los paisajes adaptativos de Wright y Kauffman, la distribución aleatoria de los picos adaptativos obedece a factores estructurales derivados de la conectividad génica mostrando que actúan restricciones estructurales que impiden que ciertas configuraciones se presenten. Tal como lo ha descrito Alberch (1982) las restricciones al desarrollo dan lugar a una distribución discontinua del morfo-espacio realmente ocupado por las formas existentes. Igualmente muchos autores coinciden en señalar que las formas actualizadas se agrupan en picos adaptativos no necesariamente contiguos (Endler 1986; Raff 1996; Arthur 2000; Andrade 2009b). Es decir que a muchos genotipos les corresponde un único fenotipo, dada la gran cantidad de variación neutra posible. Por esta razón aunque la variación genotípica fuera gradual y continua, la variación fenotípica es discreta y discontinua toda vez que entre ellas se mantienen umbrales de estabilidad termodinámica y a cada una corresponden actualizaciones de los estados preferidos para una determinada condición ambiental.

Las discusiones actuales señalan que la evolución no se agota con el esquema neo-darwiniano de mutaciones aleatorias a nivel genético, sino también hay que incluir procesos (neo)-lamarckianos como la generación de variantes fenotípicas debida a la interacción entre los SCA y el medio ambiente. Podemos afirmar que la teoría de la evolución por SN explica adecuadamente el filtrado de formas actualizadas o manifiestas en una población de acuerdo a su eficacia en un medio ambiente dado, pero esta misma teoría se queda corta para explicar el origen del potencial auto-organizativo a partir del cual surgen

las formas que se actualizan. En este sentido hablar de darwinismo cuántico puede ser un término equivoco, en cuanto se ha asociado el darwinismo con una explicación basada en la generación (actualización) de las formas variantes al azar, ignorando que las formas surgen en la interacción entre los SCA (IGUS) —situados entre lo cuántico y lo clásico— y el medio ambiente. El hecho de que la actualización de las formas posibles, aunque indeterminada no sea independiente del medio ambiente, ni completamente aleatoria reivindica aspectos del modo (neo)-lamarckiano de evolución²⁰.

Peirce (615 - 751) había anticipado esta situación al anunciar que la universalización del darwinismo era inevitable, siempre y cuando se mantuviera un principio de variación semejante al habito lamarckiano (Andrade 2014b). La explicación de la evolución de los SCA (IGUS) exige la utilización de nociones algo imprecisas como superposición, medición cuántica, entrelazamiento, información potencial, información actualizada, interacción, etc., cuya precisión va a significar una modificación del legado neo-darwiniano, mediante su fusión con un (neo)-lamarckismo renovado, donde la SN se concebirá como subsidiaria de una diversidad de factores, pero nunca como el factor predominante de la evolución.

Desde la perspectiva neo-darwiniana se podría afirmar que la SN favorece a los SCA (IGUS) que aciertan al azar, pero en realidad se trata de sistemas que eligen sus ajustes estructurales y comportamientos con la información parcial que han logrado captar e interpretar procedente del entorno. En la naturaleza física y biológica hay contextos de interacción dado que los SCA (IGUS) actuando como sistemas de interpretación o agentes de medición que escogen el ajuste estructural de acuerdo a como se perciben ellos mismos en relación a su entorno o mundo significativo. No hay determinismo en estas elecciones puesto que en cada caso hay más de una alternativa accesible o más de un estado virtual preferido que pueda ser actualizado. Tratándose de la generación y preservación de linajes evolutivos o trayectorias de vida con reducción parcial de la superposición y coherencia cuántica, podemos inferir que la evolución adaptativa tiene lugar porque los SCA anticipan una trayectoria funcional y congruente con el medio, de entre las muchas posibles, en el contexto de las interacciones o mediciones efectuadas por una población de observadores no-equivalentes (Igamberdiev 2008). En consecuencia, la explicación física de los sistemas vivientes quedaría enmarcada dentro de

20 "Because developmental mechanisms exhibit, variously, nonlinear, plastic and self-organizational properties, evolutionary transitions can be "saltational" (i.e., phenotypically abrupt), rapid, and influenced by environmental change in a direct (i.e., Lamarckian) fashion and not just as a consequence of selection of marginally favorable variants", (Newman 2009).

una interpretación semiótica ya que es imposible dejar de concebir a los SCA como agentes que detectan selectivamente en el medio ambiente perturbaciones físicas o señales procedentes de otros sistemas, las cuales interpretan generando mundos de significación que se expresan en adaptaciones funcionales en un entorno determinado.

9. LA INFORMACIÓN COMO INTERPRETACIÓN

Para concluir propongo que la noción de información no se circunscribe al dominio de lo epistemológico, sino que se refiere a una realidad ontológica, es decir se refiere a la actividad intrínseca de los SCA (IGUS) que tienden a la actualización de un potencial. La auto-organización de la materia-energía opera de acuerdo a procesos físicos —termodinámicos y cuánticos— que incluyen como hecho real la interpretación, de perturbaciones físicas (señales informativas) o factores que convergen contingentemente en un momento y lugar determinados, los cuales orientan la adopción de constricciones internas y la elección de las acciones a implementar sobre el entorno. Entender el potencial evolutivo, de acuerdo a la termodinámica de sistemas abiertos lejos del equilibrio y a la mecánica cuántica conduce a incorporar la historicidad, sin violar ninguna ley física, de manera que las interacciones establecidas en el devenir histórico aparecen como un factor decisivo en la actualización de las formas existentes. Es decir reconocer que el universo actuando bajo las mismas leyes, hubiera podido ser diferente al que conocemos y en el que vivimos. Según Kauffman (2000, 2008) la información es la propagación de la organización o la actualización de la forma cuando se presentan impedimentos o restricciones a una materia amorfa e isotrópica en expansión. Pero de todas las formas imaginables existe un número muy reducido correspondientes a los estados preferidos de Zurek, las cuales definen las que en efecto son realmente posibles y accesibles en un momento determinado de la historia de la vida. El conjunto de formas alcanzables en una generación tiende a crecer con el aumento de la diversidad de formas realmente existentes. Es decir el potencial informativo se incrementa a lo largo de la evolución.

Desde la mirada de los físicos sería deseable poder estimar parámetros estadísticos confiables de los estados característicos de los SCA (IGUS), aunque esto supondría aislarlos idealmente de perturbaciones externas para poder definir con precisión las condiciones iniciales y el espacio de todas las alternativas o permutaciones realmente existentes. Sin embargo, como explica Kauffman (2008) es imposible hacer con antelación un listado de todas las maneras en que por ejemplo una misma secuencia de ADN o un mismo órgano puedan

ser utilizados en una población de organismos, ya que depende de las circunstancias medio ambientales en que estén expuestos. Por esta razón se asume que es imposible anticipar el valor que tendrían ciertos parámetros medibles, dado que en la interacción de los SCA con el medio local se generan modificaciones impredecibles, justamente para mantener el encaje funcional entre el sistema viviente y el medio ambiente. En este sentido, un marco de interpretación semiótico mostraría en qué medida la física, sin renunciar a la vigencia de sus leyes, se acomoda a una explicación histórica donde la contingencia debida a la confluencia espacio-temporal de una gran cantidad de factores tanto internos como externos, define el curso impredecible de la evolución. Las leyes físicas definen el ámbito de lo posible y la contingencia histórica, sin violarlas, explica el mundo de las formas actualizadas (manifiestas en el mundo real) que sin embargo no es sino una ínfima fracción dentro de los muchos mundos posibles. Sotolongo y Delgado (2006), Ulanowicz (2009a), Gabora *et al.* (2013) independientemente justifican la prevalencia de la semiosis sobre la causalidad física cuando la combinatoria de posibilidades futuras realmente accesibles sobrepasa la capacidad de las leyes universales para determinar los resultados. En este sentido la explicación física (termodinámica y cuántica) no entra en conflicto radical con la explicación histórica y contingente adoptada previamente por el darwinismo.

Las leyes universales definen el ámbito de lo posible, pero las contingencias históricas definen qué formas se actualizan y de este modo tejen la trama de la vida. En otras palabras los SCA (IGUS) poseen un potencial inconmensurable para cambiar de formas diversas, y el cambio que en efecto tenga lugar, depende del contexto de interacciones. Es decir, existe una complementariedad entre la potencialidad y la dependencia del contexto medio ambiental, puesto que la actualización de este potencial depende de la interacción entre los sistemas y su medio circundante. La semiosis explicaría como esta transición está asociada a la interpretación de las perturbaciones físicas, por parte de los sistemas interactuantes, como señales informativas es decir conducentes a la definición de arreglos estructurales internos y de las acciones que estos proyectan al exterior.

Para terminar quisiera decir que hoy en día la ciencia está muy cerca de aceptar instancias de interpretación efectuada por agentes de medición interna, en diferentes escalas de organización de la naturaleza, incluyendo niveles celulares y sub-celulares como virus, priones y otras entidades macromoleculares. En el terreno filosófico y de mayor interés para los defensores de una filosofía natural, estamos comenzando a caer en cuenta de la existencia de unos principios generales, que aunque descubiertos en los seres vivos, operan también

a escala del universo en su conjunto²¹. Se trata del reconocimiento explícito de una analogía profunda entre lo físico y lo biológico que sin duda tendrá consecuencias profundas en el modo de comprender y actuar, en el mundo que nos hizo posibles.

TRABAJOS CITADOS

Alberch, P. “Developmental constraints in evolutionary processes”, en John Tayler Bonner (ed.), *Evolution and Development*, Berlín: Springer-Verlag. (1982): 313-332.

Andrade, E. “From external to internal measurement: a form theory approach to evolution”. *Biosystems*, 57. 2 (2000): 49-62.

Andrade, E. *Los demonios de Darwin. Semiótica y Termodinámica de la Evolución Biológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2003.

_____. “On Maxwell’s demons and the origin of evolutionary variations: an internalist perspective”. *Acta Biotheoretica*. 52 (2004): 17–40.

_____. “Darwin o el falso conflicto entre la teoría de la selección natural y la hipótesis de la pangénesis”. *Acta biol. Colomb*. 14 (2009a): 63 – 76.

_____. *La ontogenia del pensamiento evolutivo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia- Colección Obra Selecta, 2009.

_____. “Integration of Thermodynamic, Quantum and Hierarchical Theories of Information within the Context of Peircean Semiosis”. *BioSystems*. 120. (2014a): 10-20.

_____. “La vigencia de la metafísica evolucionista de Peirce”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. Vol. 14. 28 (2014b): 83-121.

Anway, Matthew D., Andrea S. Cupp, Mehmet Uzumcu, & Michael K. Skinner. “Epigenetic transgenerational actions of endocrine disruptors and male fertility”. *Science* 308 (2005): 1466–1469.

Arai, J., Li, S., Hartley, D.M., y L.A. Feigl. “Transgenerational rescue of a genetic defect in long-term potentiation and memory formation by juvenile enrichment”. *J. Neurosci*. 29 (2009): 1496-1502

21 “The evident fact that organisms make measurements does not mean that they operate on the basis of a principle different from that controlling the time development of the universe; it means that the universe operates on the basis of a principle that is expressed in a more evident way in the realm of biological organisms”. (Conrad 2001).

- Arthur, W. "The concept of developmental reprogramming and the quest for an inclusive theory of evolutionary mechanisms". *Evolution and Development*. 2. 1 (2000): 49-57.
- Bateson, G. *Pasos hacia una Ecología de la mente*. Ed. Carlos Lohlé. Buenos Aires: Lúmen, (1976).
- Binder, P y Danchin, A. "Life's demons: information and order in biology". *Embo Reports*. 12. 6 (2011): 495-499.
- Blackmore, S. *The Meme Machine*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- Bordonaro, M. y Ogryzko, V. "Quantum Biology at the Cellular Level". *Elements of the research program*. (2013): 1304.0683 [q-bio.OT].
- Brooks, D. & Wiley, E.O. *Evolution as Entropy*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- Campbell, J. "Quantum Darwinism as a Darwinian process". *Cornell University Library*. arXv:1001.0745v1. Cornell University Library. 5 January 2010. Press.
- Conrad, M. "Unity of measurement and motion". *BioSystems*. 60 (2001): 23-38.
- Chalmers, D. J., & F. Jackson. "Conceptual Analysis and Reductive Explanation". *Philosophical Review*. 110 (2001): 315-61.
- Darwin, D. *The Origin of Species by means of Natural selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Londres: ElecBook London edition based on the First Edition published by John Murray, 1859.
- _____. *Animals and Plants Under Domestication*. Londres: John Murray, Albemarle street, 1868.
- Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.
- Dennet, D. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. New York: Simon and Schuster; Londres: Allen Lane, 1995.
- Dobzhansky, T. G. *Genetics and the origin of species*. 3rd ed. New York: Columbia University Press, 1951.
- Endler, John. *Natural Selection in the Wild*. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- Engel, G.S., Calhoun, T.R., Read, E.L., Ahn, T.K., Mancal T, Cheng, Y.C., Blankenship, R.E., Fleming, G.R. "Evidence for wavelike energy transfer

- through quantum coherence in photosynthetic systems”. *Nature* 446 (2007): 782-786.
- Everett, H. “Relative State’ Formulation of Quantum Mechanics”. *Reviews of Modern Physics*. 29 (1957): 454–462.
- Gabora, L., Scott, E.O. & Kauffman, S. “A quantum model of exaptation: Incorporating potentiality into evolutionary theory”. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 113 (2013): 108 -116.
- Gould, S.J. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
- Heisenberg, W. *Physics and Philosophy*. Harper Perennial Modern Classics edition, 2007.
- Hoffmeyer, J. *Signs of Meaning in the Universe*. Indiana: University Press, 1996.
- Igamberdiev, A.U. “Living systems are dinamicly stable by computing themselves at the quantum level”. *Entropy* 5 (2003): 76–87.
- _____. “Quantum computation, non-demolition measurements, and reflective control in living systems”. *BioSystems*. 77 (2004): 47–56.
- _____. “The computation power of living systems is maintained by decoherence-free internal quantum states”. In: *FIS Third Conference on the Foundations of Information Science*. Paris, 4–7 July 2005.
- _____. “Objective patterns in the evolving network of non-equivalent observers”. *BioSystems*. 92 (2008): 122–131.
- Kauffman, S. *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press, 1993.
- _____. *Investigations*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- _____. *Reinventing the Sacred. A New View of Science, Reason, and Religion*. New York: Basic Books, 2008.
- Kitto, K. A “Contextualised General Systems Theory Systems”. *Queensland University of Tecnology*. 18 september 2014. 2 541-565
- Longo, G. & Montévil, M. “From physics to biology by extending criticality and symmetry breakings”. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 106 (2011): 340-347.
- McFadden, J. *Quantum Evolution: Life in the Multiverse*. Harper Collins. McFadden, J. 2000.

- Mcfadden, J. & Al-Khalili, J. "A quantum mechanical model of adaptive mutation". *BioSystems*. 50 (1999): 203-211.
- Matsuno, K. *Internal measurement*. In: *Protobiology: Physical Basis of Biology*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1989.
- _____. "Forming and maintaining a heat engine for quantum biology". *BioSystems*. 85. 1 (2006): 23–29.
- _____. "Internalist stance and the physics of information". *BioSystems*. 38. 2–3 (1996): 111–118.
- Maxwell, J.C. *Escritos científicos*. Barcelona: Círculo de Lectores. 1999.
- Mikulecky, D. "The emergence of complexity: science coming of age or science growing old?" *Computers & Chemistry*. 25. 4 (2001): 341–348.
- Newman, S. *Evolution is not Mainly a Matter of Genes*. New York Medical College: The 200th anniversary of Charles Darwin, 2009.
- Ogryzko, V. "A quantum-theoretical approach to the phenomenon of directed mutations in bacteria (hypothesis)". *Biosystems*. 43 (1997): 83-95.
- _____. "On two quantum approaches to adaptive mutations in bacteria". *NeuroQuantology*. 7. 4 (2009).
- Pattee, H. "Evolving self-reference: matter, symbols, and semantic closure". En Rocha, L. (ed.). *Communication and cognition- artificial intelligence (Special issue Self-reference in biological and cognitive systems)*. 12. 1-2 (1995): 9-27.
- Peirce, C. S. "La Arquitectura de las Teorías". *The Monist*. Marinés Bayas. I (1891): 161-76; incluido en: CP 6. 7-34.
- _____. En: Hartshorne, C., Weiss, P., Burks, A.W. "Collected Papers of Charles Sanders Peirce". *Harvard University Press, Cambridge, MA*. (1931–1958):
- Raff, R.A. *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*. Chicago: University of Chicago Press, 1996.
- Roederer, J.G. "The Role of Pragmatic Information in Quantum Mechanics and the Quantum-Classical Transition" University Cornell Library. arXiv:1108.0991v2. 28 Jul 2012.
- Rosen, R. *Essays on Life Itself. (Complexity in ecological systems series)*. New York: Columbia University Press, 2000.
- Salthe, S. *Development and Evolution. Complexity and Change in Biology*. Cambridge: A Bradford Book. The MIT Press, 1993.

- _____. “The Spontaneous Origin of New Levels in a Scalar Hierarchy”. *Entropy*. 6 (2004): 327-343.
- _____. “The development (and evolution) of the universe”. *Foundations of Science*. (2010): 15: 357-367.
- Sotolongo, P & Delgado, C.J. *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2006.
- Tegmark, M. "The importance of quantum decoherence in brain processes." *Phys. Rev.E..* arxiv.org/abs/quant-ph/9907009. Cornell University Library. 10 november 1999.
- Zurek, W.H. “Decoherence and the transition from quantum to classical”. *Phys.* (1991): 36–44.
- _____. “Algorithmic randomness and physical entropy”. *Physical Review A*. 40. 8 (1989a): 4731 - 4751.
- _____. “Thermodynamic cost of the computation, algorithmic complexity and the information metric”. *Nature*. 341 (1989b): 119-124.
- _____. “Decoherence and the Transition from Quantum to Classical—Revisited”. *Los Alamos Science*. 27 (2002): 1-25.
- _____. “Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical”. *Reviews of Modern Physics*. 75 (2003): 715-775.
- _____. “Quantum Darwinism”. *Cornell University Library*. arXiv:0903.5082. 29 Mar 2009.
- Zwolak, M., Quan, H. T. & Zurek, W.H. “Quantum Darwinism in a Mixed Environment”. *Physical Review Letters*. 103.110402. American Physical Society. 8 september 2009.

EL PROBLEMA DE LA CONTINUIDAD METABÓLICA EN CRIPTOBIOSIS Y SU ESTUDIO DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX^{1,2,3}

THE PROBLEM OF METABOLIC CONTINUITY IN CRYPTOBIOSIS AND ITS STUDY DURING THE SECOND HALF OF THE TWENTIETH CENTURY

Dancizo Toro Rivadeneira⁴ & José Luis González Recio^{5,6}

RESUMEN

El presente trabajo es un acercamiento a la discusión que ha tenido lugar durante de la segunda mitad del siglo xx en torno al significado biológico del estado de criptobiosis. La criptobiosis ha sido definida como una estrategia evolutiva mediante la cual los organismos superan las condiciones ambientales adversas entrando en un modo de latencia considerado el *tercer estado* entre la vida y la muerte. Se trata de un fenómeno pobremente conocido, en donde el metabolismo, el crecimiento, la reproducción y la senescencia son muy reducidos o cesan temporalmente. Concebido el metabolismo como una característica definitoria de la vida, se argumenta que la criptobiosis es un tipo de muerte temporal, pues durante el estado criptobiótico aquél parece encontrarse a veces completamente detenido. En las siguientes páginas hacemos una aproximación a la fase criptobiótica -según se ha entendido en la segunda parte del pasado siglo- tomando dos referencias básicas: un caso de estudio: el caso del grupo *Tardigrada* -pequeños animales entre una décima de milímetro y un milímetro que pueden sobrevivir en condiciones extremas, entrando en distintos estados de latencia-; y, en segundo lugar, el modelo en torno a la criptobiosis como metabolismo jerárquico recursivo, propuesto por Yair Neuman.

Palabras clave: Criptobiosis, tardígrados, continuidad metabólica, recursividad jerárquica, topología reversible.

1 Recibido: 15 de octubre de 2016. Aceptado: 28 de febrero de 2017.

2 Este artículo se debe citar así: Toro, Dancizo y Gonzalez, José Luis. « El problema de la continuidad metabólica en criptobiosis y su estudio en la segunda mitad del siglo xx ». *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 17.34 (2017): 75- 98

3 El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación *Géneros naturales: Ontología y Semántica*, FFI2014-52244-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

4 Licenciado en ciencias biológicas. Máster en epistemología de la ciencias naturales y sociales. Universidad Complutense de Madrid. Correo electrónico: dantoro@ucm.es

5 Doctor en filosofía. Profesor titular. Facultad de filosofía. Universidad Complutense de Madrid. Correo electrónico: jlgr28@filos.ucm.es

6 Madrid (España).

ABSTRACT

This paper approaches the discussion that took place during the second half of the Twentieth Century about the biological significance of the cryptobiotic state. Cryptobiosis has been defined as an evolutionary strategy in which organisms overcome adverse environmental conditions by entering a latency mode considered the *third state* between life and death. It is a poorly known phenomenon where metabolism, growth, reproduction and senescence are greatly reduced or cease temporarily. Since metabolism is conceived as a defining feature of life, it is argued that Cryptobiosis is a kind of temporal death, because metabolic activity sometimes seems to have stopped completely during the cryptobiotic state. In the following pages we deal with the cryptobiotic phase -as understood in the second half of the last Century-, considering two basic references: a case study, the case of group *Tardigrada* -small animals between a tenth of a millimeter and one millimeter that can survive in extreme conditions entering different states of latency-; and, secondly, the model around Cryptobiosis as recursive hierarchical metabolism proposed by Yair Neuman.

Keywords: Cryptobiosis, Tardigrades, metabolic continuity, hierarchical recursiveness, reversible topology.

1. LATENCIA, CRIPTOBIOSIS Y TARDÍGRADO

1.1. Latencia

En términos generales, la reducción o suspensión temporal de las tasas metabólicas medias en algún estadio del ciclo vital de los individuos es un evento biológico ampliamente extendido. La latencia, dormancia o anabiosis⁷, como se denomina a esta característica, puede manifestarse en los tres dominios de la clasificación biológica propuesta por Woese y Fox (5088). Afecta tanto a bacterias como a arqueas y eucariontes; a protistas u hongos; asimismo, a plantas y animales e, igualmente, a parazoarios o eumetazoarios. Ya actúe en la totalidad del organismo o aisladamente sobre sus células reproductivas, ya suceda en un momento específico del ciclo vital de un individuo o en cualquier estadio de su desarrollo, la latencia es una característica inherente a la materia viva.

Este hecho biológico puede explicarse como una adquisición de los organismos que les permite habitar en todas las regiones del planeta⁸ y regular la amenaza de una degradación irreversible cuando las condiciones ambientales se tornan

⁷ A lo largo del texto utilizaremos estas tres palabras de forma indistinta.

⁸ El grupo tardigrada es considerado ubicuo, por encontrarse en casi todas las latitudes, longitudes y altitudes del planeta.

extremas, o cuando se encuentran a la espera de germinación o fecundación. Puesto que la actividad metabólica de los organismos en latencia se reduce considerablemente o cesa por completo -durante amplios rangos de tiempo tras los cuales el organismo recupera su actividad normal-, ha resultado habitual describir este estado particular utilizando como metáforas de la latencia la vegetabilidad, el sueño, la muerte o la resurrección. Los organismos en latencia permanecen — según las expresiones más usadas por los especialistas —: “cristalizados”, “vegetativos”, “durmientes” o “muertos”, para después revivir, germinar o eclosionar con la misma edad biológica que tenían antes de emprender su anabiosis. En virtud de ello, los investigadores han estudiado este proceso con entusiasmo, impulsados por el anhelo de hacer posible la detención del tiempo biológico, conteniendo el envejecimiento y alejando la muerte⁹. Como escribe David Keilin: “el problema de si un organismo puede ser revivido después de la cesación completa de todos los procesos de la vida, es decir, si la vida bajo ciertas condiciones puede ser un proceso discontinuo, tiene, además de su gran interés científico, una fascinación propia. De hecho, es una de las más antiguas cuestiones que preocupaban al hombre cuando comenzó a pensar en la vida, la muerte y la inmortalidad” (164).

Del mismo modo, la literatura se ha referido a “encapsulamientos biológicos” en el tiempo. Washington Irving, en *Rip van Winkle*, relata la historia de un hombre, quien sentado bajo la fronda de un árbol se abandona al sueño, para despertar después de 20 años. Voltaire relata la leyenda de *Los siete durmientes de Éfeso*. Narra el ilustrado francés que ante la imposición de culto al emperador Decio (249-254), siete jóvenes disidentes deciden ocultarse en una gruta. Habiéndose enterado el soberano del paradero de los rebeldes, mandó sellar la entrada de la galería con enormes piedras, a fin de que aquéllos murieran dentro. Después de 128 años — cuando el imperio adoptó el cristianismo y Teodosio se convirtió en emperador —, un hombre abrió la cueva y, para sorpresa de los allí presentes, de ella salieron ilesos los jóvenes, como si no hubiesen hecho más que levantarse de un largo sueño. Existe, también, en una de las fabulosas historias narradas por Karl Friedrich Hieronymus, barón de Münchhausen, un suceso vinculable a la latencia, que no se refiere al encapsulamiento temporal sino que es una analogía del modo, aparentemente paradójico, por el cual los organismos latentes pueden abandonar dicho encapsulamiento por sí mismos. Dice la anécdota que para salir de una ciénaga en la cual había caído, el barón tiró de sus propios cabellos, o según otras versiones,

9 Entre septiembre de 2005 y septiembre de 2008 la Comisión Europea financió el proyecto *Bella Durmiente* para investigar el fenómeno de dormancia celular como estrategia de supervivencia y preservación.

tiró de los cordones de sus zapatos, evitando de este modo hundirse y morir¹⁰. Dicho de uno u otro modo, vemos, pues, que la latencia es un fenómeno en el cual la humanidad ha pensado desde hace mucho; por lo menos desde las primeras conjeturas formuladas sobre la vida, el tiempo y la muerte.

En lo que se refiere al estudio de la vida en latencia, es necesaria una caracterización del fenómeno vital no solo donde se recojan coherentemente las *singularidades metabólicas* de los organismos latentes¹¹, sino donde se atienda a las bases y consecuencias, tanto ontológicas como epistemológicas, de dicha singularidad. De acuerdo con Lubzens:

Somos conscientes de los muchos términos relacionados con la anabiosis o vida latente, tales como ‘hibernación’, ‘diapausa’, ‘quiescencia’, ‘estivación’, ‘criptobiosis’, ‘abiosis’, etc., a pesar de que se reúnen a menudo, de forma genérica, en el término ‘dormancia’. Sin embargo, cualquiera que sea la terminología exacta o los mecanismos implicados, todos ellos describen fenómenos biológicos que se desvían del metabolismo activo o normal. (2).

Es más: la cuantificación del metabolismo se convierte en el enfoque fundamental dentro del estudio del fenómeno de la dormancia: un estudio que consiste en dilucidar los hechos metabólicos por los cuales los organismos *entran* en latencia y los hechos metabólicos por los cuales *salen* de ella, intentando encontrar fundamentos experimentales para dilucidar si dicho estado consiste en una suspensión temporal de la vida, una muerte reversible. Diríamos, en otras palabras, que la investigación científica lucha por entender si los organismos están *tendidos a la sombra*, al modo de *Rip van Winkle*, con un metabolismo somnoliento; o si, por el contrario, han *caído al pantano* como el barón de Münchhausen, en un pozo ametabólico del que son capaces de salir tirando de sus propios cabellos.

A pesar de la diversidad de organismos que manifiestan procesos o estados de latencia, y no obstante la complejidad y variedad de los mecanismos involucrados, la biología ha identificado algunos rasgos comunes en la gene-

10 Es a partir de esta fabulosa anécdota de Münchhausen como se origina el término inglés *bootstrapping*, utilizado en informática para designar el proceso de autoarranque o autoinicio de un computador.

11 Esther Luzens comenta a este respecto: “La supervivencia en un estado de metabolismo reducido plantea preguntas diversas, tales como: a) ¿Cómo se reduce el metabolismo a nivel celular? ¿Se detuvo? b) Si el metabolismo se sigue produciendo, ¿cuál es su naturaleza y cómo los desechos potencialmente tóxicos se excretan? c) ¿Cómo las células mantienen su integridad estructural sin descomposición por las enzimas de degradación de proteína, tales como proteasas? d) ¿Es funcional la respuesta del sistema inmune? e) ¿Hay un balance entre las proteínas estructurales y funcionales? f) ¿Cómo se mantienen unidades funcionales tales como ribosomas, de modo que las funciones vitales pueden reanudarse a veces en cuestión de minutos? g) ¿Cómo responden los organismos a estímulos externos durante la latencia? ¿Cómo se regula la inactividad?” (Lubzens 2010 2).

ralidad de los casos, para fijar ciertos aspectos inherentes a los organismos que *entran* en anabiosis. Existen estudios, por ejemplo, que parecen indicar que las células de los organismos en futura dormancia deben proveerse de las siguientes características para sobrevivir a la criptobiosis: *a*) protección contra las especies reactivas del oxígeno (ERO); *b*) mantenimiento de la conformación nativa de las proteínas mediante síntesis de proteínas de *shock* térmico (PST) y proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA); *c*) formación de un estado vítreo intracelular compuesto por crioprotectores como trehalosa u otros azúcares; *d*) metabolismo de lípidos y ácidos grasos; y *e*) uso de las acuaporinas para el paso del agua y de pequeñas moléculas solubles a través de las membranas celulares.

Todos estos datos, sin embargo, dejan abiertas muchas preguntas básicas, debidas en parte a que tales generalizaciones están basadas principalmente en experimentos *in vitro*, cuyos resultados han sido en algunos casos contradictorios¹². En términos generales, lo que los estudios sobre dormancia han venido proponiendo es que, ante las variaciones ambientales temporales, ciertos organismos han adquirido evolutivamente, por selección natural, estrategias fisiológicas que les permiten preservarse de la muerte. Tales estrategias consistirían en la expresión génica de moléculas biológicas que coordinan la preparación de la dormancia. De lo que se sigue: que los organismos manifestarían un comportamiento metabólico *cautelar*, basado principalmente en la expresión de proteínas y en un metabolismo de lípidos y azúcares. Podríamos decir, según esto, que el estado vital latente — donde el metabolismo se encuentra altamente reducido — es consecuencia de otro estado vital previo muy específico que prepara al organismo para la latencia.

Respecto a cómo abandonan los organismos la dormancia, poco es lo que puede afirmarse. Para entender ese regreso a la vida, evidentemente metabólica (fanerobiosis), es necesario responder antes a la pregunta de si en latencia existe o no metabolismo. Esta pregunta ha representado por sí misma un serio desafío, que va más allá de las posibilidades metodológicas o instrumentales para medir el supuesto metabolismo latente. En efecto, pese a que puede darse cuenta de los mecanismos por los cuales los organismos son inducidos a la latencia, en lo que respecta al abandono de dicho estado aún persisten dos

12 Algunos estudios han mostrado que rotíferos bdeloideos entran en anhidrobiosis sin producir trehalosa ni cualquier otra molécula análoga. Esto ha llevado a revisar críticamente la asociación de disacáridos con anhidrobiosis en la literatura. Sorprendentemente, las hipótesis actuales se basan casi enteramente en datos *in vitro*. Véase, Tunnacliffe, A., & Lapinski, J. (2003). "Resurrecting Van Leeuwenhoek's rotifers: a reappraisal of the role of disaccharides in anhidrobiosis". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358 (1438), 1755.

dudas fundamentales: a) ¿es la dormancia efectivamente un estado ametabólico? y b) si no hallamos actividad metabólica, ¿cómo es que los organismos latentes emprenden de nuevo su vuelta hacia la vida? Ambas preguntas, por lo menos hasta el momento, continúan pendientes de respuesta, aunque han sido salvadas por la biología de un modo circular, recurriendo al metabolismo para explicar la ausencia del mismo.

Comencemos distinguiendo entre los distintos tipos de latencia, dormancia o anabiosis que se conocen. Los organismos anabióticos han sido clasificados del siguiente modo: *a)* Si el control de su activación latente es endógeno, es decir, si es relativamente independiente del medio externo y está configurado en el animal como parte de una pauta ontogenética, su latencia se conoce con el nombre de diapausa o enquistamiento. Varios grupos de insectos, así como varios grupos de invertebrados de agua dulce, son capaces de entrar en diapausa en algún estadio de su ciclo vital para sobrevivir a las variaciones del medio ambiente. Por ejemplo, las gémulas de poríferas (esponjas acuáticas) o los estatoblastos de briozoos. En diapausa, el organismo sobrevive en su forma latente sin que haya sido expuesto a una condición ambiental extrema. Es el caso de ciertos organismos acuáticos que producen formas resistentes, como los acinetos de cianobacterias, los huevos latentes de rotíferos o copépodos, los epipios de dafnias, o los huevos de peces anuales, que están en estado de latencia sin haber sido sometidos a desecación. *b)* Si, por el contrario, la latencia se estimula exógenamente y es, así, una respuesta consecuente a irregularidades ambientales más o menos imprevistas, se conoce con el nombre de quiescencia o criptobiosis. Los principales factores exógenos que inducen el estado criptobiótico son: la desecación (anhidrobiosis), el congelamiento (criobiosis) y el déficit de oxígeno (anoxibiosis) (Wright 22).

En desecación, son bien conocidos los casos prolongados de quiescencia. Se ha demostrado, por ejemplo, la reactivación de semillas después de siglos de almacenamiento. Shen-Miller y su equipo comprobaron, en 1995 (Shen-Miller 1367), la reactivación de una semilla de loto sagrado (*Nelumbo nucifera*) después de *mil trescientos* años. Por otra parte, Sallon (1464) corroboró el mismo proceso en semillas de la palma datilera (*Phoenix dactylifera*) después de dos mil años. La falta de agua ocasiona anhidrobiosis en tardígrados y rotíferos de la clase bdelloidea. Asimismo, la exposición a la sequía genera quiescencia en embriones de peces anuales, y la baja temperatura es causa del mismo evento en el colémbolo ártico *Onychiurus arcticus*. Como hemos anticipado, en este trabajo nos ocuparemos de la significación biológica de la criptobiosis.

1.2. Criptobiosis

La criptobiosis es un estado profundo de dormancia, un período ametabólico, definido como mecanismo bioquímico de adaptación de los microorganismos que lo expresan para hacer frente a períodos en los que las condiciones ambientales son desfavorables (Nelson 655). La capacidad, por ejemplo, de algunos animales para sobrevivir a largos períodos de anoxia continua es impresionante en un número limitado de vertebrados ectodérmicos y en un número sustancial de invertebrados (Clegg 618). Los organismos criptobióticos son conocidos dentro de los reinos vegetal y animal, pero, entre los animales, puede decirse que básicamente solo los invertebrados poseen una verdadera criptobiosis. Nuestra comprensión actual de la fisiología y la bioquímica de la criptobiosis ha avanzado mucho desde que Leeuwenhoek ofreció la primera descripción formal del fenómeno anhidrobiótico en una conferencia pronunciada ante la *Royal Society* en 1702. Se trata, sin duda, no obstante, de un evento biológico poco conocido, que se explora principalmente mediante la investigación de algunos sistemas modelo, como los quistes de *Artemia sp.* y los embriones de maíz, aunque también existen algunas contribuciones referidas a nematodos. En otros organismos, como los tardígrados, la criptobiosis no se encuentra tan estudiada (Wright 564). Durante la criptobiosis el metabolismo, el crecimiento, la reproducción, los mecanismos moleculares de reparación del material genético y la senescencia son reducidos o cesan temporalmente (Nelson 655). Keilin, en 1959, acuñó el término criptobiosis, enfatizando la etimología de la palabra¹³ (Gr. *Kryptós*, oculto; *Biosis*, vida), para referirse “al estado de un organismo cuando este no muestra signos visibles de vida y su actividad metabólica se vuelve difícilmente mensurable” (Neuman 260). Según algunos autores, la criptobiosis envuelve “una total o casi total inhibición de la actividad metabólica: metabolismo al cero por ciento” (Feofilova 2).

Por todo ello, una vez concebido el metabolismo como característica definitoria de la vida, se argumenta que la criptobiosis es un tipo de muerte temporal, pues durante el estado criptobiótico el metabolismo parece encontrarse completamente detenido. Sin embargo, algunos autores señalan que, aunque drásticamente reducido, no desaparece del todo, y que si no resulta posible actualmente medir con precisión los niveles de actividad metabólica

13 Es necesario establecer aquí una diferencia fundamental entre el término *Criptobionte* utilizado para referirse a un organismo en estado de dormancia o latencia, y el término *Criptobionte* acuñado por Morton y Challis en 1969, para referirse a los individuos que viven en micro-cavidades o “criptas” como sucede con ciertos foraminíferos que Matteucci ha denominado foraminíferos criptobiontes, dándoles así una caracterización opuesta a la de los foraminíferos *Epibiontes*.

del estado criptobiótico es debido a incapacidades instrumentales o metodológicas y no porque dicho metabolismo este efectivamente interrumpido. De todos modos, lo cierto es que la criptobiosis constituye una disposición vital definible principalmente como estrategia de supervivencia. En efecto, es precisamente este hecho el que diferencia la criptobiosis de la muerte, pues tan pronto como las condiciones cambian, el organismo vuelve a la vida. Dicho de otro modo, la criptobiosis es un estado de extrema quiescencia inducida, que se mantiene específicamente por la presencia de condiciones adversas para la vida activa (Bertolani 16).

Los criptobiontes han sido clasificados en: *a*) aquellos en los que el estado criptobiótico puede aparecer solo en un específico estadio de desarrollo ontogenético y *b*) aquellos que pueden entrar en criptobiosis en cualquier estadio de su ciclo de vida. La primera categoría incluye especies de artrópodos, crustáceos, braquiópodos, insectos, esporas de ciertos hongos y bacterias, así como polen y semillas de algunas plantas; en tanto que la segunda categoría principalmente incluye especies de protozoarios, rotíferos, nematodos, tardígrados, ortópteros y varias especies de musgos, líquenes y algas, así como también algunas plantas superiores (Wright 3).

1.3. Tardígrados

Los tardígrados son los organismos criptobióticos por antonomasia. Se trata de micro-eumetazoarios, es decir, microscópicos animales multicelulares que poseen diferenciación celular y con estructura en tejidos verdaderos, en órganos y sistemas, manteniendo constancia celular (eutelia). La morfología de su cuerpo alargado y segmentado (un segmento cefálico y cuatro segmentos corporales) es bilateralmente simétrica, con cuatro pares de patas especializadas (lobopodios), terminadas en uñas o discos de succión. Los tardígrados pueden entrar en dormancia tanto por enquistamiento como por criptobiosis, presentado además partenogénesis (Pilato 324). Esta prodigiosa condición les permite estar adaptados a una amplia variedad de ecosistemas, algunos de los cuales representan los hábitats naturales más extremos de la Tierra (Bertolani 16). En efecto, los tardígrados tienen una distribución ubicua, ocupando una gran diversidad de nichos ecológicos en todo el mundo. Han sido hallados en todos los continentes: desde las tierras bajas hasta las más altas montañas (Nelson 652), encontrándose en hábitats tan diversos como las fuentes hidrotermales o las crioonitas glaciales (Glime 2); desde el nivel alto en pleamar hasta las grandes profundidades oceánicas. Sin embargo, solo sesenta y dos, de las mil especies revisadas por Guidetti y Bertolani en 2005 y Garey en 2008, son verdaderamente acuáticas, quedando las restantes especies depen-

dientes del agua intersticial presente en los componentes vegetales de su hábitat (Glime 1). En todo caso, se piensa que tal vez los tardígrados marinos fueron los ancestros de los tardígrados terrestres y limnícolas. De esto último se deduce que la huida del medio marino incorporó a su fisiología los procesos de criptobiosis, enquistamiento y partenogénesis. Crowe, en 1975, identificó cinco tipos de latencia en tardígrados: enquistamiento, anoxibiosis, criobiosis, osmobiosis y anhidrobiosis. Así, los tardígrados que habitan regiones terrestres se han adaptado a sobrevivir en medio de una alta variedad de condiciones ambientales extremas, habitando consecuentemente en una gran diversidad de sustratos, como roca, suelo, hojarasca, corteza de árboles, costras de criptogramas, hepáticas, anthóceros, algas y hongos. No obstante, son comúnmente hallados entre musgos y líquenes.

Para estar activos, deben permanecer inmersos en una película de agua que les posibilite respirar, pero en estado criptobiótico los toneles de tardígrados pueden sobrevivir con 0 % de hidratación. Además, la latencia anhidrobiótica les permite sobrevivir a temperaturas tan bajas como 0,05 K (-272,95 °C) durante 20 horas, o a -200 °C durante 20 meses (Glime 6). Dentro de sus toneles criptobióticos, los tardígrados pueden, asimismo, sobrevivir a temperaturas tan altas como 151 °C durante unos minutos (Glime 1). También pueden sobrevivir al vacío, a la radiación UV (Jönsson 729), y a 6000 atmósferas de presión (Seki 853), es decir, seis veces la presión de la parte más profunda de los océanos. En iguales condiciones, los tardígrados criptobióticos han podido retomar su ciclo vital después de ser sumergidos dentro de nitrógeno líquido, concentrados de ácido carbónico, sulfuro de hidrógeno, salmuera y alcohol puro, e incluso después de que han sido bombardeados por corrientes mortales de electrones dentro de un microscopio electrónico. Proezas que no se conocen en ningún otro animal y que adquieren una dimensión más asombrosa cuando, después de ser expuestos a tales condiciones y tras haberles brindado una gota de agua, en cuestión de horas se reaniman por completo. Simplemente salen de su estado criptobiótico, se rehidratan a sí mismos y deambulan lejos con sus cuatro pares de patas de garras cortas, completamente ilesos.

La historia del conocimiento del grupo se remonta a la invención del microscopio. El primer documento que testimonia la observación de estos animales fue escrito por el zoólogo alemán Johann August Ephraim Goeze (1773-1793). En 1773, Goeze escribió: "Se trata de un animal extraño debido a su extraordinaria anatomía; a primera vista su aspecto tiene un gran parecido con un pequeño oso. Es debido a esto que lo voy a nombrar 'pequeño oso de agua' (Kleiner Wasser Bär)" (Ramazzotti 22-23). Un año después, en 1774, el naturalista italiano Bonaventura Corti (1729-1813), investigando los

sedimentos de un canal, observa a estos particulares microorganismos, refiriéndose a ellos como “pequeñas orugas” (brucolini), mientras reparaba en su capacidad de reanimarse tras ser rehidratados. Posteriormente, en 1775, J. C. Eichorn publicó sus observaciones acerca de un Wasser Bär que encontró en un alga dulceacuícola.

En 1776, el abad italiano y profesor de historia natural Lazzaro Spallanzani (1729-1799) escribió respecto a uno de estos curiosos animales:

Sin embargo, tan pronto reposaba sobre la arena, tenía un movimiento regular y progresivo, lento, pero ante la señal del encuentro con el rotífero, se asemejaba a una tortuga; si persistiera en la intención de bautizarlo con cualquier nombre, yo no tendría dificultad en llamarlo *il tardigrado* (Ramazzotti 23).

Es así que destacando la naturaleza de su curioso movimiento, Spallanzani acuñó el nombre de tardígrado (Lat. *tardus*, lento; *gradus*, paso, escalón o peldaño), a la vez que investigaba por primera vez el fenómeno de la vuelta a la actividad metabólica, a la que se refirió como “resurrección después de la muerte”. Fue Louis Michel François Doyère (1811-1863) quien en 1840 empleó el nombre *Tardigrada* para referirse a este grupo de animales y, en 1962, Ramazzotti propuso la clasificación taxonómica del *Phylum Tardigrada*.

La posición filogenética de este filo es incierta, y aunque se sabe que los tardígrados pertenecen al clado Ecdysozoa, recientemente reconocido, todavía se debate si están más estrechamente relacionados con los nematodos y nematomorfos que con artrópodos y onicóforos (Wełnicz 758). Así, entre artrópodos y nematodos, los tardígrados se encuentran en la frontera de ambos grupos, compartiendo con los primeros la cualidad de tener patas, una configuración de sistema nervioso en escalera y musculatura cruzada, pero relacionándose con los nematodos por la cualidad de no tener sistema respiratorio ni circulatorio y de poseer un aparato bucal similar a las mandíbulas de masticación de estos. Se trata de un rasgo típico de los tardígrados: extraviados en su singularidad, no ha quedado otra opción que definirlos como un grupo intermedio.

Debido a sus dimensiones, los pequeños osos de agua representan un importante componente de la meiofauna (animales de ambientes marinos, dulceacuícolas o limnoterrestres con dimensiones menores a un milímetro). Además de las características fisiológicas que se siguen del tamaño de su cuerpo, de medianas proporciones entre los animales unicelulares y los animales multicelulares, se ha propuesto también que los tardígrados comparten características de distribución espacial típicas de microorganismos, así como características biogeográficas distintivas de macrorganismos. Se ha señalado, por ejemplo, que a diferencia de la biogeografía tradicional de macrorganismos, en microor-

ganismos los factores históricos son menos importantes que los factores biológicos y físicos. En 1913, el científico holandés Martinus W. Beijerinck (1851-1931) enunció el famoso aforismo: “Todo está en todas partes, pero el ambiente selecciona”, siendo este el primer intento para describir la variación espacial microbiana. Los tardígrados cuentan con una ubicuidad sustentada en su pequeño tamaño y en la consecuente gran capacidad de dispersión, pero cumplen parcialmente con las condiciones del enunciado de Beijerinck, puesto que ciertos grupos manifiestan algunos rasgos contrarios pudiendo presentar aislamiento geográfico, es decir, aislamiento por distancia y evidentes patrones de distribución, como es típico en la biogeografía de macro-organismos.

Existe escasa información y es constante objeto de debate establecer si los tardígrados ciertamente cumplen con la condición espacial microscópica de mostrar una baja riqueza global y una alta riqueza local, pero tales dificultades no hacen sino indicar que el reduccionismo categorial, con el que proceden la taxonomía de especies y la taxonomía de caracteres discontinuos que definen dichas especies, no resulta provechoso para esclarecer casos que, como en los tardígrados, exigen un esfuerzo distinto. Así pues, tamaño, aspecto, singularidad y resistencia otorgan a los tardígrados cierto carisma que ha interesado y sorprendido a los naturalistas y zoólogos desde su descubrimiento. Es popular la leyenda de su posición enigmática y “por defecto” en el reino animal (Romano 134). Se trata de organismos con características únicas, a tal punto que se ha llegado a decir que la mejor definición de un tardígrado es que se trata de un animal con rasgos de tardígrado.

Continuando ahora con nuestro propósito, vamos a acercarnos a la criptobiosis, — específicamente a la anhidrobiótica —, en estos animales, entre los que, al parecer, el más importante atributo es el de habitar en una tierra media, entre magnitudes y entre grupos zoológicos, entre el cosmos y la tierra, entre la vida y la muerte.

Si bien es cierto que se conocen algunos mecanismos moleculares por los cuales los tardígrados entran en estado anhidrobiótico, se desconocen, sin embargo, casi en su totalidad los mecanismos por los cuales los tardígrados salen de dicho estado y recuperan su fanerobiosis. Así, la mayoría de mecanismos moleculares y metabólicos subyacentes a criptobiosis son un misterio (Watanabe 2799), y hasta la fecha, no existe un mecanismo molecular o un proceso asociado con el control de la depresión metabólica que haya sido suficientemente delineado, permaneciendo este fenómeno bioquímicamente oscuro (Guppy 436). Dicha oscuridad teórica, lo hemos apuntado, se refleja en el problema sin solución que recogen las siguientes preguntas, si la criptobiosis es un estado biológico singular, es decir, una muerte reversible o un

estado de vida en suspenso: *a)* ¿cómo el tardígrado criptobiótico interpreta la señal del exterior, que le permite reanimarse?, *b)* ¿cómo el tonel criptobiótico puede salir por sí mismo de dicho estado si su metabolismo se encuentra total o casi totalmente detenido?, *c)* ¿cómo puede el organismo pasar de un estado sin energía libre para mantener sus funciones biológicas al estado reanimado? Tales interrogantes en el *misterio de la criptobiosis*, como ha señalado Neuman, pueden atribuirse a la falta de herramientas conceptuales apropiadas para encarar estas preguntas (Neuman 259).

2. EL MODELO DE YAIR NEUMAN COMO NUEVA PERSPECTIVA TEÓRICA SOBRE LA CRIPTOBIOSIS

Debemos partir ahora de una definición sintética que describa el fenómeno en sus aspectos más determinantes. Tomemos la dada por David Keilin, en 1959, año en que acuñó el término criptobiosis para referirse a “el estado de un organismo cuando no muestra signos visibles de la vida y cuando su actividad metabólica se vuelve difícilmente medible, o viene de forma reversible a un punto muerto” (Keilin 166). Es una definición que tiene como punto de partida la constatación experimental¹⁴ de ausencia de metabolismo mensurable durante criptobiosis, y que propone a partir de ello dos ideas fundamentales: por una parte, la criptobiosis es concebida como estado y, por otra, es identificada con un a-metabolismo, total o parcial, pero efectivamente reversible.

En su estructura básica, la propuesta de Keilin es la definición estándar con la cual se emprende toda investigación o se diseña todo modelo respecto a la criptobiosis en tardígrados. Mientras que a la concepción de la criptobiosis como un estado de la ontogenia del tardígrado nada hay que añadir, diferentes investigaciones aportan matices respecto al segundo punto (el relativo al metabolismo). Nelson sostiene, por ejemplo, que en criptobiosis el metabolismo, crecimiento, reproducción y senescencia son reducidos o cesan temporalmente (Nelson 657). Clegg, de acuerdo con esto, concibe la criptobiosis como un particular estado de organización biológica entre la vida y la muerte (615), mientras que Feofilova propone una total o casi total inhibición del metabolismo durante criptobiosis (3). Más recientemente, Yair Neuman, investigador perteneciente de la Universidad de Négev (Israel), ha propuesto que la crip-

¹⁴ Constatación experimental que obedece además a las limitaciones instrumentales. Sin embargo, tal como apunta Neuman “el conocimiento científico moderno se basa en lo positivo de procedimientos de medición y no en especulaciones resultantes sobre los límites de la medición”. (Neuman 261).

tobiosis es un estado entre la vida y la muerte que podría incluir un cambio temporal hacia una forma reversible de computación biológica. Aquí el organismo es entendido por el autor como sistema jerárquico y recursivo capaz de auto-reiniciarse¹⁵. Tal definición se argumenta a partir de dos tesis. La primera de ellas indica que la criptobiosis es un estado que implica un cambio hacia una forma de computación reversible; y la segunda, que tal cambio tiene lugar en una red metabólica tejida sobre una topología de tipo jerárquico-recursivo (Neuman 260). Nos referiremos más adelante a estos conceptos como componentes del modelo mencionado. Por el momento queremos poner en evidencia que todas las definiciones generales de criptobiosis son bastante homogéneas y podrían traducirse de modo sintético a la siguiente expresión: la criptobiosis es un estado reversiblemente ametabólico, donde ametabolismo significa ausencia de medida metabólica experimental. Asimismo, con las palabras clave de dicha expresión, “estado”, “a-metabolismo” y “reversibilidad”, podríamos obtener las dos tesis fundamentales que la componen: a) la criptobiosis como estado y b) la criptobiosis como ametabolismo reversible. Es importante señalar también que todas las definiciones subrayan el carácter único de la criptobiosis como un tercer estado de la organización biológica.

La criptobiosis se concibe, entonces, bajo los rasgos epistémicos del análisis, como un estado constituido de partes e instantes. Por otro lado, la información que podemos obtener de cada uno de los puntos de esta trayectoria metabólica constituye el estado del sistema en un tiempo T , siendo la tasa metabólica su rasgo cuantitativo más relevante. Metabolismo e información tienen una importante relación en la mayoría de los casos: por una parte, la información con la que se ordena el sistema se expresa metabólicamente y, por otra, la expresión metabólica se manifiesta como información sobre el estado del sistema. La pérdida de metabolismo mensurable en el estado criptobiótico representa, así, la pérdida de información sobre el sistema. Sigamos el ejemplo propuesto por Landauer y Bennett, en 1985, para entender la relación entre metabolismo y estado del sistema o, más específicamente, entre disipación de energía e información. Supongamos –dice Neuman citando a estos autores:

Que dejamos caer dos pelotas de goma elástica idénticas desde 1 m. y desde 10 m. La energía potencial de las bolas se convierte en energía cinética. Cuando las bolas golpean el suelo saltan hacia arriba y la altura de su salto indica la

15 Neuman, Y. 265. “Si bien la muerte es la máxima expresión de un proceso irreversible llamado vida, la criptobiosis es un estado entre la vida y la muerte que implica un cambio temporal a una forma reversible de la computación biológica. El organismo es capaz de auto-reiniciarse cuando las restricciones a nivel macro re-organizan el sistema y permiten el cálculo metabólico altamente eficiente para reutilizar los recursos de energía del ambiente”.

altura desde la que cayeron. Cada vez que una pelota toca el suelo se está perdiendo una cierta cantidad de energía y podemos decir que el calor (es decir, la energía de la transferencia) fue liberado al medio ambiente. Después de un tiempo, las dos bolas descansarán en paz en nuestro patio de recreo, lo que nada indica acerca de la altura desde la que fueron liberadas. El calor se ha liberado y se ha perdido información. En este sentido, “el calor es no solo el ‘cementerio’ de la energía que podría haberse convertido en trabajo (es decir, la energía libre), sino también el cementerio de la información (264).

Cuanto mayor sea la manifestación metabólica que se registre, mayor será, en consecuencia, la cantidad de información que se tendrá sobre el estado del sistema. Bajo esta perspectiva, la magnitud metabólica — que es analíticamente la propiedad biológica por excelencia —, resulta un parámetro que parece perder la continuidad en criptobiosis. El estado del sistema oscila en un ciclo de fanerobiosis-criptobiosis-fanerobiosis, como si se tratase de una serie binaria 1-0-1. En donde los números *uno* y *cero* representan respectivamente la presencia de metabolismo y la ausencia del mismo. Ahora bien, el cambio del estado metabólico al estado ametabólico, es decir el cambio desde 1 a 0, es el desarrollo de un programa genético adquirido evolutivamente por la adaptación filogenética del organismo. El origen de dicho cambio es externo al animal y su ejecución consiste en reducir los procesos metabólicos. Aquí la criptobiosis, que puede implicar *ametabolismo*, se explica con los mismos términos con los cuales se explica, por ejemplo, la hibernación, que es *hipometabolismo*.¹⁶ En este último caso, el estado del sistema podría calcularse por una cuantificación simple de la energía disipada o de los productos metabólicos que revelarían, en función del tiempo, una reducción controlada y verificable durante todo el proceso.

El conocimiento del estado del sistema criptobiótico es proporcional entonces a la energía disipada y es, en consecuencia, también relacionable con cierta pérdida de información relativa al sistema. La tasa metabólica en criptobiosis es cercana a cero, por lo que el conocimiento del estado criptobiótico derivado de la experiencia es también cercano a cero. Dado que el estado del sistema criptobionte resulta a-informativo, ¿es la criptobiosis efectivamente a-metabólica? ¿Cómo conocer lo que pasa en dicho estado? Neuman propone un modelo teórico en donde la ausencia de disipación de energía en criptobiosis envuelve el cambio desde una *computación biológica irreversible* a una *computación biológica reversible*, que tiene lugar en una topología jerárquico-recursiva (260).

16 Esta diferencia es propuesta por Keilin citada en (Clegg 614-615).

Explicuemos en primera instancia qué significa jerarquía recursiva. Gregory Bateson describió a los seres vivos como *sistemas de niveles múltiples organizados con jerarquía recursiva* (Neuman 261). Recursividad aquí se entiende como la propiedad que los niveles de organización biológica poseen cuando asumimos un *contexto de interpretación*. El contexto de un nivel guarda dos características fundamentales: por una parte, “es un término colectivo que presenta al organismo dentro de un conjunto de alternativas entre las que debe hacer su próxima elección” (Neuman 261). Por otra parte, dicho contexto es una restricción que se le impone a cierto nivel desde un nivel superior. El contexto, pues, posibilita la acción del sistema y además restringe la entropía del mismo, es decir su tendencia natural hacia el desorden. El nivel más alto es caracterizado por principios organizacionales que tienen efecto en la distribución de los eventos y las sustancias de los niveles más bajos (Emmeche 16). Los contextos estarían incrustados siempre dentro de otro contexto, imbricados, yuxtapuestos en topologías específicas, de modo que se establece una jerarquía de restricciones y de posibilidades, que en su “aspecto dinámico genera bucles de retroalimentación”, en los que “la información circula hacia atrás y adelante entre los diferentes niveles del sistema para asegurar la estabilidad de cada nivel y para constituir el conjunto del trabajo” (Neuman 261-262).

Bajo estas consideraciones, el organismo criptobiótico puede ser visto como un sistema con organización jerárquica de niveles superpuestos, en donde cada uno de ellos representa un contexto de limitaciones que organiza los niveles inferiores contenidos en él, a la vez que dirige la trayectoria del sistema hacia un atractor determinado. “La idea de jerarquía recursiva no debe confundirse con la idea fuerte de causalidad descendente, donde una entidad o proceso dado debe causar cambios en una entidad o proceso de nivel inferior” (Emmeche 19). La recursividad jerárquica es entonces la autodeterminación que los sistemas adquieren mediante la integración de los niveles a través de las restricciones que emergen en los circuitos de retroalimentación. En este punto el sistema criptobiótico contendría la potencialidad de emerger de nuevo hacia la vida, pues la actividad de los *micro-niveles metabólicos* podría ser altamente reducida y aun así los macro-niveles se mantendrían listos para el cambio (Neuman 262) hacia el *atractor de la actividad metabólica normal*.

La idea de Bateson es más bien *de media causalidad descendente*, en la que una entidad en un alto nivel llega a existir a través de la realización de uno entre muchos estados posibles de los niveles bajos, con los niveles altos como factor de selección (Emmeche 25).

La recursividad, que no se identifica con un causalismo descendente estricto (Neuman 262), discurre no obstante jerárquicamente. En el sistema hay cierta

direccionalidad que se impone *desde arriba hacia abajo* a modo de limitaciones energéticas. Así, por lo menos, se explica la reducción metabólica por la cual el estado fanerobionte (1) cambia al estado criptobionte (0). En criptobiosis, sin embargo, la limitación que está impuesta es un nivel inferior (temporalmente muerto) donde el metabolismo molecular ha cesado por completo (0), y es a partir de allí de donde debe emerger la totalidad del sistema como manifestación fenotípica de un metabolismo fanerobionte (1).

Aquí el modelo de Neuman cuida la recursividad sobre todo de los niveles medios de la organización jerárquica y, al igual que Strohmán partiendo de un sistema complejo, “busca en esta *vía media* leyes que operan en escalas intermedias de organización entre lo microscópico de las partículas elementales y lo macroscópico como el estado mayor de organización” (Neuman 262). Hablamos de una cualidad metabólica estructurada entonces entre el fenotipo y el genotipo. En los *meso-niveles* habría un cambio cualitativo entre un cómputo biológico irreversible y un cómputo biológico reversible. Obedeciendo a este cambio cualitativo, el ametabolismo se torna reversible: “No es simplemente un cambio de un bajo nivel de actividad metabólica a un mayor nivel de actividad metabólica, sino un cambio cualitativo de un estado a otro estado más complicado que involucra comportamientos de orden superior, tales como la reproducción y la depredación”. ¿Qué quiere decir entonces *reversibilidad* como cualidad de una dinámica de cómputo biológico? En termodinámica un proceso es reversible cuando “su desarrollo no conlleva el incremento de la entropía y la pérdida de información”, no habiendo en este resultado infracción alguna respecto de la segunda ley de la termodinámica (Neuman 262). Ahora bien, el metabolismo cuantitativo de estados, en los organismos como sistemas multinivel, es el correlato del balance entre *entradas y salidas* en los sistemas que procesan información. La información puede ser implícita, como grado de orden en la estructura, o explícita, como los productos del funcionamiento de la misma.

Metabolismo y computación se reducen al movimiento termodinámico de información mediado por información. Dicho movimiento es entendido en su sentido físico y, por lo tanto, vuelve intercambiable la pérdida de información con la liberación de calor. Esta relación de conceptos completa su sentido en la biología teórica, porque apunta a demostrar la tesis propuesta por Strohmán de que “la organización se convierte en causa dentro de la materia” (Neuman 260). Por lo que aquello que persistiría en criptobiosis, como metabolismo e información, sería la magnitud de orden expresada en la estructura metabólica de un nivel intermedio en donde el cómputo irreversible (cómputo biológico en fanerobiosis) cambia a un cómputo reversible (cómputo biológico en criptobiosis). Este cambio posibilita al tardígrado autodeterminarse y emerger hacia un metabolismo normal.

Habíamos dicho en un principio, usando ciertas alegorías literarias, que la investigación científica de la criptobiosis consistía básicamente *en entender si los organismos están “tendidos a la sombra”, al modo de Rip van Winkle, con un metabolismo somnoliento; o si, por el contrario, han “caído al pantano”, como el barón de Münchhausen, en un pozo ametabólico del que son capaces de salir tirando de sus propios cabellos.* Las especulaciones de Neuman apuntan decididamente a que el tardígrado criptobionte se comporta como un *Münchhausen metabólico*. Pero ¿cuáles son las características inherentes al pantano del cual los tardígrados son capaces por sí mismos de emerger? Pasamos a ocuparnos de ello.

Bootstrapping es un término acuñado en informática para referirse al proceso por el cual un sistema complejo emerge por una iniciación simple, poco a poco, alcanzando mayores capacidades complejas desde las capacidades simples. El cambio de computación biológica en el cual el criptobionte mantiene el estado del sistema por procesos reversibles, esto es, sin disipación de energía, sin incremento de entropía ni pérdida de información, es, en el modelo de Neuman, un ejemplo de sistema biológico capaz de auto-reiniciarse gradualmente, nivel a nivel, desde un punto metabólico cercano a cero hasta retomar el metabolismo fanerobiótico. “Si no hay cómputo biológico o la conducción del cómputo biológico es casi nula, entonces ninguna o casi ninguna información se registra y nada o casi nada de calor se genera” (Neuman 264). Por lo tanto, el proceso es reversible. El sistema puede mantener su organización con mínimo gasto de energía y realizar *bootstrapping*.

Según este modelo, lo que posibilita en criptobiontes su auto-reiniciación son redes de proteínas reguladoras capaces de reorganizar patrones genéticos como comportamientos emergentes (Strohman 575). Por lo tanto, es algo que depende de la presencia de tales proteínas en cuantos elementos estructurales de un metabolismo recursivo. “Es en los sistemas mesoscópicos donde emergen las propiedades de los sistemas biológicos; donde cada nivel es limitado por el nivel superior” (Strohman 575). En esta tierra media entre la vida y la muerte, los pantanos tienen la *densidad* de los meso-niveles, sus características son tales que los estructuran como una red metabólica urdida sobre una topología específicamente simétrica y reversible. De allí que la topología con la que ilustra el proceso Neuman es la *botella de Klein*, una estructura simétrica que “pasa a través de sí misma hacia fuera y hacia dentro del sistema” (Neuman 266). Sin puntos de discontinuidad, esta es una representación de los sistemas de jerarquía recursiva.

Tal representación de la continuidad es efectivamente estructural, pues en ella “la vida no es inherente a ningún elemento singular que constituya la célula viva”, sino que “emerge de la materia inerte como consecuencia del

metabolismo” (Neuman 266). Diríamos que en Bootstrapping, aunque el pantano es cualitativamente prodigioso al permitir a Münchhausen salir de él tirando de sus propios cabellos, el barón que sale siempre es otro, distinto al que entra. Y la causa del bootstrapping está en el pantano y no en el fabuloso personaje. Podríamos expresarlo de otro modo: aunque el personaje de la narración sea cualitativamente prodigioso, al sacarse a sí mismo del pantano, nos imaginamos al barón de Münchhausen interrumpiendo su historia en cuanto esta llega al punto en el que relata su caída. Y, tras una pausa, en donde podríamos suponer que todo puede pasar (podrían, por ejemplo, las personas que lo escuchan ser distintas, o haber olvidado la primera parte del cuento), aquél retoma la narración para decir que salió del pantano. Pero si se trata de dos narraciones incompletas (una con principio, sin final; otra con final, sin principio), separadas por una pausa, tenemos aquí la representación no tanto de un Münchhausen, sino más bien de un Rip van Winkle, que en el intermedio de tales fases duerme mientras la misma historia del mundo (contexto) podría haber cambiado¹⁷.

El modelo de Neuman plantea, con todo, innumerables preguntas, entre las que queremos destacar algunas a través de siete observaciones que nos parecen importantes. Desde un punto de vista ontológico y epistemológico es radicalmente distinto que en criptobiosis no haya en absoluto metabolismo o que la actividad metabólica se reduzca drásticamente. Esa diferencia ontológica afecta profundamente a cualquier modelo teórico que quiera formularse y posee, por ello, consecuencias epistemológicas claras. Keilin (1959) parte de dicha ambigüedad y construye sobre ella su personal perspectiva. La cuestión consiste en que no es lo mismo la reversibilidad desde el *ametabolismo* que a partir de una tasas metabólicas mínimas o de un concreto metabolismo basal. En este juego con la imprecisión, llega a presentar la tesis de que en criptobiosis el metabolismo cesa por completo, asumiendo al mismo tiempo que se trata de un estado ontogenético. Hay que subrayar a este respecto que concebir la muerte como un estado *ontogenético* plantea, junto a problemas ontológicos, una contradicción semántica. La muerte puede ser un estado, pero es difícil considerarla un estado *ontogenético*.

Las posiciones de Nelson, Clegg y Feofilova mantienen esa misma ambigüedad. No es lo mismo hablar de metabolismo cero que de *casi* ausencia de metabolismo. No lo es porque una tasa metabólica igual a cero supondría que, con ese *metabolismo cero*, hay vida o hay paralización de la vida. Cualquiera

17 Al despertarse después de 20 años de un profundo sueño, Rip Van Wilke, que empezaba a dormir días antes de la Guerra de Independencia de los Estados Unidos, se mete en problemas cuando al despertar ovaciona al rey Jorge III, sin saber que ya no era un súbdito de los británicos.

de las dos opciones es difícilmente asumible. La primera, porque obliga a explicar cómo entender una vida sin metabolismo. La segunda porque exige saber cómo se vuelve a la vida desde la paralización de la vida.

Neuman, por su parte, entiende que la criptobiosis es un estado *entre* la vida y la muerte que podría incluir un cambio temporal hacia *una forma reversible de computación biológica*. Aquí el organismo es entendido por el autor como un sistema jerárquico y recursivo capaz de auto-reiniciarse. La cuestión fundamental que se suscita en este punto es que no se nos está brindando una explicación del estado de criptobiosis y menos aún de la dinámica fisiológica hacia la fanerobiosis. Sostener que nos enfrentamos a sistemas biológicos jerárquico-recursivos con capacidad de reiniciarse mediante una forma reversible de computación no es sino una petición de principio. ¿Por qué vuelve el sistema a la vida? Porque tiene capacidad de volver a ella, porque el estado es reversible. El organismo criptobionte es entendido por Neuman, pues, como un sistema jerárquico y recursivo capaz de auto-reiniciarse. Ahora bien, no se nos dice cómo se produce tal hecho, aunque se apunte a que vale la *metafóra computacional* de la recursividad y la auto-reiniciación.

Introduce Neuman, además, el recurso teórico de una forma topológica sobre la que descansa el metabolismo, en este estado, y que es cierta 'geometría' capaz de soportar una jerarquía recursiva. Recursivo, aquí, significa que los niveles superiores, afectados por las condiciones externas, actúan sobre los niveles medios, permitiendo que las moléculas – ya sintetizadas antes de la criptobiosis – se organicen dando lugar a la reversión. Los niveles superiores del sistema son macroscópicos: toneles criptobióticos, tejidos, órganos, estructuras anatómicas, etc. Los niveles medios comprenden los niveles intracelulares donde se encuentran las moléculas aludidas: ADN y moléculas citoplasmáticas. El problema es que no se explica cómo actúa el entorno – causa de la hidratación – sobre el tardígrado, y cómo opera la acción de los macroniveles sobre los niveles moleculares. Se nos proporciona, sí, una imagen pictórica a través de la topología y, con ello, un modelo formal, pero en el que no aparecen las relaciones causales específicas y necesarias.

Al relacionar *metabolismo e información*, lo que Neuman añade sobre el estado de criptobiosis es que en él solo hay estructura – estructura molecular – que se mantiene sin vida y sin consumo de energía, puesto que el metabolismo cesa. La preservación de la estructura molecular supone, así, un enigma.

Resulta oscuro también cómo la selección natural puede seleccionar un estado de no-vida o, en sentido más amplio, cómo se selecciona la secuencia fanerobiosis-criptobiosis-fanerobiosis. La selección natural habría seleccionado la

muerte del individuo como estrategia adaptativa ante los desafíos del entorno. Sin embargo, ello es inconsistente con la idea general darwiniana de adaptación –vinculada a la supervivencia–. Lo que se nos sugiere en realidad es que estamos ante una configuración molecular, supuestamente seleccionada en la filogenia, que se identifica con el estado de no-vida. En efecto, Neuman defiende que lo seleccionado es una configuración molecular que permite la no-degradación de *eso que queda sin vida*.

La idea de un cambio hacia el *atractor de la actividad metabólica normal* convierte a esa actividad metabólica normal –en cuanto atractor– en *explanans* y en *explanandum* a la vez, sin que pueda evitarse, además, cierto sabor teleológico en el planteamiento. Por otro lado, referirse a una supuesta “cualidad metabólica” supone admitir *una realidad metabólica sin actividad metabólica*, quedando por interpretar qué se entiende por realidad metabólica cualitativa, carente de tasa metabólica alguna, información o manifestación energética.

3. CODA BERGSONIANA Y CONCLUSIONES PARA EL FILÓSOFO

Las implicaciones filosóficas del estudio de la latencia están relacionadas con los aspectos científicos menos esclarecidos en el modelo de Neuman. Hablamos de los problemas de la discontinuidad, la emergencia o la heurística del mecanicismo. Y, no menos, del carácter que posee la relación tiempo-organización biológica o, si se desea en términos más clásicos, la relación temporalidad-vitalidad. Con todo, cada uno de dichos aspectos exige una aproximación filosófica tan específica que excedería en mucho los objetivos de este artículo. Existen cuestiones ontológicas de gran significado subyacentes a los principios teóricos con que se pretende explicar la criptobiosis –cuando entendemos esta como un tercer estado de la organización biológica–. Por ejemplo, si el metabolismo se interrumpe durante la criptobiosis, la discontinuidad implicada apunta de forma concomitante a la emergencia para explicar su reaparición. Apelar a la “resurrección metabólica” como un fenómeno emergente es, sin embargo, una solución un tanto vaga en términos científicos. Las propiedades emergentes imponen, de hecho, asunciones ontológicas que los modelos metabólicos cuantitativos descuidan. Este vacío teórico es llenado mediante una segunda condición que implica circularidad: el *metabolismo emerge* de la materia ordenada *metabólicamente*. Por otro lado, la información (genética) da lugar a una red metabólica adaptativa que posibilita la reversibilidad (topología recursiva y reversible). De modo que el retorno al estado metabólico es posible debido a que el grado de ordenamiento de la red actúa como causa para la emergencia, para la reaparición de las funciones metabólicas.

Hay, asimismo, un aspecto que merece ser considerado de particular interés: la asunción de que los procesos biológicos se constituyen por sucesión de estados, del mismo modo que las estructuras se componen por yuxtaposición de niveles. De esta analogía, que permite el *análisis* de los procesos, nace gran parte de la problemática filosófica en torno al concepto de *duración*; concepto que puede dar algunas pistas sobre el significado y el carácter del tiempo durante la criptobiosis, así como para la comprensión de un metabolismo posible, más allá de la cuantificación físico-química. Como apuntó hace muchos años Bergson, el análisis no distingue entre lo extenso y lo que dura, “el análisis, por propia definición, desemboca siempre en estados” (Bergson 183).

Los procesos son convertidos analíticamente en *estaciones extensas*, discontinuas e instantáneas que se ordenan sobre un sustrato homogéneo. Todo ocurre desde esta perspectiva mecánica como si la máxima cosecha del pensamiento fuera el conseguir dibujar, punto por punto, la trayectoria de un móvil sobre el papel; como se representa, parte por parte, la estructura detallada de una máquina en sus planos de diseño. La principal inconsistencia filosófica de esta operación posee esta raíz: representar a las partes materiales superpuestas en un espacio homogéneo y sin cualidades no violenta la dimensionalidad propia de aquellas – su espacialidad –; mientras que yuxtaponer los instantes en un tiempo homogéneo y sin cualidades destruye la esencia misma de la temporalidad. De este modo, el conocimiento analítico se representa “un tiempo pulverizado donde un instante sin duración sucede a un instante que no dura más. El movimiento es para él una serie de posiciones [...], el devenir en general una serie de estados” (Bergson 143).

Ciertamente, los modelos biológicos sobre la criptobiosis han mejorado nuestra comprensión del fenómeno, pero, por el momento, solo hasta donde la criptobiosis empieza a expresar su “misterio”, cuando deja de mostrar sus magnitudes metabólicas. Entonces el estado criptobiótico se entiende como la clase de vitalidad suspensa que permite lo inerte; una muerte a medias que posibilita, no obstante, la reversibilidad; una inmovilidad ajena a la vida pero solidaria con y adaptada a los hábitos analíticos. “Nada de estados inertes” –señalaba Bergson–, “nada de cosas muertas; solo la movilidad de la que está hecha la estabilidad de la vida” (Bergson 144)

El análisis filosófico del problema debe, en consecuencia, centrarse en dos aspectos: uno epistemológico y otro ontológico. El primero señala a la representación de las estructuras y los procesos orgánicos como sumatorio de todos sus niveles más un *delta emergente*, que siempre permanece en la obscuridad teórica; el segundo, se refiere al problema ontológico de la temporalidad en el mundo vivo.

Existe, como hemos dicho, la tendencia mecanicista hacia una espacialización de la temporalidad, para la cual los procesos pueden ser vistos estructuralmente como yuxtaposiciones de estados definidos a partir de su medida metabólica. En estos estados la temporalidad se disuelve mediante analogías espaciales, perdiéndose así el entendimiento del proceso en cuanto tal: algo que Whitehead llama la *falacia de la concreción fuera de lugar* (Whitehead 18). Este podría considerarse el planteamiento crítico fundamental, inherente a una ontología de los procesos biológicos, que alcanzaría en fenómenos como la criptobiosis su sentido y su pertinencia teórica. El presente trabajo ha pretendido señalar que en los modelos explicativos de la criptobiosis la cuantificación de las magnitudes metabólicas no puede dar cuenta de lo que debe entenderse como metabolismo en un sentido amplio; sentido imbricado en todo el proceso ontogenético, que *incluye la latencia*. La criptobiosis no implica tanto un cambio de cantidad como de cualidad metabólica.

Este tiempo sin duración que sustenta al enfoque analítico comporta una ontología típica del naturalismo fisicalista y externalista. Para esta concepción científica de la temporalidad, las entidades son extensiones en el espacio-tiempo donde la duración es mera fantasmagoría. El análisis solo es posible relacionando simultaneidades externas entre sí: el mecanismo se conoce por sus partes y condiciona que el proceso se conozca por sus instantes. Es debido a que “transportamos a la especulación un procedimiento para la práctica – explica Bergson– por lo que el ser humano se figura poder pensar lo moviente a través de lo inmóvil, lo lleno a través de lo vacío.” (Bergson 279). En cuanto a la criptobiosis se refiere, todo intento explicativo que asuma la discontinuidad como un hecho – discontinuidad entre la actividad metabólica anterior y posterior a la latencia – necesita fundar la reversibilidad, el retorno a un metabolismo cuantificable, en la emergencia. Precisamente, la reversibilidad es uno de los rasgos teóricos del espacio-tiempo mecanicista, de modo que la emergencia, en cuanto recuperación de un metabolismo mensurable que no se sabe cómo justificar, se convierte en una solución *ad hoc*, casi mágica, para aglutinar los fragmentos en los que ha sido descompuesto el proceso biológico objeto de estas páginas.

TRABAJOS CITADOS

- Bergson, H. *El pensamiento y lo moviente*. Cactus Editorial, 2013.
- Bertolani, R, Guidetti, R, Jönsson, I. K, Altiero, T, Boschini, D. & Rebecchi, I. “Experiences with dormancy in tardigrades”. *Journal of Limnology*, 63. 1 (2004): 16-25.

- Clegg, J. S. "Cryptobiosis a peculiar state of biological organization". *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 128. 4, (2001): 613-624.
- Emmeche, C., Køppe, S., Stjernfelt, F. "Levels of emergence, and three versions of downward causation". En Andersen, P.B., Emmeche, C., Finnemann, N.O., Christiansen, P.V. (Eds.), *Downward Causation. Minds, Bodies and Matter*. Aarhus: University, Press, Aarhus (2000): 13-34
- Feofilova, E. P. "Deceleration of vital activity as a universal biochemical mechanism ensuring adaptation of microorganisms to stress factors: a review". *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39. 1, (2003): 1-18.
- Glime, J. M. "Tardigrade Survival". Chapt. 5-1, En Glime, J. M. *Bryophyte Ecology*. Volume 2. (2013): *Bryological Interaction*. Ebook 5-1-1.
- Guppy, M. "The biochemistry of metabolic depression: a history of perceptions". *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 139. 3, (2004): 435-442.
- Jönsson, K. I., Rabbow, E., Schill, R. O., Harms-Ringdahl, M. & Petra Rettberg, P. "Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit". *Current Biol* 18 (2008): R729-731
- Keilin, D. "The Leeuwenhoek Lecture: The problem of anabiosis or latent life: History and current concept". Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, (1959): 149-191.
- Lubzens, E., Cerdà, J., & Clark, M. (Eds.). *Dormancy and resistance in harsh environments* Vol. 21, New York Springer, (2010).
- Nelson, D. R. "Current status of the Tardigrada: evolution and ecology". *Integrative and Comparative Biology*, 42. 3 (2002): 652-659.
- Neuman, Y. "Cryptobiosis: A new theoretical perspective". *Progress in biophysics and molecular biology* 92. 2 (2006): 258-267.
- Pilato, G. "Correlations between cryptobiosis and other biological characteristics in some soil animals". *Italian Journal of Zoology*, 46. 4 (1979): 319-332.
- Ramazotti, G. *Il phylum Tardigrada*. Seconda edizione. Pallanza: Mem. Ist. Ital. Idrobiol. (1972).
- Rebecchi, L. *et al.* "Stress response of a boreo-alpine species of tardigrade. *Borealibius zetlandicus* (Eutardigrada, Hypsibiidae)". *Journal of Limnology* 68. 1 (2009): 68.

- Romano III, F. A. "On water bears". *Florida entomologist* 86. 2 (2003): 134-137.
- Ruiz-Mirazo, K. "A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 34. 3 (2004): 323-346.
- Sallon, S., et al. "Germination, genetics, and growth of an ancient date seed". *Science*, 320. 5882 (2008) : 1464.
- Schill, R.O. *et al.* "Stress gene (hsp70) sequences and quantitative expression in *Milnesium tardigradum* (Tardigrade) during active and cryptobiotic stages". *J. Exp. Biol.* 207 (2004): 1607–1613.
- Seki, K. *et al.* "Preserving tardigrades under pressure". *Nature* 395 (1998): 853-854.
- Shen-Miller J. *et al.* "Exceptional seed longevity and robust growth: ancient sacred lotus from China". *American Journal of Botany* 82. 11 (1995): 1367.
- Strohman, R. C. "Organization becomes cause in the matter". *Nature biotechnology* 18. 6 (2000): 575-576.
- Tunnacliffe, A. & Lapinski, J. "Resurrecting Van Leeuwenhoek's rotifers: a reappraisal of the role of disaccharides in anhydrobiosis". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 358. 1438 (2003): 1755-1771.
- Watanabe, M., Kikawada, T., Minagawa, N., Yukuhiro, F. & Okuda, T. "Mechanism allowing an insect to survive complete dehydration and extreme temperatures". *Journal of Experimental Biology* 205. 18 (2002): 2799-2802.
- Wełnicz, W., Grohme, M. A., Kaczmarek, Ł., Schill, R. O. & Frohme, M. "Anhydrobiosis in tardigrades —the last decade". *Journal of insect physiology* 57. 5 (2011): 577-583.
- Whitehead, A. N., *Process and Reality: An Essay in Cosmology*. New York: Macmillan. Critical edition by D. R. Griffin and D. W. Sherbourne, New York: Macmillan, 1929.
- Woese, C. R. & Fox, G. E. "Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 74. 11 (1977): 5088-5090.
- Wright, J. C. "Cryptobiosis 300 years on from van Leuwenhoek: what have we learned about tardigrades?" *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology* 240. 3 (2001): 563-582.

IGUALDAD, COOPERACIÓN Y TERRITORIALIDAD. DE LAS BANDAS DEL PALEOLÍTICO SUPERIOR A LAS PANDILLAS CENTROAMERICANAS CONTEMPORÁNEAS^{1,2}

EQUALITY, COOPERATION AND TERRITORIALITY. FROM UPPER PALEOLITHIC BANDS TO CONTEMPORARY CENTRAL AMERICAN GANGS

Bernardo Bolaños Guerra³ & Maximiliano Martínez Bohórquez^{4,5}

RESUMEN

Las teorías que se han centrado en la represión del incesto (Freud, Levi-Strauss) o en la existencia de un contrato social (Hobbes, Rousseau) han generado mucha atención en, respectivamente, el estudio de la familia y el Estado, y muy poca en el de las pequeñas asociaciones igualitarias de varones jóvenes. En el presente ensayo, adheriremos a las teorías biológico-antropológicas de Boehm (1999; 2000a; 2009; 2012), Sterelny (2011; 2016) y Marean (2016) acerca de la evolución de la cooperación. Dichos enfoques proponen a las sanciones sociales y a la resolución de conflictos como mecanismos que condujeron, en el Paleolítico superior, a las primeras formas de organización social igualitaria realizadas por las bandas de cazadores-recolectores. Sostendremos que tales estructuras de organización social siguen presentes allí donde bandas y pandillas operan con igual o mayor importancia que otras instituciones (la familia, los cacicazgos, el Estado-Nación). Con ayuda de la extensa literatura sobre modelos ecológicos de violencia y territorialidad, mostraremos que la existencia de bandas y pandillas (desde el Pleistoceno, pasando por la Era Vikinga, hasta la crisis de violencia en Centroamérica a principios del siglo XXI) se explica en gran medida por la competencia por los recursos y es una forma paradójica de organización cooperativa.

Palabras clave: Evolución de la cooperación, subculturas juveniles, violencia, Pleistoceno.

1 Recibido: 23 de agosto de 2016. Aceptado: 11 de febrero de 2017.

2 Este artículo se debe citar así: Bolaños, Bernardo & Martínez Bohórquez, Maximiliano. "Igualdad, cooperación y territorialidad. De las bandas del paleolítico superior a las pandillas centroamericanas contemporáneas" *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 17.34 (2017): 99-116

3 Profesor investigador en la Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa. bernardobo@gmail.com

4 Profesor investigador en la Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa. mmartinez@correo.cua.uam.mx

5 Ciudad de México (México).

ABSTRACT

Theories focusing on the repression of incest (Freud, Levi-Strauss) or the social contract (Hobbes, Rousseau) have emphasized the importance of the family and the State, respectively, but have paid little attention to young men's gangs. The article aims at filling this gap in the literature by analyzing the historical formation of this type of young men's associations. Building on Boehm's (1999; 2000a; 2009; 2012), Sterelny's (2011; 2016), and Marean's (2016) biological-anthropological theories of the evolution of cooperation that contend that social sanction and conflict resolution were practices that led to the formation of early gangs of hunters-gatherers in the Upper Paleolithic period, the article argues that such structures of social organization still prevail in societies in which gangs and similar groups are as powerful, or more, than other institutions such as the family, chiefdom and even the State itself. In addition, based on ecological models of violence and territoriality, the text shows that from the Pleistocene to the Viking Ages and the Central America criminal crisis, the emergence of gangs and similar groups could be largely explained by a relative scarcity of resources, and are a paradoxical form of cooperative organization.

Keywords: Evolution of cooperation, Youth subcultures, Violence, Pleistocene.

1. INTRODUCCIÓN: DE LAS BANDAS DE CAZADORES-RECOLECTORES EN EL PALEOLÍTICO A LOS ESTADOS-NACIÓN

El estudio de la evolución de la cooperación y de los orígenes de la moralidad está sometido a una gran pluralidad metodológica y científica. Algunos autores enfatizan el papel de la empatía aunada a métodos de distribución de recursos, como causa explicativa de la evolución de la cooperación (Flack & de Waal). Otros destacan la selección de grupo (Sober & Wilson 1998; Sober & Wilson 2000; Wilson & Wilson), mientras que otros refieren a la construcción de nicho como fuente evolutiva del altruismo y la cooperación (MacKinnon & Fuentes). La teoría de juegos sirve para ofrecer modelos matemáticos de las interacciones racionales que habrían desembocado en el comportamiento moral básico (Trivers 1971; Skyrms 2000). En el presente ensayo, adheriremos a los enfoques bioantropológicos de Boehm (1999; 2000a; 2012) y Sterelny (2011; 2016) en términos de igualitarismo (supresión de gorriones *-free riders-* y machos alfa), sanciones sociales y resolución de conflictos que condujeron, en el Paleolítico superior, a las primeras formas de comportamiento moral equitativo. Sostendremos que dichas características, que corresponden a un estadio en la evolución de la moral, siguen presentes allí donde las pandillas son igual o más eficaces que las familias, las tribus, los cacicazgos o el Estado en el control de la organización social. Afirmo Boehm:

En los últimos 12 000 años, los humanos hemos incrementado la talla de nuestras comunidades sociales a partir de bandas, luego tribus agrícolas, feudos, hasta llegar a naciones, y en todos estos niveles básicamente hemos sido exitosos, bastante exitosos al resolver problemas, de tal manera que el conflicto interno no ha sido excesivamente determinante, ni nos ha jalado a todos hacia condiciones inferiores. (Boehm 2012 343-344).

Asimismo, las bandas de cazadores y recolectores del Paleolítico superior son descritas por Boehm de la siguiente manera:

En las bandas, todos comparten la misma cultura y, en un sentido importante, sus sistemas cooperativos, basados en la generosidad de reciprocidad indirecta, pueden fundamentarse en un sentido de confianza personal que subyace cualquier acción potencial del grupo como comunidad moral. Más aún, la gente es igualitaria, lo que significa que su pastel político y económico es dividido más o menos igualitariamente (Boehm 2012 348).

La igualdad en dichas asociaciones no era, evidentemente, absoluta, sino relativa con respecto a las comunidades jerarquizadas del Holoceno (Sterelny 2016). Por ejemplo, el papel de hembras y varones era distinto en la banda. Mientras que los individuos que buscaban dominar y que alcanzaron organizaciones sin divisiones jerárquicas mediante la autocontención eran varones, cazadores armados, las mujeres rara vez participaban físicamente de la represión o eliminación de machos alfa (aunque sí eran políticamente activas) (Boehm 2012 86).⁶ De la misma manera, el igualitarismo no alcanzaba a los más viejos, que eran sacrificados cuando representaban una gran carga (Boehm 2012 185). Pero eran finalmente asociaciones igualitarias en las que los cazadores jóvenes heridos recibían comida y cuidados, y las presas (al menos desde finales del Paleolítico inferior, entre 400 mil y 200 mil años atrás) eran repartidas en forma equitativa (Stiner, Barkai y Gopher). De acuerdo con Boehm, somos animales egoístas con una pequeña capacidad para el altruismo presente en nuestros genes. Esa “naturaleza humana”, como la llama él, ha producido el Estado y la familia, pero también, en un camino evolutivo, dio origen a las bandas y pandillas.

La filosofía política debe ocuparse también de estas estructuras. Mientras que muchos antropólogos enfatizan el papel del incesto como conducta desviada universal, Boehm sugiere que actuar como macho alfa hostigador y con fuerte tendencia dominante (“*alpha-type bullying behavior*”), podría corresponder

⁶ La relativa igualdad presente en estas asociaciones de hombres prehistóricos coincide en buena medida, como veremos, con las de las pandillas contemporáneas centroamericanas. En estas, la violencia contra las mujeres suele ser extrema.

al pecado original evolucionista (Boehm 2000a 97). Entre los chimpancés (*pan troglodytes*), a pesar de ser despóticos, ocurre ocasionalmente la sanción colectiva contra tales individuos dominadores: machos con o sin parentesco entre sí forman alianzas contra el macho alfa (Nishida); hembras se coaligan y manipulan ciertos comportamientos de hostigamiento de los machos (de Waal 1982; 1996). De igual manera, fue fundamental en las bandas del Paleolítico superior la vigilancia y sanción de conductas que causaban conflictos al interior del grupo (trampas en interacciones cooperativas, engaños y robos, adulterio y violación) (Boehm 2000a 85).

En la evolución que va del enfrentamiento violento permanente a los contratos sociales, la territorialidad a través de fronteras fijadas por las bandas de cazadores-recolectores, o por los pandilleros de los suburbios de las ciudades en nuestros días, corresponde a una forma brutal pero a veces fructífera de coordinación. Se suele explicar el surgimiento de dicha territorialidad a partir de la ecología del comportamiento. Los trabajos pioneros al respecto remontan a Brown desde 1964 y al estudio de Gill y Wolf publicado en 1975. Entre los animales no humanos, tales autores observaron un balance entre el tamaño del territorio y el gasto de energía necesario para defenderlo. Más territorio ofrece más alimento, pero también más esfuerzo para conservarlo. Así, los territorios son indicativos de la competencia por algún recurso. En el caso de los cazadores recolectores humanos, existen algunas particularidades. Los pueblos recolectores que explotan recursos abundantes y predecibles necesitan sólo pequeños territorios, los cuales son defendidos mediante fronteras vigiladas. Pero cuando los recursos son muy escasos, dispersos y no predecibles, hay un umbral en el que la territorialidad ya no es costeable. Los humanos recolectores que viven en estas áreas necesitarán territorios muy vastos que son más eficientemente defendidos mediante el control y limitación del acceso al grupo social (más que al territorio) (Cashdan). En resumen, no todas las bandas de cazadores-recolectores son igualmente territoriales, la diferencia puede provenir del grado de escasez y predictibilidad de los recursos.

Dicho lo anterior, es claro que algunos cazadores-recolectores humanos fueron y son territoriales y llevan a cabo la defensa de recursos naturales (Ember; Dyson-Hudson & Smith; Cashdan; Chabot y Hanowell *et al.*). En concreto, hay evidencia paleoantropológica recurrente de que hace 110 mil años los cazadores-recolectores humanos comenzaron a buscar explotar recursos densos y predecibles y que, con ello, habría surgido también la territorialidad y, quizá, esa presión selectiva habría permitido la evolución de altos niveles de cooperación (Marean).

Otro ejemplo de la relación entre bandas de jóvenes, territorialidad e igualitarismo es el de los grupos de vikingos en la Edad Media (Einarsson; Barrett). La diáspora de jóvenes escandinavos entre finales del siglo VIII y mediados del XI, conocida como la Era Vikinga, habría sido el resultado de la incursión de bandas de jóvenes armados en los territorios de reinos e imperios normandos, sajones y latinos. Las pandillas de colonos vikingos solían organizarse entre sí de manera menos autoritaria que en otras sociedades europeas, sin un liderazgo central, ni señoríos feudales, dando origen a asambleas relativamente igualitarias llamadas “*Thing*” y “*Althing*” (Byock). Como conquistadores, los vikingos terminaron negociando la paz a cambio de nuevas “marcas” y fronteras en Gran Bretaña, Normandía, Dina-”marca”, entre otros lugares. Estas de-marcaciones en Europa, que se conservan hasta nuestros días, fueron también signos de acuerdos de paz en la Edad Media.

Incluso Estados-Nación contemporáneos evitan el conflicto gracias a esa forma paradójica de cooperación que es la vigilancia y mantenimiento de sus respectivas fronteras. Las fronteras políticas son instituciones que ayudan a reducir la incertidumbre de los actores económicos y pueden disminuir la violencia (Hobbes; Simmons).

Por lo que toca a la talla de bandas prehistóricas y la de las pandillas contemporáneas, podemos encontrar importantes similitudes. Los grupos ancestrales de forrajeo tenían un tamaño de entre una docena y un centenar de miembros. Mientras que los gorilas permanecen esencialmente juntos en un harem, en cambio los chimpancés, bonobos y cazadores-recolectores humanos viven en grupos de fisión-fusión que forman continuamente subgrupos *ad hoc*, cuyo tamaño está determinado por las necesidades concretas del forrajeo (Boehm 2000b). La fisión-fusión es la flexibilidad de los individuos de la banda para dejar y retomar su subgrupo; ella otorga eficiencia en el forrajeo y en la defensa de los recursos de la banda entera, así como la posibilidad de encontrar pareja más allá del subgrupo, pero dentro de la banda. Las pandillas juveniles contemporáneas que están formadas por más de 100 miembros son territoriales y contienen subgrupos por edad o barrio. En cambio, las pandillas “compactas” con menos de 50 miembros pueden reivindicar o no un área específica como propia (Klein & Maxson). La talla del grupo se relaciona claramente con el igualitarismo porque en las pandillas formadas por miles de miembros aparecen complejas formas de coordinación semi-jerárquica (miembros activos de mayor edad dan algunas órdenes o nombran a jefes locales, incluso desde otra ciudad o desde la prisión), no así en las pandillas más pequeñas. De manera análoga a la fisión-fusión, los miembros de las “clicas” o subgrupos de las grandes pandillas tienen lazos de solidaridad

y amistad con los de otras “clicas” de la misma pandilla. Un pandillero de Chicago sabe que, en caso de mudarse de ciudad, tiene camaradas que lo acojan en Nueva York (Venkatesh).

Podríamos seguir citando ejemplos de territorialidad, pero en este texto nos concentraremos en el caso de las pandillas juveniles contemporáneas, en particular las centroamericanas, y solo enfatizaremos que en todos los casos mencionados resultan fundamentales como causas del tipo de organización igualitaria alcanzado por tales bandas: el tamaño del grupo, un modo de subsistencia no principalmente agrícola (son más bien cazadores recolectores o poblaciones urbanas), la neutralización de gorriones y machos alfa y, finalmente, la competencia por recursos.

2. LAS PANDILLAS SEGÚN LA SOCIOLOGÍA

En esta sección abordamos brevemente las principales teorías sociológicas que intentan explicar el surgimiento de las pandillas juveniles contemporáneas, para mostrar la importancia que pueden tener los aportes que provienen de la literatura sobre evolución de la cooperación, como la arriba mencionada. La sociología ha considerado tradicionalmente que la violencia pandilleril es una conducta de grupo desviada que produce pérdidas importantes a la colectividad. En el caso de las actuales sociedades del Triángulo Norte de Centroamérica (Honduras, Guatemala y El Salvador) se atribuye a las pandillas (“maras”) gran parte de la responsabilidad en los altos índices de violencia. Honduras y El Salvador fueron los países más violentos del mundo en 2015 y 2016 en términos del número de homicidios en proporción a la población. Estas pandillas se consolidaron luego de la guerra civil de los ochenta en El Salvador y de la deportación de jóvenes centroamericanos residentes en Los Ángeles.

¿Por qué surgieron? Las primeras tentativas de explicación de la delincuencia juvenil, más allá de Centroamérica, acudieron a los conceptos de anomia, aislamiento social y ausencia de control social. Tomada originalmente de la teoría de Durkheim, la anomia ha sido entendida como la desviación ante el miedo, la frustración de expectativas y la presión social para adquirir los símbolos del éxito material en nuestras sociedades, tales como electrodomésticos, automóviles y ropa (Merton). Pero el consumismo como motivación debe ser excluido como explicación en el fenómeno pandilleril centroamericano, pues este está caracterizado más bien por la escasez y pobreza. Se ha encontrado una correlación estadística entre migración, violencia e inseguridad alimentaria. (LSE-OIT-FAO) Por lo tanto, debemos recurrir a una teoría distinta a la de Merton y al consumismo para explicar el surgimiento de las pandillas centroamericanas.

En los años sesenta, Hirschi trató de explicar la criminalidad entre jóvenes postulando la ausencia de vínculos familiares, comunitarios e institucionales que conforman el control social (Hirschi). Esta explicación sí es relevante en el caso de las grandes maras centroamericanas, la Mara Salvatrucha y el Barrio 18, fundadas por jóvenes pandilleros deportados en los noventa desde Los Ángeles, California, luego de las *revueltas de Rodney King* (Rodgers). Tales individuos fueron desarraigados violentamente de su entorno y sus vínculos sociales destruidos. Esta explicación resulta relevante si buscamos una causa que detone la fundación de maras, pero también es cierto que desatiende los factores contextuales que permitieron su proliferación y consolidación (como los que aquí nos ocupan).

Más recientemente, la teoría social ha recurrido a la categoría de “subcultura juvenil”. Esta puede ser vista como una alternativa al concepto individualista de “anomia” usado por Merton.

Merton no tuvo en cuenta la importancia de las subculturas en el mantenimiento de la conducta desviada. Si todas las personas de clase obrera baja están en situación de sufrir tensión social y anomia, ¿por qué no todos recurren al delito adquisitivo? La formación de las bandas y las subculturas desviadas ayudan a explicar este hecho, puesto que la mayoría de las personas que pertenecen a esta fracción de clase no comete delitos, pero los que sí lo hacen se suelen unir para legitimar sus acciones desviadas. (Giddens & Sutton 266).

El libro pionero de Stanley Cohen, *Demonios populares y pánico moral. La creación de los mods y los rockers*, de 1972, acerca de las subculturas juveniles, se centraba ya en “las pandillas”, en este caso en el Reino Unido, y trataba de mostrar su artificialidad y construcción social. Cohen afirma que los violentos enfrentamientos de las tribus urbanas de los *mods* y los *rockers* comenzaron en realidad como una invención de la prensa. Tales jóvenes ni siquiera poseían identidades contrastantes y, a raíz de una disputa menor, la exageración de su rivalidad sirvió de pretexto para que la sociedad británica desahogara sus pulsiones conservadoras y exigiera la aplicación de normas más estrictas. Peor aún, la histeria colectiva (*social panic*) se tradujo en profecía autocumplida, pues las etiquetas atribuidas a cada pandilla fueron en última instancia adoptadas por estas. Si antes de los enfrentamientos de 1964 en la ciudad de Clacton no existían claramente los *mods*, ni los *rockers*, ambos llegaron a ser identidades muy sólidas (Cohen). La fabricación de identidades sociales a través de interacciones simbólicas ha sido confirmada en otros estudios y se podría quizá resumir en los siguientes pasos: comienza con el etiquetado de un grupo de personas, seguido del estudio del fenómeno por parte de autoridades para controlarlo, la creación de normas y clasificaciones legales, la

medicalización y criminalización de la desviación, luego la normalización de las conductas (el sujeto imita al estereotipo) y, por último, la auto-identificación de las personas con las etiquetas (“yo soy *rocker*”, “soy Barrio 18”) (Hacking 1986; 2004). Enumerando las anteriores etapas, Hacking enfatiza el nicho ecológico como condición de posibilidad de todas ellas. Coincidimos con este autor, desde nuestro enfoque bioantropológico, en que las condiciones precarias del entorno resultan fundamentales a la hora de explicar el fenómeno sociocultural de las bandas.

Ahora bien, más allá de la descripción anterior que hace la sociología clásica basada en interacciones simbólicas de etiquetado, pánico moral y control social, existe evidencia reciente de una especie de función de las pandillas (Klein & Maxson; Brantingham *et al.*; Martínez). Se ha observado que la función de algunas pandillas juveniles contemporáneas, desde Los Ángeles hasta Centroamérica, es repartirse el territorio para coordinar el aprovechamiento de recursos relativamente escasos y optimizar el uso de la violencia social. Ya hemos mencionado que el descubrimiento de esta función remonta a discusiones sobre ecología de los animales recolectores desde los años sesenta del siglo xx. Asimismo, la teoría de juegos de coordinación ha mostrado que existen interacciones sociales, descritas como equilibrios de Nash, que benefician a todos los actores; por ejemplo, allí donde la circulación de automóviles es ordenada por señales de tránsito para evitar los choques o donde existe la caza cooperativa de grandes presas (cuando la coordinación de cazadores es más redituable que la persecución individual de pequeñas presas). Si tales explicaciones aspiran a describir la racionalidad del “contrato social” (Binmore), con mayor razón pueden emplearse para dar cuenta de fronteras territoriales entendidas como instrumentos de coordinación entre grupos que compiten por recursos (cazadores-recolectores, grupos marginados en las periferias de las ciudades). La territorialidad reduce la violencia en el mismo grado en el que reduce los encuentros físicos entre competidores (una vez repartido el territorio, es menos probable que un vecino de San Salvador vaya a vender comida, drogas o extorsione a comerciantes en el barrio “contrario”). Desde luego, desde la prehistoria, el control de los territorios con recursos abundantes y predecibles siguen siendo causa de conflictos territoriales. Si el fenómeno de la territorialidad de las pandillas, motivado por la competencia por los recursos, es observado en Los Ángeles, ciudad del norte desarrollado, existe también en contextos de gran inseguridad alimentaria. En estos casos, la artificialidad original de las pandillas no impide que se conviertan en instituciones informales encargadas de defender el territorio. En una forma similar, Sterelny (2016) cree que los forrajeros del fin del Pleistoceno se dedicaban al aprovechamiento de sus propios territorios en vez de buscar la dominación de otras bandas mediante enfrentamientos permanentes, como mejor estrategia dada una cierta cantidad de recursos (pero ver Bowles & Gintis).

La Mara Salvatrucha y el Barrio 18 son dos grandes redes de clicas (pandillas de barrio) insertas en comunidades. Martínez describe de la siguiente manera el paisaje que resulta de la competencia territorial entre ambas en la ciudad de San Salvador: “Si aquí alguien pintara las fronteras entre una y otra pandilla, desde el aire se vería como un rompecabezas de piezas pequeñas. Un anillo de colonias demarcadas por fronteras invisibles rodeado por otro anillo de colonias iguales” (Martínez). Los jóvenes que integran estas bandas no son extranjeros a esas comunidades, son los hijos de los habitantes de ellas (muchos fundadores llegaron deportados de Estados Unidos, pero hoy las clicas son claramente locales, barriales) (Valenzuela 59). Cada mara es coordinada parcialmente desde la cárcel por los decanos pandilleros (especie de para-burocracia). Por ejemplo, puede ordenarse a los sicarios de un barrio que liquiden a un obrero que está cortejando a la esposa de un pandillero preso (Martínez d’Aubuisson). Pero, más allá de estos casos excepcionales, las maras no son estructuras piramidales sino redes de clicas, relativamente igualitarias entre los varones jóvenes que las integran (las mujeres, en cambio, están dominadas y son víctimas de violencia). Las *clicas* no están organizadas verticalmente, como veremos enseguida. No son crimen organizado en el mismo sentido que los grandes cárteles de la droga y la mafia, estructuras claramente jerárquicas.

Las pandillas conservan un sentido informal de la justicia, pues explican su conducta violenta como una forma excepcional de defensa y retribución (Matza & Sykes). Por ejemplo, si la clica Guanacos Criminals Salvatrucha dispara a un grupo de personas, provocando una masacre, arguye que es porque el grupo rival perteneciente a la mara Barrio 18 mató antes al chofer X. El grupo rival, a su vez, quema una “buzeta” con decenas de personas dentro en represalia, en lo que constituye una horrible espiral de violencia ritualizada. Lo brutal de estas situaciones no debe eclipsar el hecho de que correspondan a rompimientos esporádicos del equilibrio alcanzado con la distribución de territorios (aunque durante estos rompimientos se alcancen niveles de violencia terribles). Por ello resulta relevante que Matza y Sykes, así como Matza, hayan identificado en los pandilleros la presencia de valores morales tradicionales acompañados de “técnicas de neutralización”, es decir, narrativas para tratar de “justificar” la transgresión de ellos. Por lo tanto, el concepto de “subcultura juvenil” y el de “identidad colectiva” que lo acompaña no deben llevarnos a concebir a los pandilleros como personas ajenas a los valores colectivos. Hacerlo nos ha alejado durante mucho tiempo de una explicación en términos estructuralistas, funcionales y evolucionistas. Del mismo modo en que sería absurdo para un antropólogo como Boehm considerar a las bandas de cazadores-recolectores como desviadas y extranjeras a los valores colectivos de las

comunidades del Paleolítico, resulta sospechoso que estructuras sociales tan representativas de algunos barrios centroamericanos sean estudiadas aparte de los valores de dichos barrios. Más aún, los conceptos de “subcultura juvenil” e “identidad colectiva”, tan importantes en el estudio de las pandillas, son compatibles con la hipótesis de coordinación territorial a través de pequeñas asociaciones igualitarias de jóvenes insertadas en nichos donde predomina la competencia por los recursos. Ciertamente, la explicación clásica que apela a la “subcultura juvenil” es interaccionista y simbólica, mientras que la que aquí nos acogemos es de carácter evolucionista o, si se quiere, socioambiental. Pero los testimonios que citaremos y la teoría muestran que la violencia pandilleril no es una desviación gratuita, cínica y meramente simbólica, sino una práctica ritualizada, frecuentemente brutal, donde el rencor, la venganza y el deseo de respeto son emociones asociadas; el violento es el “loco” y el más “loco” es más respetado (Decker; Goold & Young).

3. LAS PEQUEÑAS ASOCIACIONES HUMANAS IGUALITARIAS Y LA COMPETENCIA POR LOS RECURSOS

Los conceptos de “subcultura juvenil” e “identidad colectiva” han sido centrales en el estudio sociológico y antropológico de las pandillas juveniles, como acabamos de ver. Un tercer concepto teórico, el de “conductas desviadas” asociadas a dichas pandillas, ha eclipsado el estudio de su función como mecanismos de distribución no estatal del territorio (y distribución de recursos a través de este). No negamos la gran violencia y dolor humano que emanan de los enfrentamientos entre “clicas” y las agresiones de estas a la sociedad, pero afirmamos que el repudiar estos no debe eximirnos del análisis estructural, funcional y evolutivo de dichas organizaciones.

Como hemos señalado, las bandas prehistóricas de cazadores-recolectores tenían un carácter igualitario, el cual también ha sido observado en las pandillas juveniles en general, no siendo las centroamericanas una excepción. La mayoría de las pandillas contemporáneas en el mundo no tienen un liderazgo claro y la cadena de mando en ellas es horizontal (Decker et al.; Klein & Maxson). Aunque las pandillas centroamericanas tengan una cierta estructura piramidal (con “postes” o vigilantes, palabreros, gatilleros, etc.), se trata más propiamente de una división de funciones. Estas agrupaciones “utilizan el ejercicio de las violencias sociales a fin de alcanzar la equidad o llevar a cabo cierta nivelación social” y toman las decisiones grupales “en colectivo (democráticamente), a lo que ellos denominan ‘hacer la rueda’, ‘la ronda’ o ‘el mitin.’” (Nateras 96). En una forma de organización opuesta a la gerontocracia (que quizá debamos llamar efebocracia), tener mayor edad en la pandilla incluso puede implicar una pérdida de influencia:

Los ‘calmados o pasivos’ son por lo regular pandilleros o de la mara que ya son *batos* grandes y que han obtenido la ‘dispensa’ o ‘el pase’, es decir, siguen reconociéndose como tales y no se salen de la clicca; sin embargo, ya no están obligados ni tampoco implicados en participar en los actos ilegales o de involucrarse en situaciones de violencia e incluso renuncian a consumir drogas (Nateras 101).

De manera equivalente a la represión violenta de los gorriones (*free riders*) en las bandas del Paleolítico superior, en las “clicas” existen purgas internas que llegan a la ejecución (Nateras 104). Así, la pandilla puede llegar a ser una alternativa a la familia nuclear o ampliada. No porque esta última desaparezca, sino porque la primera es preponderante. Eso se observa en los testimonios de pandilleros que en ocasiones anteponen la fidelidad al grupo frente a la vida de familiares (tolerancia a la ejecución de un hermano “traidor”), que siendo mujeres mantienen relaciones sexuales con diferentes varones de la pandilla sin formar una familia nuclear (Yablonsky; Miller) o que crían a sus hijos dentro la banda porque el padre de estos está en la cárcel (Sanders, Lankenau *et al.*). El hecho de interpretar esas prácticas como situaciones desesperadas producto de la marginación, a veces asociadas a la adicción a drogas, y como formas no consensuales de victimizar a las mujeres (Moore *et al.*), no contradice nuestra tesis. Al contrario, pues postulamos que la preponderancia de estas asociaciones es debido al contexto de escasez relativa y competencia por los recursos (acceso a servicios públicos insuficientes ubicados en el territorio controlado y explotación de oportunidades en general que pueden ser, por ejemplo, un mercado exclusivo de venta de droga o de extorsión de comercios). Del mismo modo sería posible afirmar que la familia tradicional en muchas sociedades está sustentada en matrimonios que poco tienen que ver con el libre consentimiento y, sin embargo, eso no refuta el papel de la familia como estructura social.

Las teorías biológico-antropológicas de Boehm y Sterelny también contraponen explícitamente la familia a las bandas en la prehistoria. El primero observa que “desde el punto de vista demográfico, maridos y esposas con sus dependientes forman unidades sociales mucho más permanentes, mientras la composición de las bandas tiende a cambiar considerablemente con el tiempo” (Boehm 1999 231). Esta última diferencia explica quizá por qué la cooperación social tradicional fundada en la familia es un fenómeno mucho más extendido que el de sociedades determinadas por la territorialidad de los varones jóvenes. Dicho eso, incluso en nuestro actual mundo urbano industrializado existe un número significativo de pandillas juveniles en China, Rusia, Brasil, Estados Unidos, entre muchos otros países.

Boehm (1999) también recomienda no descartar el papel de la territorialidad en la competencia por los recursos naturales, como explicación del surgimiento de grados de altruismo. Como vimos, la competencia por los territorios abundantes y con recursos previsibles fue importante para el surgimiento de las bandas igualitarias del Paleolítico superior (Marean). En otras palabras, así como no debe desatenderse el contexto socioambiental en el estudio de las bandas de cazadores recolectores prehistóricas, tampoco se debe obviar la vulnerabilidad ambiental y social del fenómeno de las pandillas centroamericanas. Respecto a esto último, leemos en un reciente *Atlas de suelos*:

La sequía, la erosión del suelo, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad y la reducción a niveles críticos de recursos como el agua, han sido determinantes en la falta de sostenibilidad económica y ambiental especialmente en sistemas productivos. Estos efectos también están asociados a la pobreza: se considera que el 71% de la población de Honduras vive por debajo del umbral de pobreza (Gardi *et al.* 131)

En las etnografías, reportajes y entrevistas con pandilleros del triángulo norte es recurrente la referencia al hambre cotidiana y a la solidaridad del grupo frente a esta:

Si no tenemos nada, no tenemos nada ¿Me entiendes, va? y si tenemos, órale, y si un carnal de nosotros tiene, órale, y si nadie tiene, pues nadie tiene ¿Me entiendes, va? Si come uno comemos todos ¿me entiendes, va? (Hinton).

Dicha solidaridad es quizá la prueba más clara del igualitarismo de las pandillas. Las letras de las canciones de *rap* que han compuesto y escuchan los jóvenes pandilleros centroamericanos en las últimas décadas también contienen testimonios de la inseguridad alimentaria y la igualdad. Los tatuajes y el *rap* no son rasgos esenciales de las maras centroamericanas, son fenómenos culturales que pueden cambiar y que de hecho cambian, pero eso no hace de ellos signos menos útiles para ayudar a comprender un tiempo y lugar determinados (Jacky). Revisamos las “líricas clandestinas”, como las llama el famoso rapero “El travieso”. Este canta acerca de los enfrentamientos con la policía, de la rivalidad con otras pandillas, de la igualdad en el grupo y del hambre, entre otros tropos recurrentes. Así, en la canción *Testimonio de la calle* oímos una detallada descripción de la solidaridad de grupo (“Primero me matan antes que hable de mi mara”) y de la migración económica de una parte de la familia (“mi madre en otra tierra para que no pase hambre”). O bien, en la canción *No existe confiansa* (sic), vuelve a aparecer la solidaridad interna como razón de ser de la *clica*, asociada siempre a la escasez: (“todos comemos de la misma tortilla [...] no todo en la vida es abundancia”).

Podríamos multiplicar las referencias a la inseguridad alimentaria, la igualdad de grupo y la territorialidad constatada por las fuentes cualitativas que estudian a las pandillas centroamericanas. Pero una reconstrucción etnográfica detallada está fuera de los objetivos más teóricos del presente trabajo.

4. CONCLUSIÓN

La intención de este ensayo no ha sido equiparar a las pandillas centroamericanas con las bandas de cazadores del Paleolítico superior para ilustrar un supuesto “primitivismo” de las primeras. La Mara Salvatrucha y el Barrio 18 son, al contrario, complejas estructuras sociales del siglo XXI que se explican por la mezcla del transnacionalismo (en forma de flujo cultural a través de los jóvenes migrantes deportados de Los Angeles) y la pobreza extrema. Además, las bandas del Paleolítico superior y las pandillas centroamericanas difieren en sus formas de movilidad (solo eran nómadas las prehistóricas, aunque progresivamente asociadas a la competencia por permanecer en los territorios con recursos abundantes y previsibles). En realidad, las pandillas territoriales no solo han existido en el Paleolítico superior y hoy en el capitalismo global, sino a todo lo largo de la historia (por ello, a manera de ilustración, hemos evocado brevemente un tercer caso: el de bandas de jóvenes normandos en el medioevo, en sociedades sometidas a climas extremos). A pesar de esa evidencia, las influentes teorías que se han centrado en la represión del incesto o en la existencia de un contrato social han generado mucha atención en, respectivamente, el estudio de la familia y del Estado y muy poco interés en las pequeñas asociaciones igualitarias de varones jóvenes. Y, sin embargo, es en estas últimas donde la reciprocidad y la empatía (más allá de lazos de parentesco) pueden ser mejor observadas.

El igualitarismo está implícito en el mito fundador de la banda: la represión al macho alfa hostigador. El altruismo que los teóricos del contrato social presuponían en abstracto es un hecho antropológico constatado en dichas asociaciones desde el Paleolítico superior hasta nuestros días. Las propuestas de Boehm y Sterelny, en líneas generales, nos han servido como modelos teóricos de la “naturaleza humana” y del entorno ecológico y social que permiten explicar la emergencia de importantes estructuras sociales distintas a la familia y al Estado-Nación, caracterizadas por la territorialidad y el igualitarismo, en situación de competencia por los recursos. Que bandas o pandillas logren fijar sus fronteras es, en algunos casos, un acuerdo que reduce la violencia (aunque ello suele obtenerse con violencia previa). Este enfoque nos permite confirmar, con Brantingham *et al.*, que al establecerse las fronteras entre las pandillas se alcanza, paradójicamente, una forma de equilibrio por fuera del Estado para reducir la guerra de pandillas por la supervivencia.

TRABAJO CITADOS

- Barrett, James H. "What caused the Viking age?" *Antiquity* 82. 317 (2008): 671-685.
- Binmore, Kenneth George. *Game theory and the social contract: just playing*. Vol. 2. Cambridge: MIT press, 1998.
- Boehm, Christopher. "The natural selection of altruistic traits" *Human Nature* 10.3 (1999): 205-252.
- _____. "The origin of morality as social control" *Journal of Consciousness Studies* 7.1/2 (2000a): 149-184.
- _____. *Interactions of Culture and Natural Selection in the Upper Paleolithic*. California: University of Southern California, 2000b.
- _____. *Hierarchy in the forest: The evolution of egalitarian behavior*. Cambridge: Harvard University Press, 2009.
- _____. *Moral origins: The evolution of virtue, altruism, and shame*. Nueva York: Basic Books, 2012.
- Bowles, Sam & Herbert Gintis. *A Cooperative Species: Human Reciprocity and Its Evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2011.
- Brantingham, P. Jeffrey, et al. "The Ecology of Gang Territorial Boundaries" *Criminology* 50.3 (2012): 851-885.
- Brown, Jerram L. "The evolution of diversity in avian territorial systems" *The Wilson Bulletin* (1964): 160-169.
- Byock, Jesse L. "Governmental Order in Early Medieval Iceland" *Viator* 17 (1986): 19-34.
- Cashdan, Elizabeth, et al. "Territoriality among human foragers: ecological models and an application to four Bushman groups [and Comments and Reply]" *Current Anthropology* (1983): 47-66.
- Chabot-Hanowell, Benjamin & Eric Alden Smith. "Territorial and Nonterritorial Routes to Power: Reconciling Evolutionary Ecological, Social Agency, and Historicist Approaches" *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 22.1 (2012): 72-86.
- Cohen, Stanley. *Folk Devils and Moral Panics. The creation of the Mods and Rockers*. Londres y Nueva York: Routledge, 2011.
- Decker, Scott H. "Collective and normative features of gang violence" *Justice Quarterly* 13.2 (1996): 243-264.

- Decker, Scott H., Charles M. Katz & Vincent J. Webb. "Understanding the black box of gang organization: Implications for involvement in violent crime, drug sales, and violent victimization" *Crime & Delinquency* 54.1 (2008): 153-172.
- Dyson-Hudson, Rada & Eric Alden Smith. "Human territoriality: an ecological reassessment" *American Anthropologist* 80.1 (1978): 21-41.
- Einarsson, Árni. "Viking Age Fences and Early Settlement Dynamics in Iceland" *Journal of the North Atlantic* 27 (2015): 1-21.
- Flack, Jessica C., & Frans De Waal. "'Any animal whatever'. Darwinian building blocks of morality in monkeys and apes" *Journal of Consciousness Studies* 7.1-2 (2000): 1-29.
- Freud, Sigmund. *Totem und Tabu: einige Übereinstimmungen im Seelenleben der Wilden und der Neurotiker*. Fischer, [1913] 1969.
- Gardi, C.; Angelini, M.; Barceló, S. *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxemburgo: Comisión Europea, 2014.
- Giddens, Anthony & Sutton, Philip W. *Conceptos esenciales de sociología*. Madrid: Alianza editorial, 2014.
- Gill, Frank B. & Larry L. Wolf. "Economics of feeding territoriality in the golden-winged sunbird" *Ecology* 56.2 (1975): 333-345.
- Goold, Benjamin J., & Richard Patrick Young. "Restorative police cautioning in Aylesbury—from degrading to reintegrative shaming ceremonies?" *Criminal Law Review* (1999): 126-138.
- Hacking, Ian. "Between Michel Foucault and Erving Goffman: between discourse in the abstract and face-to-face interaction" *Economy and society* 33.3 (2004): 277-302.
- _____. "Making up people" En Heller Thomas C., Sosna Morton & Wellbery David E. (Eds.), *Reconstructing Individualism: Autonomy, Individuality, and the Self in Western Thought* (1986): 222-236.
- Hinton, Adam. "MS-13" Video en línea. Vimeo. Vimeo, 30 de agosto del 2015. 10 de junio de 2016.
- Hirschi, Travis. *Causes of Delinquency*. Berkeley: University of California Press, 1969.
- Hobbes, Thomas. *Leviatán o la materia, forma y poder de una república, eclesiástica y civil: Thomas Hobbes*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, [1651] 1994.

- Ember, Carol R. "Myths about hunter-gatherers" *Ethnology* 17.4 (1978): 439-448.
- Jacky, Alejandro. "Hip Hop is not Dead: The Emergence of Mara Salvatrucha Rap as a form of MS-13 Expressive Culture" *Revista de estudios culturales latinoamericanos* 1.2 (2014): 1-19.
- Klein, Malcolm W. & Cheryl L. Maxson. *Street gang patterns and policies*. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- Lévi-Strauss, Claude. *Les structures élémentaires de la parenté*. París: Presses Universitaires de France, 1949.
- LSE-OIT-FAO, *Hunger without borders. The hidden links between Food Insecurity, Violence and Migration in the Northern Triangle of Central America. An exploratory study*. Londres: LSE-OIT-FAO, (2015).
- MacKinnon, Katherine C. & Agustín Fuentes. "Primates, niche construction, and social complexity: The roles of social cooperation and altruism" *Origins of altruism and cooperation*. Nueva York: Springer (2011): 121-143.
- Marean, Curtis W. "The transition to foraging for dense and predictable resources and its impact on the evolution of modern humans" *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371.1698 (2016): 1-12.
- Martínez D'Aubuisson, Juan José. *Ver, oír y callar. Un año con la Mara Salvatrucha 13*. Logroño: Pepitas de calabaza (Ed.), 2015.
- Martínez, Óscar. "Los salvadoreños cruzan fronteras de guerra a diario" *Sala negra*. 4 de enero del 2016.
- Matza, David, & Gresham M. Sykes. "Juvenile delinquency and subterranean values" *American sociological review* (1961): 712-719.
- _____. *Delinquency and Drift*. New York: John Wiley, 1964.
- Merton, Robert K. "Social structure and anomie" *American sociological review* 3.5 (1938): 672-682.
- Miller, Jody. *One of the guys: Girls, gangs, and gender*. New York: Oxford University Press, 2001.
- Moore, Joan; James Diego Vigil & Josh Levy. "Huisas of the street: Chicana gang members" *Latino Studies Journal*. 6.1 (1995): 27-48.
- Nateras Domínguez, Alfredo. "Maras y pandillas: Barrios juveniles, más allá de las fronteras culturales" En Valenzuela Arce, José Manuel (coordinador),

- Tropeles juveniles. Culturas e identidades (trans)fronterizas*. Monterrey: El Colegio de la Frontera Norte- UANL (2014): 85-118.
- Nishida, Toshisada. "Alpha status and agonistic alliance in wild chimpanzees (Pan troglodytes schweinfurthii)" *Primates* 24.3 (1983): 318-336.
- Rodgers, Dennis. "Slum wars of the 21st century: gangs, mano dura and the new urban geography of conflict in Central America" *Development and Change* 40.5 (2009): 949-976.
- Rousseau, Jean Jacques. *Du contrat social*. París: Seuil, [1762] 1977.
- Sanders, Bill, Stephen E. Lankenau & Jennifer Jackson-Bloom. "Risky sexual behaviors among a sample of gang-identified youth in Los Angeles" *The Journal of Equity in Health* 2.1 (2009): 61-71.
- Simmons, Beth A. "Rules over real estate: trade, territorial conflict, and international borders as institution" *Journal of Conflict Resolution* 49.6 (2005): 823-848.
- Skyrms, Brian. "Game theory, rationality and evolution of the social contract" *Journal of Consciousness Studies* 7.1-2 (2000): 269-284.
- Sober, Elliott & David Sloan Wilson. "Summary of: 'Unto others. The evolution and psychology of unselfish behavior'" *Journal of Consciousness Studies* 7.1-2 (2000): 185-206.
- _____. *Unto others: the evolution of altruism*. Cambridge: Harvard University, 1998.
- Sterelny, Kim. "From hominins to humans: how sapiens became behaviourally modern" *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366.1566 (2011): 809-822.
- _____. "Cooperation, culture, and conflict" *The British Journal for the Philosophy of Science* 67.1 (2016): 31-58.
- Stiner, Mary C., Ran Barkai & Avi Gopher. "Cooperative hunting and meat sharing 400–200 kya at Qesem Cave, Israel" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106.32 (2009): 13207-13212.
- Trivers, Robert L. "The evolution of reciprocal altruism" *Quarterly review of biology* (1971): 35-57.
- Valenzuela, José Manuel. "La mara es mi familia" En Valenzuela, José Manuel, A. Nateras & R. Reguillo (coordinadores), *Las maras. Identidades juveniles al límite*. Ciudad de México: UAM, Colegio de la Frontera Norte, Juan Pablos, 2013. 33-61.

- Venkatesh, Sudhir Alladi. *Gang leader for a day: A rogue sociologist takes to the streets*. Nueva York: The Penguin Press, 2008.
- De Waal, Frans. *Chimpanzee Politics: Power and Sex Among Apes*. New York: Harper and Row, 1982.
- _____. *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals*. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- Wilson, David Sloan & Edward O. Wilson. "Evolution "for the Good of the Group": The process known as group selection was once accepted unthinkingly, then was widely discredited; it's time for a more discriminating assessment" *American Scientist* 96.5 (2008): 380-389.
- Yablonsky, Lewis. *Gangsters: 50 Years of Madness, Drugs, and Death on the Streets of America*. Nueva York: NYU Press, 1997.

EL RESPONSABILISMO EPISTÉMICO EN LA ANALOGÍA ETNOARQUEOLÓGICA: APROXIMACIONES A UNA TEORÍA DE LA JUSTIFICACIÓN PARA LA PRÁCTICA ARQUEOLÓGICA EN MÉXICO^{1,2}

EPISTEMIC RESPONSIBILITY IN ETHNOARCHAEOLOGICAL ANALOGY: APPROACHES TO A THEORY OF JUSTIFICATION FOR ARCHAEOLOGICAL PRACTICE IN MEXICO

J. Alfredo Robles Zamora^{3,4,5}

RESUMEN

En el artículo se defiende que si se acepta la superación entre fundacionismo y coherentismo que plantea Ernest Sosa y se sostiene una teoría de la justificación epistémica basada en el ejercicio de virtudes intelectuales, esta no es condición suficiente para usar el razonamiento analógico en la investigación arqueológica. Por ende, aunque se puede sostener su necesidad para utilizar la analogía, no es suficiente a menos que se recurra a la virtud de la responsabilidad (Code) como eje de la justificación epistémica. Finalmente se discute su viabilidad e importancia para el caso de la arqueología en México.

Palabras clave: justificación epistémica, analogía, responsabilidad, virtud, arqueología.

ABSTRACT

It is argued that if the overcoming between foundationalism and coherentism proposed by Ernest Sosa is accepted, and a theory of epistemic justification based on the exercise of intellectual virtues is sustained, this is not a sufficient condition for the use of analogical reasoning in archaeological research, therefore, although it can be argued the need for the present case, it is not enough unless otherwise directed recourse to the virtue of responsibility (Code) as the axis of epistemic justification. Finally its viability and importance in the case of archeology in Mexico is discussed.

Keywords: epistemic justification, analogy, responsibility, virtue, archaeology.

1 Recibido: 13 de julio de 2016. Aceptado: 10 de octubre de 2016.

2 Este artículo se debe citar así: Robles Zamora, Alfredo. "El responsabilismo epistémico en la etnoarqueología: aproximaciones a una teoría de la justificación para la práctica arqueológica en México". *Rev. Colom. Filos. Cienc.* 17.34 (2017). 117- 136.

3 Posgrado de Filosofía de la Ciencia, UNAM. Correo electrónico: jorge_robles@enah.edu.mx.

4 Proyecto en Filosofía de la ciencia, lógica y epistemología – Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM-Cuautepec); Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH).

5 Ciudad de México, México.

1. INTRODUCCIÓN

En las siguientes páginas defenderé este argumento: dado que existe por lo menos un caso en el cual la justificación basada en criterios fundacionistas o coherentistas no brinda condiciones suficientes para la justificación epistémica del conocimiento que se alcanza por medio del uso del razonamiento analógico en la investigación arqueológica, es cierto que hay que recurrir a aspectos no epistémicos como el ejercicio de virtudes intelectuales para la justificación. No obstante, es condición necesaria que la justificación para la problemática que se planteará sea el ejercicio de la responsabilidad epistémica.

Para mi defensa, en primer lugar, expondré las problemáticas que afrontan las teorías del coherentismo y del fundacionismo al querer justificar el conocimiento obtenido por el uso de la analogía en la práctica arqueológica. A partir de estos problemas mostraré que, por lo menos para el uso de la analogía, y concordando con Ernest Sosa, parece ser necesaria una justificación epistémica que se alcance por medio del ejercicio de virtudes intelectuales. Sin embargo, el ejercicio de cualquier virtud intelectual, aunque necesario, no es condición suficiente para resolver el problema de la justificación del conocimiento obtenido por analogía, a menos que, como lo ha señalado Lorraine Code, se recurra a la responsabilidad como la virtud central dentro de la justificación epistémica.

En segundo lugar, expondré los argumentos más pertinentes de Sosa para entender en qué consiste la disputa entre fundacionismo y coherentismo en relación con el problema planteado. A partir de estos argumentos, espero mostrar que el problema expuesto no puede resolverse satisfactoriamente recurriendo a alguna de las dos alternativas en cuestión y, por tanto, es necesario acudir a otros criterios, a saber: el ejercicio de virtudes intelectuales para alcanzar una justificación del conocimiento que se requiere para el uso de la analogía en la práctica arqueológica.

En la práctica arqueológica, a partir de la evidencia material que han dejado culturas desaparecidas y a la observación de sociedades vivas que comparten con sociedades pretéritas elementos semejantes, se utilizan analogías que permiten adquirir nueva información que no puede ser inferida únicamente con base en la evidencia arqueológica. Con la exposición de las problemáticas que afronta la justificación epistémica del uso de la analogía, se busca mostrar que: (a) el argumento final de Sosa en “La balsa y la pirámide” acierta en indicar la necesidad de superar la dicotomía planteada entre el fundacionismo y el coherentismo; (b) aun aceptando el reto presentado con respecto a la justificación epistémica a partir de la práctica de virtudes intelectuales, no se

resuelve el problema de la justificación que se plantea y, por ende, existe por lo menos un caso en el que aunque necesaria, no es suficiente la justificación propuesta por Sosa si no se recurre a la responsabilidad como la virtud central para la justificación epistémica.

Durante dos mil años se consideró que el *conocimiento* constaba de tres partes fundamentales, esto es, todo conocimiento⁶, si realmente lo era, debía cumplir tres requisitos que eran necesarios y suficientes:

1. El conocimiento es una creencia.
S cree que P
2. El conocimiento es una creencia verdadera.
P es verdadera
3. El conocimiento es una creencia verdadera justificada.
P está justificada para S en evidencias o razones

A este análisis se le conoce como el *análisis tripartito del conocimiento*, y se debe, en principio, a los argumentos presentados en el *Teeteto* de Platón (151d-210b), en donde Sócrates rechaza las definiciones que Teeteto ofrece para definir qué es saber (επιστεμε). Dados estos tres requisitos, el conocimiento se caracterizó por ser una *creencia verdadera y justificada*. Sin embargo, en 1963 el filósofo Edmund Gettier expuso una serie contraejemplos que muestran que el tercer requisito, el que una creencia esté justificada en evidencia o razones, no ofrece condiciones suficientes para la definición de conocimiento. Él mostró que existen casos en los que un sujeto puede creer que una proposición es verdadera y estar justificado en ello y, aun así, no poder afirmar que posee conocimiento. A partir de sus ejemplos, las investigaciones en teoría del conocimiento se volcaron a encontrar condiciones que sean suficientes para la justificación del conocimiento proposicional.

Al respecto, durante la segunda mitad del siglo xx se llevó a cabo un debate entre dos teorías de la justificación epistémica, el *fundacionismo* y el *coheren-tismo*. Esta última surgió en el siglo xx en contraposición a la primera, de origen antiguo (Lemos, Audi). Hacia 1980 nació una nueva corriente que parece superar el debate entre estas dos opciones: se trata de la teoría de la justificación de las *virtudes epistémicas*.

6 Se está hablando de *conocimiento proposicional*, esto es, un tipo de oración que predica verdad o falsedad de un hecho o fenómeno del mundo mediante una forma lingüística. No se habla de *conocimiento operante*, es decir, de aquel conocimiento que se requiere, por ejemplo, para conducir una bicicleta o para caminar.

En este tenor, el propósito del texto es exponer los inconvenientes que afronta la justificación del conocimiento adquirido por analogía en la investigación arqueológica por medio de las teorías del fundacionismo y el coherentismo. A partir de esta exposición, se propone y se somete a discusión la viabilidad de una justificación del conocimiento por analogía a partir de la teoría responsabilista de la justificación, que se enmarca dentro de la teoría de las virtudes epistémicas.

2. EL PROBLEMA DEL USO DE LA ANALOGÍA EN LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA

La arqueología estudia los procesos sociales de culturas desaparecidas a partir de sus restos materiales (Manzanilla & Barba). Con base en su análisis, es posible inferir información relativa al modo de subsistencia, estratificación social, técnicas de construcción, etcétera (Stiles). No obstante, existe información que no puede ser inferida solo a partir de los restos materiales; por ejemplo, información relativa a las técnicas y las dinámicas sociales dentro de una sociedad pescadora (Serra); el proceso de decoración de materiales específicos, como la cerámica (Fournier & Freeman); o las tendencias iconográficas de una sociedad cazadora-recolectora (Martínez & Mendoza).

Para lograr inferir información sobre este tipo de cuestiones, la arqueología⁷ ha recurrido a disciplinas afines, como la historia, la antropología física y la etnografía⁸. De esta última ha tomado técnicas de investigación que tienen como fin establecer cuáles son las relaciones existentes entre una sociedad y la cultura material⁹ que produce (David y Kramer, Williams). Al observar la interacción entre una sociedad y su cultura material, los arqueólogos han ampliado sus inferencias sobre el pasado, sumando la información que se obtiene a partir del análisis de la evidencia arqueológica con la aquella proveniente de la evidencia etnográfica.

Ahora bien, como es sabido, la *analogía* es una forma de razonamiento que busca establecer una relación de semejanza entre dos instancias, una bien

7 La arqueología en la tradición anglosajona es una rama de la antropología, mientras que en algunos países europeos es considerada una rama de la historia del arte (Trigger).

8 La *etnografía* es la disciplina que describe de forma rigurosa las sociedades a partir de sus usos y costumbres. Para ello, los etnógrafos suelen recurrir a técnicas de investigación cualitativas como la observación participante o la entrevista (Barfield).

9 Por *cultura material* se entiende todo el conjunto de elementos creados por una sociedad a partir de los recursos naturales que tiene a su alcance, por ejemplo, la cerámica, las herramientas líticas, las construcciones arquitectónicas, etcétera.

conocida y otra de la cual se busca conocer algo (Donato, Bordes); ambas tienen que compartir atributos comunes, para que a partir de esa relación, se pueda concluir con probabilidad que se conoce algo nuevo de la segunda. Copi y Cohen exponen la estructura de la analogía de la siguiente manera:

1. Las instancias *a*, *b*, *c* y *d* comparten los atributos P y Q.
2. *a*, *b* y *c* tienen el atributo R.
3. Por lo tanto, *d* probablemente tenga el atributo R.

En la investigación arqueológica, las instancias que se comparan son, por un lado, el caso etnográfico documentado a partir del cual se “extrae” información relevante, es decir el caso conocido, y por el otro, el caso arqueológico, esto es, el caso del cual se quiere conocer más de la información que se obtiene a partir del análisis de los restos materiales (Gándara 1990b). Para que la analogía entre estas dos instancias funcione, ambas deben compartir atributos semejantes y relevantes.

Este último punto ha sido el más debatido no solo entre arqueólogos (Wylie), sino también entre filósofos interesados en el uso de la analogía en la práctica arqueológica (Sapire, Shelley 1999). Dado que para que la analogía proporcione información nueva con respecto a la ya obtenida solo de la evidencia arqueológica, el caso etnográfico estudiado en el presente tiene que compartir una serie de elementos semejantes con el caso arqueológico, es decir, con la sociedad desaparecida, por lo que tanto filósofos como arqueólogos (Gándara 1990a) se han preguntado: ¿qué características son los suficientemente relevantes como para establecer un puente entre una sociedad desaparecida y una sociedad viva, de tal manera que a partir de la última se sepa algo de la primera? ¿Cómo se justifica este conocimiento? (David & Kramer, R. A. Gould, Shelley 1999).

Han sido principalmente *dos* las *objeciones* escépticas que se han desarrollado respecto a la posibilidad de adquirir conocimiento del pasado por el uso de analogía.

- a. La primera es que la analogía no es un método deductivo de inferencia, sino un modelo inductivo de razonamiento, por lo que sus conclusiones no gozan de la garantía de verdad que tienen las conclusiones de los argumentos deductivos (Binford, Díez & Moulines).
- b. La segunda objeción es que, dado que no existe manera de corroborar las inferencias hechas a partir del uso de la analogía con respecto a la instancia desconocida, porque esta ya ha desaparecido y solo quedan restos fragmentados, no es posible hallar una justificación para el cono-

cimiento adquirido de una sociedad pretérita a partir de la analogía con una sociedad viva. La premisa más fuerte de esta objeción es que, de hecho, lo que hacen los arqueólogos es “imponer” al pasado condiciones del presente, de tal manera que lo único que se logra no es conocer algo nuevo del pasado, sino extrapolar lo que ya se conoce del presente al pasado. A este argumento se le denomina la “tiranía etnoarqueológica” (Wobst).

En este sentido, el problema se puede plantear de la siguiente manera: la creencia adquirida por medio del uso de la analogía en la investigación arqueológica a la cual se le quiere dar justificación se basaría en que: A sabe que p debido a que p comparte con una instancia conocida R las propiedades x y y , por lo que es probable que también comparta con R la propiedad z . En donde:

1. A es el sujeto que tiene la creencia a justificar.
2. p es la instancia pretérita de la cual se desea conocer un atributo nuevo.
3. R es la instancia presente y conocida, a partir de la cual se hará la comparación.
4. x y y son las propiedades similares y compartidas por ambas instancias.
5. z es el atributo que se busca conocer de la instancia p .

Es claro que el hecho de que p comparta con R atributos comunes no justifica la creencia de A de que p tenga la propiedad z , ya que, como lo ha mostrado Gettier, ni el hecho de que se tenga evidencia de que p y R sean instancias que comparten atributos semejantes, ni el hecho de que se tenga evidencia de que los atributos x y y aparezcan en ambas instancias, da razones suficientes para justificar la creencia de que A sabe que p tiene la propiedad z . Ello es así porque se puede estar justificado en creer una proposición con evidencia relevante y aun así esta podría ser falsa¹⁰.

El problema de dotar de justificación a la creencia de que A sabe que p tiene la propiedad z ha tenido *tres respuestas* que, como argumentaré, son poco satisfactorias.

1. La *primera* es acudir a un criterio teórico conocido como el *enfoque histórico directo* (Steward), el cual afirma que una analogía entre dos sociedades está justificada si y solo si la instancia conocida (presente) es heredera geográfica, cultural o genética de la instancia desconocida (pasada), esto es, solo se puede hacer analogías entre sociedades que

¹⁰ Los ejemplos de Gettier han demostrado este punto.

están unidas por un pasado común. No obstante, este criterio deja muy poco espacio para realizar analogías en la investigación arqueológica, pues en la práctica no siempre se presentan casos de sociedades que compartan un pasado común, genético, geográfico o cultural, de tal manera que el arqueólogo queda en franca desventaja para intentar hallar conocimiento sobre sociedades desaparecidas. Además, lo que en el fondo exige este enfoque es que se haga una deducción a partir de premisas semejantes. Dado que las sociedades comparadas comparten elementos comunes como un corpus de creencias religiosas (elementos culturales semejantes) y prácticas económicas (elementos geográficos similares), es posible hacer inferencias deductivas a partir de estas premisas, por lo que en realidad no se estaría ampliando el conocimiento sobre sociedades pasadas, sino solo deduciendo la información que ya se tiene en las premisas. Esta es la razón por la que se impuso en su momento la *primera objeción* al uso de la analogía (véase supra a) ya que, al ser inductiva, no se puede preservar con garantía la verdad de las premisas a la conclusión. En este sentido, dado que se trata de un argumento deductivo, también en el uso del enfoque histórico directo es posible aplicar los ejemplos de Gettier. Por tanto, aunque puede estar justificada en razones o en evidencia la creencia de que A sabe que p tiene la propiedad z , esta podría ser falsa.

2. La *segunda respuesta* al problema de justificar la anterior creencia ha sido la siguiente: afrontando el reto de ampliar el conocimiento de una sociedad pasada de manera probable, se apela a que dada la naturaleza inductiva de la analogía, se busque dotar de fuerza a la conclusión agregando a las instancias compartidas: x y y otras más, de tal manera que la fuerza de la conclusión de que A sabe que p tiene la propiedad z recaerá sobre el hecho que p y R comparten las instancias: $x, y, x', y', \dots, x^n, y^n$. Esta línea argumental sostiene que entre mayor sea el número de propiedades que compartan las instancias, mayor será la fuerza con la que se puede inferir que A sabe que p tiene la propiedad z . En realidad esta solución plantea una cuestión mucho más complicada que la primera, ya que se trata del conocido problema de la inducción en filosofía: o no se puede justificar la inducción (Poblete, Vázquez) o no es posible distinguir una inferencia inductivamente válida de la que no lo es (Goodman, Russell), de tal manera que, sin ahondar mucho en este, no existe una solución compartida sobre la cual la conclusión inductiva que provee la analogía pueda justificarse satisfactoriamente. Por tanto, la analogía en la investigación arqueológica parece ser presa de un constante escepticismo. No obstante, si no es posible proponer

nueva información de sociedades desaparecidas en la investigación arqueológica, esta quedaría francamente con pocas herramientas para lograr ofrecer conocimiento sobre el pasado.

3. Dada la incomodidad de este punto, algunos arqueólogos se han aventurado a proponer una *tercera respuesta*, según la cual la justificación de las inferencias analógicas se halla en una premisa fundante, a saber, que el pasado y el presente comparten una misma característica primordial: las dinámicas del presente debieron ser las mismas dinámicas del pasado porque nos afectan las mismas condiciones ontológicas. Esta proposición se basa en el llamado *uniformismo (uniformitarianism)*¹¹.

Manuel Gándara es el arqueólogo que analiza esta idea y argumenta que:

El supuesto de que podemos hacer inferencias significativas sobre el pasado, a partir de la observación del registro arqueológico contemporáneo, se origina en nuestra propia experiencia de que los artefactos y espacios que usamos y en los que vivimos reflejan los procesos dinámicos que realizamos cotidianamente (1992 46).

El argumento de Gándara busca hacer frente a la *segunda objeción* (véase supra b) ya que, para el arqueólogo, si se renuncia a alguna noción de uniformismo, no solo se invalidaría la posibilidad de hacer analogías en la investigación arqueológica, sino la arqueología misma. Gándara afirma que, en el fondo, la teoría arqueológica depende de la analogía para hacer contribuciones relevantes al estudio del pasado. Pero, más que eso, un argumento importante del autor es que la analogía es constitutiva de la arqueología, es decir, sin analogía es imposible la arqueología. Discutiré esta solución más adelante.

He aquí un panorama bastante general de la problemática en el uso de la analogía en la investigación arqueológica. A continuación expondré los argumentos más relevantes con respecto a las dos principales teorías de la justificación epistémica, pues como mostraré, las soluciones que se ofrecen para dotar de justificación a la creencia de que A sabe que p tiene la propiedad z se basan en algunas de las dos teorías de la justificación: el fundacionismo o

¹¹ Hay que puntualizar que esta no es la premisa del uniformismo que surge en geología con el trabajo *Principles of Geology* de Lyell, publicada en tres volúmenes entre 1830 y 1833. Esta premisa surge como respuesta al denominado catastrofismo y actualmente se identifican varias ideas dentro del principio del uniformismo. Un excelente análisis de este principio lo hace el paleontólogo Stephen Jay Gould, quien distingue entre uniformismo metodológico y el sustantivo. El primero es aceptado en ciencias como la biología, la geología, la paleontología y, por supuesto, la arqueología; el segundo es bastante debatible y no es generalmente aceptado en las ciencias mencionadas. Gándara (1992) no usa el nombre de uniformismo; él le llama “principio Cortina” y, en todo caso, se acerca más a la noción de uniformismo que encontró Hume en su análisis de causa necesaria (THN 152).

el coherentismo. En este tenor, expondré cada una de las soluciones planteadas para el uso de la analogía en concordancia con los argumentos presentados por Sosa para caracterizar cada una de ellas en el marco de una de las mencionadas teorías y con ello apelar a la necesidad de una justificación basada en la práctica de virtudes intelectuales.

3. LA DICOTOMÍA FUNDACIONISMO VS. COHERENTISMO A PARTIR DE SOSA

En 1980 Ernest Sosa publicó su ensayo “La balsa y la pirámide”¹², en el cual expone en detalle cuáles son los principales argumentos que protagonizan la polémica entre dos teorías de la justificación epistémica. Habrá que recordar que en 1963 Gettier, al analizar la concepción tripartita de conocimiento¹³, muestra que pueden existir casos en los que se tenga una creencia justificada pero, de hecho, esta puede no ser verdadera, de tal manera que la justificación de una proposición no es condición suficiente para afirmar que S sabe que *p*.

A partir de la demostración de Gettier, el debate quedó abierto sobre cómo puede dotarse a la justificación de razones suficientes que permitan aseverar con seguridad que S sabe que *p*. Así, a la teoría más antigua, el fundacionismo, le hizo frente la teoría coherentista de la justificación. El ensayo de Sosa tiene como finalidad exponer la naturaleza del debate explicitando los argumentos que se han utilizado en la discusión y, a partir de esta, indicar una posible salida (o incluso un nuevo debate). Con base en los argumentos presentados en el texto de Sosa, caracterizaré las tres soluciones propuestas para dotar de justificación a la analogía en la investigación arqueológica (*véase supra* 1, 2 y 3) y con ello argumentaré la necesidad de acudir a una justificación basada en el ejercicio de virtudes epistémicas.

Grosso modo, el *fundacionismo* es la teoría filosófica de la justificación que afirma que el conocimiento tiene una estructura arquitectónica, de tal manera que una creencia está justificada si y solo si se *apoya* en otras creencias que están, a su vez, soportadas en una *creencia fundamental, verdadera e indubitable que no se justifica inferencialmente en ninguna otra creencia*. Esta creencia fundamental o básica, verdadera e indubitable, es de un estatus especial, ya que su justificación no se basa inferencialmente pues, aunque todas las demás creencias están apoyadas en otras creencias, esta no está sustentada

12 Publicado originalmente en *Midwest Studies in Philosophy*. Vol. 5. EUA: Blackwell Publishing Ltd., 1980.

13 Aunque con distintas variantes entre autores, los elementos básicos de la concepción tripartita del conocimiento son: 1) un sujeto S cree que *p* [una proposición]; 2) *p* es verdadera; 3) S está justificado en creer que *p* basado en alguna evidencia o razonamiento.

por ninguna otra, sino que sostiene a todas las demás. De este modo, para el fundacionismo existen *creencias básicas que no son inferidas de otras creencias sino que son la base final a partir de las cuales se infieren las demás*. De ahí la metáfora que identifica al fundacionismo con una pirámide invertida cuya cima está sostenida por un corpus arquitectónico (Sosa 2013).

Por su parte, el *coherentismo* es la teoría filosófica de la justificación que – también *grosso modo*– afirma que una creencia se justifica si y solo si tiene *relaciones inferenciales* con otras creencias, de tal manera que estas forman *un conjunto de creencias que tienen la propiedad de ser coherentes entre sí*. Ello quiere decir que una creencia apoya su justificación en las *relaciones inferenciales* con otras creencias, pero esto no implica la existencia de creencias básicas que no se justifiquen inferencialmente, ya que un conjunto coherente de creencias apoya su justificación en un sistema total de creencias también coherente entre sí. Por ende, el coherentismo se opone al fundacionismo al negar la existencia de creencias básicas que no se justifican por su relación inferencial con otras creencias (García).

De acuerdo con Sosa (1992), ambas teorías comparten dos supuestos implícitos: (a) no toda creencia es conocimiento, pero un conocimiento implica una creencia. Por ende, se han buscado requisitos adicionales para que una creencia sea conocimiento, esto es, que sea verdadera y esté justificada; (b) la condición de que una creencia esté justificada supone una propiedad normativa o evaluativa que permita la justificación y que la justificación que es pertinente al conocimiento sea una justificación teórica o epistémica. La distinción fundamental entre ambas teorías es cuál es la relación normativa y teórica que permite emitir la justificación de una creencia.

Ahora bien, de forma sucinta, expondré las soluciones que se han trazado para dotar de justificación a las proposiciones hechas por medio de la analogía a partir de los argumentos expuestos por Sosa.

1. **Justificación por medio del enfoque histórico directo**

Se trata de una solución que apela al coherentismo, debido a que la justificación planteada se basa en que la conclusión de la analogía se justifica a partir de su relación inferencial con otras creencias. El enfoque histórico directo propone que la conclusión de una analogía solo puede estar justificada si la analogía se realizó entre sociedades que comparten un pasado común, de tal manera que la conclusión sería coherente con otras creencias aceptadas.

Sosa (1992) argumenta que el hecho de que la justificación dependa de las relaciones inferenciales con otras creencias parte de un modelo de justificación intelectualista, modelo que el propio coherentismo critica al fundacionismo,

pero al criticarlo, el coherentismo es susceptible de su propio ataque, veamos el porqué. Dado que el fundacionismo parte de la existencia de creencias básicas que son *per se* la base de otras creencias, esas creencias básicas se pueden “afianzar” sobre estados subjetivos que son ellos mismos “indudables”, “obvios” o “incorregibles”. Para el fundacionista, estos estados pueden ser ellos mismos fuente de justificación para las creencias pero, al ser estados subjetivos, pueden o no incorporar actitudes proposicionales; por ejemplo, a mi estado subjetivo de sensación de calor, le podría incorporar las proposiciones: “afuera hay más de veinticinco grados de temperatura”, “si salgo, me quemaré el rostro”, etcétera. Sosa demuestra que si no le agregó actitudes proporcionales a mi estado interno, este no tendría contenido conceptual susceptible de relaciones lógicas y, por ende, no serviría para fundamentar otros estados subjetivos ni cualquier actitud proposicional.

Si a estos estados subjetivos se les incorporan actitudes proposicionales como las ya mencionadas, al hacerlo solo se le adhiere contenido conceptual a mi estado subjetivo sin que exista un contacto directo con la realidad. Al no tener contacto directo con la realidad, la pura adición de una actitud proposicional no brinda garantía contra el error: puede darse el caso de que mi estado subjetivo de calor se debiera a que padezco de fiebre intensa o que está encendida la calefacción y, en dado caso, no se podría aseverar que las actitudes proposicionales antes mencionadas se inferan de ese estado subjetivo. Por tanto, como afirma Sosa, los estados mentales, por sí solos, sin incorporar actitudes proposicionales, no pueden servir como fundamento para el conocimiento. Por ende, se niega la posibilidad de alguna base de la cual se “afiance” fundacionalmente la justificación. Este es el corazón del argumento en contra del modelo intelectualista de justificación que el coherentista critica al fundacionismo; sin embargo, Sosa muestra que se puede revertir su argumento al mismo coherentista. Veamos la causa.

Según el coherentismo, es posible acudir a otra fuente de justificación para una creencia que no sea ni un estado subjetivo ni una actitud proposicional. Se refiere a las consecuencias que una creencia puede tener, esto es, una creencia se justifica a partir sus consecuencias¹⁴ en coherencia con un conjunto de creencias también coherentes entre sí, de tal manera que una práctica estará

¹⁴ Desde mi punto de vista, conforme Sosa avanza en los argumentos entre ambas teorías, introduce algunos aspectos interesantes con respecto a la teoría de las virtudes epistémicas. Por ejemplo, en este fragmento, Sosa hace una *analogía* entre la justificación epistémica de una creencia en la epistemología y la justificación objetiva de una acción en la ética. La analogía muestra que en la justificación epistémica están implicados aspectos no epistémicos que se relacionan con la ética, de tal manera que si el coherentista pretende eliminar al fundacionismo atacando su justificación intelectualista, se eliminaría también la posibilidad de toda epistemología sustantiva y, por analogía, de toda justificación objetiva para una acción en la ética (Sosa, 1992).

justificada por sus consecuencias en coherencia con un conjunto de prácticas – también coherentes. El problema es que, de hecho, la propiedad de pertenecer a cualquier conjunto de creencias coherente superviene¹⁵ también por una relación inferencial desde un *sistema global de creencias* coherente, es decir, las consecuencias de una práctica solo son coherentes gracias a que la propiedad de ser coherente se *infiere* de la coherencia con otras prácticas globales, con lo que aunque se nieguen bases fundacionistas para la justificación, se conserva el modelo intelectualista en el coherentismo, lo que implica que su crítica se revierte contra sí.

Dado que el enfoque histórico directo afirma que la justificación de la conclusión de una analogía solo está justificada porque las prácticas de una sociedad presente serían coherentes con las de una sociedad pretérita, esta solución es susceptible de las críticas del mismo coherentismo al fundacionismo: conserva un modelo de justificación intelectualista. Por su parte, el segundo alega en contra del primero que, si se niega la existencia de creencias básicas para justificar una creencia, entonces se caería en un argumento de regreso vicioso infinito, ya que si no existen creencias básicas finales, se estaría acudiendo a una tras otra creencia para así probar la justificación de creencia tras creencia sin que esta cadena pueda tener un final (García).

Para analizar esta afirmación, Sosa (1992) expone cinco objeciones y sus respectivas respuestas, que le permiten a distinguir dos tipos de regreso infinito, uno *potencial* y otro *real*. El primero es aquel regreso en el que si no se hallan creencias que estén bien sustentadas para justificar otras creencias, entonces la cadena de regresión sería descartada completamente, ya que no hay suficiente información que permita apoyar una creencia en otra, y así sucesivamente. Ello implicaría un problema para el fundacionista, pues dado que lo que se elimina es solo la posibilidad de una cadena de justificación, el fundacionista caería en un escepticismo radical y no probaría la relevancia del final de una cadena de justificación. El segundo tipo de regreso infinito (el real) es aquel que consiste en tener justificada cada una de las creencias de la cadena de regresión, por lo que no se muestran razones para eliminar la justificación de una creencia a partir de este tipo de regresión, con lo que ya no hay razones para sostener el fundacionismo; Sosa señala una vez más que la crítica en contra del rival termina por lastimar al atacante.

15 *Superviene* quiere decir que se relaciona inferencialmente por instancias más allá de las mismas epistémicas. Esto es, la coherencia de un sistema global de creencias y de las consecuencias de las acciones de esas creencias está por encima y hereda la coherencia a un conjunto específico de creencias. Me parece que la palabra que capta mejor lo que quiere decir Sosa es sobreviene como verbo intransitivo, esto es, existen otros aspectos no epistémicos que ocurren en la justificación del conocimiento proposicional.

Este argumento demuestra que tanto la crítica coherentista del modelo intelectualista de justificación que se emplea contra el fundacionismo, como la crítica fundacionista del regreso infinito en contra del coherentismo, ambas son poco satisfactorias y de hecho son autopunitivas. Por ende, habría que apelar a criterios normativos que van más allá de los aspectos epistémicos, pero que siguen siendo parte de este¹⁶: a saber, la práctica de virtudes intelectuales. Esto es aplicable al intento de solución del enfoque histórico directo de tal manera que esta resulta insatisfactoria para justificar la conclusión de la analogía; de hecho, estos argumentos pueden también ser aplicados a la siguiente solución.

2. Justificación por medio de agregar un mayor número de atributos a la instancia arqueológica

Dada la primera objeción (*véase supra a*), al ser la analogía inductiva, la fuerza de la conclusión apelaría a que a mayor número de atributos similares en común entre instancias comparadas (esto es, que p y R compartan los atributos: x y y , pero también los atributos x' , $y' \dots x^n$, y^n), mayor será la fuerza para justificar que A sabe que p tiene la propiedad z . Esta solución también implica un tipo de coherentismo, ya que el número de propiedades similares compartidas le brindará su justificación en virtud de que la creencia A sabe que p tiene la propiedad z es coherente con un conjunto de creencias basado en que los atributos similares son compartidos por las dos instancias comparadas. De esta forma, el argumento antifundacionista basado en la crítica al modelo intelectualista de justificación del coherentismo, así como el argumento en contra de la regresión infinita del fundacionismo, pueden ser aplicados a la segunda solución, por lo que esta también resulta infructuosa para dotar de justificación a la creencia de que A sabe que p tiene la propiedad z . Además, esta solución también implica solventar los problemas ampliamente discutidos que enfrenta la justificación de la inducción.

3. Justificación con base en el uniformismo

La tercera solución apela al fundacionismo, ya que la justificación de la creencia de que A sabe que p tiene el atributo z se basa, en última instancia, en la creencia de que el pasado y el presente comparten las mismas condiciones ontológicas, por lo que las fuerzas que actúan en el presente debieron hacerlo también en el pasado. Por ende, la creencia de que p tiene la propiedad z está fundada sobre el hecho que en el presente R tiene además del atributo z , los atributos x y y de los que también goza p .

¹⁶ Aspectos que sobrevienen, en el sentido anteriormente aclarado, a la justificación epistémica.

Esta solución, me parece, es una petición de principio debido a que, si se argumenta como primera premisa que, lo que posibilita la investigación arqueológica es que el pasado y el presente comparten el mismo estatus ontológico, y como segunda premisa se sostiene que la analogía permite hacer inferencias del pasado a partir de la observación del presente con base en el mismo estatus ontológico, y a partir de ello se concluye que la analogía es constitutiva de la arqueología porque de negarlo se eliminaría la posibilidad de hacer arqueología, en realidad se lleva implícita en la conclusión una de las premisas: que la analogía es constitutiva de la arqueología porque lo que permite hacer analogías es que el pasado y el presente comparten el mismo estatus ontológico. Por tanto, acudir como justificación a la creencia de que el pasado y el presente comparten el mismo estatus ontológico para de ello derivar que la analogía es constitutiva de la arqueología es falaz.

Se podría apelar a esta objeción que, dado que esta creencia es una creencia fundacional, su justificación no tiene por qué ser inferencial; no obstante, de hecho aunque no parecer ser una creencia fundacional, su justificación se basaría en que existe un pasado con base en la percepción de evidencia arqueológica, esto es, en la creencia de que un artefacto pertenece a un tiempo que ya pasó y no se debería como tal a la premisa del uniformismo.

De esta manera, el fundacionismo sostenido por esta solución tendría que o eliminar la posibilidad del regreso infinito con lo que podría terminar no hallando buenas razones para conservar su fundacionismo, o aceptar que el uniformismo al que se apela se deriva de otra creencia más básica que no es la premisa del uniformismo, por lo que la solución tampoco sería satisfactoria.

De esta manera, existen razones que muestran que las tres soluciones aún no alcanzan para dotar de justificación a la analogía en la investigación arqueológica. ¿Esta aporía demuestra que la analogía en la arqueología es impracticable o por lo menos carente de justificación? Mi respuesta es que no si se acude a condiciones que están más allá de las que se sostienen en la dicotomía entre fundacionismo y coherentismo.

Como espero haber mostrado, Sosa tiene razón en señalar que el enfrentamiento entre las dos teorías de la justificación no son suficientes para justificar una creencia, por lo que es necesario acudir a condiciones que están, digámoslo así, por encima de las meras cuestiones epistémicas, pero que siguen en juego a la hora de querer dotar de justificación a una creencia.

4. LA RESPONSABILIDAD COMO LA VIRTUD CENTRAL PARA JUSTIFICAR LA ANALOGÍA

Luego de analizar los argumentos en contra de las dos corrientes en cuestión, es posible dilucidar dos tipos de fundacionismo, uno formal y otro sustantivo (Sosa 1992). El formal se caracterizaría por tener la ventaja de poseer una propiedad normativa o evaluativa que puede ser bien especificada y que, como se ha visto, es un supuesto requerido para la justificación. El fundacionismo sustantivo y el fundacionismo clásico practicado por Descartes pertenecen a este tipo de fundacionismo ya que ambos exigen una propiedad normativa, no obstante, en estos la propiedad normativa no es fácil de especificar y sostener. Sosa argumenta que los grados de fundacionismo son difíciles de apreciar debido a que las críticas a esta teoría hacen frente a todo fundacionismo, por lo que no permiten hacer la distinción que él señala.

De esta manera, Sosa identifica la posibilidad de mantener una teoría que provea justificación si se logra identificar cuáles son las *condiciones* que permiten darle justificación a una creencia. Es aquí donde el autor introduce la idea de acudir a cuestiones no epistémicas para justificar el conocimiento, ya que una teoría de la justificación haría posible señalar las condiciones normativas que brindan esa justificación y que están más allá de los elementos epistémicos que se discuten entre el fundacionismo y el coherentismo. Estos elementos serían aquellos que permiten que una creencia esté justificada, a saber: una serie de virtudes intelectuales que pueden ser practicadas por un sujeto epistémico con capacidades cognitivas confiables o fiables (García). Estas capacidades fiables serán para Sosa (2011) siempre *capaces* de producir creencias verdaderas. Así, si una facultad como la percepción es fiable, se puede predicar que esa facultad es virtuosa y, por ende, la justificación de una creencia que se haga a partir del ejercicio de una virtud intelectual respaldaría esa justificación, esto es, la justificación de una creencia es el resultado de la práctica de una virtud intelectual fiable.

En “La balsa y la pirámide”, Sosa deja esta cuestión abierta para el debate, ¿hasta qué punto la práctica de una virtud intelectual puede ser el elemento normativo y evaluativo para la justificación de una creencia? Posteriormente, Lorraine Code (2013) afirma que de hecho no parecer ser suficiente solo fiarse del ejercicio de virtudes intelectuales para justificar una creencia, sino que sería más sensato colocar una de esas virtudes como la más importante dentro de la teoría de la justificación. Esta es la diferencia entre las teorías fiabilistas y responsabilistas de la justificación con base en las virtudes epistémicas.

Para Sosa, un sujeto excelente o virtuoso puede ejercer sus facultades intelectuales (su percepción o su inteligencia) de manera virtuosa, con lo que, al hacerlo, estas dotarían de justificación a una creencia de manera no accidental, sino con la segura fiabilidad de que esas creencias están justificadas a partir de la práctica de unas facultades intelectuales. De esta manera se cumple un proceso normativo y evaluativo que permite dotar de justificación a las creencias. No obstante, para Code (2013), aunque un sujeto excelente en sus virtudes las ejerza, no implica que se produzca sabiduría porque en realidad un sujeto puede o no tener rasgos virtuosos, es decir, puede ser virtuoso en sus facultades intelectuales, pero no virtuoso en su carácter epistémico. Por ello, la responsabilidad es un carácter que se predica de un sujeto y no una facultad intelectual inherente por el simple hecho de ser un sujeto epistémico virtuoso. Esto es, la responsabilidad se adquiere o se aprende, no se nace con ella. Para la filósofa, el ejercicio de la responsabilidad está estrechamente ligado a la producción de la sabiduría y, por ende, es necesario poner la responsabilidad epistémica como la virtud más importante para dotar de justificación a una creencia. Code (2011) argumenta que la práctica de la responsabilidad epistémica no garantiza el resolver todos los problemas de la epistemología contemporánea, pero si dotará de un sentido ético a una comunidad epistémica que le permita guiar sus creencias hacia la justificación.

Juzgo que existen buenas razones para asumir un responsabilismo para justificar las creencias derivadas del uso de la analogía en la práctica arqueológica. En primera instancia, de manera oficial, la arqueología en México se lleva a cabo con el erario (Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, 1972). Ello implica que los arqueólogos tienen ya una responsabilidad para con la sociedad que provee los recursos para hacer investigación arqueológica, por ende, deben ofrecer la mejor de las explicaciones que puedan brindar con base en los elementos que tienen a la mano, entre ellos, el uso de la analogía. Además, cabe hacer hincapié en que los resultados de la investigación arqueológica tienden a ser manipulados para fortalecer o debilitar alguna posición política, justificar instituciones e incluso erigir una identidad nacional (Gamble, Gándara). Por ello, es importante acudir a una teoría de la justificación epistémica que tome en cuenta aspectos éticos en la práctica de la disciplina.

En segunda instancia, al ser una ciencia con carácter histórico, la arqueología debería ofrecer conocimientos verdaderos ajenos a todo interés oficial o particular. Luis Villoro (1978, 2007) ha mostrado que la filosofía y la historia comparten este aspecto. Ambos pueden ofrecer conocimiento, pero este cono-

cimiento puede servir para dominar o ayudar a dominar a una sociedad, o en su lugar, para liberarla. Villoro argumenta que esta característica hace que recaiga una enorme responsabilidad en la filosofía y en la historia, de la cual no es posible escapar y que, de hecho, existen aspectos éticos que permean o sobrevienen en la búsqueda de conocimiento justificado (Villoro 2007).

Si este razonamiento es correcto, entonces la analogía puede proveer conocimiento justificado en el ejercicio de la responsabilidad con respecto a la información que se utiliza para hacer la analogía y del conocimiento que surge con su uso, de tal manera que es posible que la teoría del responsabilismo sea una fuente de justificación que se salva de los problemas planteados entre la teoría fundacionista y la coherentista de la justificación. Por lo tanto, aunque sería necesario acudir a condiciones que están más allá de los argumentos fundacionistas y coherentistas, superando la dicotomía, no es suficiente si no se apela al uso de la responsabilidad como la virtud intelectual más importante a ejercer para dotar de justificación a la analogía en la investigación arqueológica.

5. CONCLUSIONES

En este texto expuse que parece ser condición necesaria hallar otra fuente de justificación para el uso de la analogía en la práctica arqueológica. Argumenté que la analogía etnoarqueológica podría tener una justificación satisfactoria si se ahonda en la teoría de las virtudes que surgió con el trabajo de Sosa. Por ende, habría que seguir indagando sobre las ventajas o inconvenientes que implicaría acudir a la teoría responsabilista de la justificación para hallar condiciones que podrían ser suficientes en la arqueología, en donde se necesita que una creencia ofrezca conocimiento justificado sobre el pasado.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la doctora Aura Ponce de León del Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano (CEFPSVLT-SEP) por la lectura que realizó y las observaciones hizo a este trabajo. También al doctor Adrián Espinosa Barrios de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM-Cuauhtepc) por la lectura y los comentarios sobre el borrador de este texto.

TRABAJOS CITADOS

- Audi, Robert. *Epistemology, a Contemporary Introduction to the Theory of Knowledge*. EUA: Routledge, 2003. Principio del formulario Final del formulario
- Barfield, T. *Diccionario de antropología*. España: Siglo XXI, 2000.
- Binford, Lewis R. "Smudge Pits and Hide Smoking: The Use of Analogy in Archaeological Reasoning". *American Antiquity* 32.1 (1967): 1-12.
- Bordes Solanas, Montserrat. *Las trampas de Circe: falacias lógicas y argumentación*. España: Cátedra, 2011.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión. *Ley Federal sobre monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas*. México: *Diario Oficial de la Federación*, 1972.
- Code, Lorraine. "Hacia una epistemología de la responsabilidad". *Teorías contemporáneas de la justificación epistémica*. Eds. Claudia Lorena García, Á. Eraña & P. King. México: UNAM-IIF, 2013. 403-438.
- _____. "Responsabilismo". *Normas, virtudes y valores epistémicos*. Eds. Margarita Valdés & Miguel Ángel Fernández. México: UNAM - Instituto de Investigaciones Filosóficas. 2011. 279-298.
- Copi, Irving M. & Carl Cohen. *Introducción a la lógica*. México: Limusa, 2007.
- David, Nicholas & Carol Kramer. *Ethnoarchaeology in Action*. Reino Unido: Cambridge University Press, 2001.
- Díez, José A. & Ulises Moulines. *Fundamentos de la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1997.
- Donato, Xaver de. "Analogía". *Compendio de lógica, argumentación y retórica*. Eds. Luis Vega Reñón & Paula Olmos Gómez. Madrid: Trotta, 2011. 47-50.
- Fournier, Patricia & Andrea K. Freeman. "El razonamiento analógico en etnoarqueología, el caso de la tradición alfarera de Mata Ortiz, Chihuahua, México". *Boletín de Antropología Americana* 23 (1991): 109-118.
- Gamble, Clive. *Arqueología básica*. Barcelona: Ariel, 2002.
- Gándara Vásquez, Manuel. "Algunas notas sobre el análisis del conocimiento". *Boletín de Antropología Americana* 22 (1990a): 5-19.
- _____. *La arqueología oficial mexicana: causas y efectos*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1992.

- _____. “La analogía etnográfica como heurística: lógica muestral, dominios ontológicos e historicidad”. *Etnoarqueología Coloquio Bosch-Gimpera*. (1990b): México: UNAM. 43-82.
- García, Claudia Lorena. Introducción. *Teorías contemporáneas de la justificación epistémica*. México: UNAM-IIF, 2013. 5-21.
- Gettier, Edmund. “Is Justified True Belief Knowledge?” *Analysis* 23.6 (1963): 121-123.
- Goodman, N. “El nuevo enigma de la inducción”. *Hecho, ficción y pronóstico*. España: Síntesis, 2004.
- Gould, R. A. “Beyond Analogy in Ethnoarchaeology”. *Explorations in Ethnoarchaeology*. Ed. R. A. Gould. EUA: University of New Mexico Press, 1978.
- Gould, Stephen Jay. *La flecha del tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. España: Alianza, 1992.
- Hume, David. *Tratado de la naturaleza humana*. Ed. Félix Duque. 4.a ed. Madrid: Tecnos, 2011.
- Manzanilla, Linda & Luis Barba. *La arqueología una visión científica del pasado del hombre*. México: Fondo de Cultura Económica, 1994.
- Martínez González, Roberto & Larissa Mendoza. “¿Por qué los agricultores cazan y los cazadores no? Aproximaciones etnológicas a la ausencia de escenas cinegéticas en el arte rupestre paleolítico”. *Dimensión Antropológica* 53 (2011): 7-42.
- Lemos, Noah. *An Introduction to the Theory of Knowledge*. EUA: Cambridge University Press, 2007.
- Platón. “Teeteto”. *Diálogos V*. España: Gredos, 1988. 137-318.
- Poblete Garrido, Felipe. “¿Es la justificación de la inducción un pseudoproblema?” *Eikasia. Revista de Filosofía* (2014): 209-220.
- Russell, Bertrand. *Los problemas de la filosofía*. México: Ediciones Selectas, 1982.
- Sapire, D, “Models and Analogies in Archaeological Interpretation”. *Goodwin Series The Interpretation of Archaeological Evidence*. Claremont, South Africa: South Africa Archeological Society. 1972. 6-7.
- Serra Puche, Mari Carmen. *Los recursos lacustres de la Cuenca de México durante el formativo*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas - UNAM, 1988.

- Shelley, Cameron. "Multiple Analogies in Archaeology". *Philosophy of Science* 66.4 (1999): 579-605.
- _____. "Analogy Countarguments and the Acceptability of Analogical Hypotheses". *The British Journal for the Philosophy of Science* 53.4 (2002): 477-496.
- Sosa, Ernest. "La balsa y la pirámide: coherencia versus fundamento en la teoría del conocimiento". *Conocimiento y virtud intelectual*. México: UNAM - FCE, 1992. 420.
- _____. "Una epistemología de las virtudes". *Teorías contemporáneas de la justificación epistémica*. Eds. Claudia Lorena García, Ángeles Eraña y Patricia King. México: 2013. 383-402.
- Steward, Julian H. "The Direct Historical Approach to Archaeology". *American Antiquity* 7.4 (1942): 337-343.
- Stiles, Daniel. "Ethnoarchaeology: A Discussion of Methods and Applications". *Man*, N.S. Vol. 12.1 (1977): 87-103.
- Trigger, Bruce G. *Historia del pensamiento arqueológico*. España: Crítica, 1992.
- Vázquez Gutiérrez, Ricardo. "Hacia una teoría contextualista del razonamiento inductivo centrada en prácticas inferenciales". Tesis doctoral, México: UNAM - Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2009.
- Villoro, Luis. "Filosofía y dominación". Discurso de ingreso al Colegio Nacional. 14 nov. 1978. *Memoria del Colegio Nacional*, 1978.
- _____. "El sentido de la historia". *El concepto de ideología y otros ensayos*. México: Fondo de Cultura Económica, 2007. 136-151.
- _____. *Creer, saber, conocer*. México: Siglo XXI, 2008.
- Williams, E. "La etnografía, arqueología como antropología". *Etnoarqueología: el contexto dinámico de la cultura material a través del tiempo*. Ed. Eduardo Williams. Michoacán: El Colegio de Michoacán. 2005. 13-21.
- Wobst, M. "The Archaeo-ethnography of Hunter-gatherers or the Tyranny of the Ethnographic Record in Archaeology". *American Antiquity* 43 (1978): 303-309.
- Wylie, Alison. "The Reaction against Analogy". *Advances in Archaeological Method and Theory*. Vol. 8. EUA: [editorial], 1985. 63-111.

CONSISTENCIA, NO TRIVIALIDAD Y REDUNDANCIA EN MATEMÁTICA^{1,2,3}

CONSISTENCY, NONTRIVIALITY AND REDUNDANCY IN MATHEMATICS

Eleonora Catsigeras^{4,5}

RESUMEN

Exploramos los criterios racionales formales e informales de consistencia, no trivialidad y redundancia en la investigación matemática actual. Desarrollamos la discusión paradigmática analizando las diferentes concepciones de esos criterios, desde las lógico-formales hasta las informales (pero aún racionales). Ilustramos la discusión con ejemplos concretos extraídos de la actividad de investigación matemática, particularmente la publicada en los últimos cincuenta años en la teoría matemática de los sistemas dinámicos deterministas.

Palabras clave: racionalidad formal e informal, filosofía de la matemática, consistencia, no trivialidad, profundidad matemática, redundancia matemática.

ABSTRACT

We explore the rational, formal and non-formal criteria of consistency, non-triviality and redundancy in the mathematical research now a days. We develop a paradigmatic discussion by analysing the different conceptions of those criteria, from the logic-formal ones to the non formal ones (but still rational criteria). We illustrate the discussion with concrete examples obtained from the mathematical research, particularly from the published results that were published in the last 50 years in the mathematical theory of deterministic dynamical systems.

Key words: formal and non-formal rationality, philosophy of mathematics, consistency, non-triviality, mathematical depth, mathematical redundancy.

1 Recibido: 3 de octubre de 2016. Aceptado: 19 de enero de 2017.

2 Este artículo se debe citar así: Catsigeras, Eleonora. "Consistencia, no trivialidad y redundancia en matemática". *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 17.34 (2017): 137-159.

3 Artículo de investigación realizada con financiación parcial del proyecto "Sistemas dinámicos" de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República, Uruguay, y del proyecto "Neurodinámica" del programa *For Women on Science de L'Oréal-Unesco*, Uruguay.

4 Instituto de Matemática y Estadística Rafael Laguardia (IMERL), Facultad de Ingeniería y Grupo Interdisciplinario de Racionalidad de las Ciencias, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de la República, Uruguay.

5 Montevideo, Uruguay.

1. INTRODUCCIÓN

Hilary Putnam defendió que en toda justificación racional hay implícito un juicio de relevancia previo. Trata la relevancia en términos de un modelo teórico de valores en la ciencia. Bajo esa premisa, exploraremos tres de las muchas concepciones de las que surgen los juicios de relevancia de enunciados en la matemática actual, concepciones estas tanto formales como informales.

Por un lado, esta exploración es metaparadigmática, típicamente filosófica, en la que discutiremos algunas de las concepciones racionales previas a los juicios de valor que la investigación matemática actual asigna a sus enunciados. Por otro, nuestra exploración y discusión están basadas en la exposición de ejemplos de la práctica cotidiana de la investigación matemática, que muestran cómo se interpretan en los hechos dos concepciones filosóficas de racionalidad, diferentes pero complementarias, la lógico-formal y la informal.

Adoptaremos un método filosófico por el cual, para sostener un argumento filosófico racional relativo al quehacer de las ciencias, es necesario (o por lo menos muy conveniente):

1. nutrir el argumento con exposición de ejemplos;
2. no especular sobre cómo una palabra o concepto debería ser usado, sino observar cómo se usa y aprender de ello (Wittgenstein citado en Cook 445).

La metodología de esta investigación, acorde a su propósito, es multidisciplinaria. Comprende dos disciplinas que aspiramos integrar en este trabajo: la matemática y la filosofía de la ciencia. Tomamos conciencia de que los métodos de exploración y los lenguajes de comunicación específicos de ambas disciplinas son en la actualidad muy disímiles. Entre otras razones, estas disimilitudes se deben al crecimiento y diversificación de las dos disciplinas, y a la diferenciación creciente de los propósitos de investigación. Sin embargo, la metodología interdisciplinaria que adoptamos aquí intenta combinar en forma coherente los dos alfabetos de formas y lenguajes.

Acordamos la siguiente convención, usual entre los investigadores matemáticos. La palabra *enunciado*, lejos de acotar el objeto de estudio a su mera forma de expresión, se referirá al contenido matemático de un teorema, una definición o un axioma, en sí mismo –sobre el cual discutiremos las características metamatemáticas– bajo cualquier formulación concreta con la que aparezca ese contenido. Se refiere, por ejemplo, al teorema intrínsecamente, es decir, a las ideas matemáticas en sí mismas que el teorema involucra o relaciona, y a esta relación, independientemente de su lenguaje y fórmulas, de su notación, expresión o formas de comunicación concretas.

La noción de *relevancia* que adoptaremos es una noción de consenso social. Se desprende del uso habitual de esa palabra o concepto en la práctica de evaluación de resultados nuevos en la comunidad de investigadores matemáticos. En particular, hemos considerado algunos de los juicios de valor de publicaciones matemáticas, realizados por científicos matemáticos independientes de los autores, y publicados en *Zentralblatt für Mathematik* y en *Mathematical Reviews* de la A.M.S.

Generalmente en un juicio de relevancia, la práctica usual de la comunidad de matemáticos, lejos de considerar únicamente criterios lógico-formales y exactos, adopta e integra (muchas veces con predominancia sobre la formalidad lógica) otros criterios que, aunque informales, son aún racionales. Justamente, la *racionalidad* de estos criterios informales, además de los lógico-formales, y la de su integración con estos en un juicio de valor de enunciados matemáticos, es la tesis central que defenderemos en este texto.

Nos enfocaremos en el análisis, la discusión y la ilustración mediante ejemplos concretos, de tres conceptos clave y *previos* a los juicios de relevancia en la práctica actual de la investigación matemática (expondremos al final de esta introducción los motivos de tal enfoque). En efecto, a lo largo de las diferentes secciones de este trabajo, discutiremos nociones que se aplican en los juicios de valor de contenidos matemáticos, en lo relativo a:

- consistencia,
- no trivialidad, y
- no redundancia.

Aunque cuando el matemático declara que un teorema es “relevante” o “bueno” o “valioso”, no solo está afirmando que es consistente, no trivial y no redundante, nos centraremos en el análisis de esas tres nociones porque son ellas, desde los puntos de vista lógico-formal, semiformal e informal, los principales y primeros (en orden cronológico) criterios de relevancia que se tienen en cuenta en la práctica usual de evaluación de enunciados matemáticos nuevos. Muy frecuentemente son estos tres los únicos requisitos necesarios para un juicio de valor posterior, bastante más complejo, que integra una combinación graduada y no cuantitativa de esos y varios otros criterios racionales de relevancia. Así, los tres criterios mencionados son condiciones necesarias para una justificación de valor de los enunciados matemáticos, aunque normalmente no sean suficientes.

2. CRITERIOS DE CONSISTENCIA LÓGICO-FORMAL Y EXPERIMENTAL

Para definir *consistencia*, precisemos antes el concepto de *contradicción*. Dos enunciados matemáticos son contradictorios cuando uno de ellos se puede deducir de la negación del otro. Más restrictivamente, según Tarski, dos sentencias son contradictorias si una es equivalente a la negación de la otra. Observamos que esta definición es restrictiva al requerir equivalencia entre sentencias. Sin embargo, lo único que se necesita para la inconsistencia de una pareja de proposiciones matemáticas es que la una implique la negación de la otra, y no necesariamente que esta otra implique la negación de la primera.

La negación de un teorema es lógicamente diferente de la afirmación contraria al teorema. En efecto, la afirmación contraria a un teorema de la forma “si se cumple A, entonces se cumple B” es “si no se cumple A, entonces no se cumple B”. La verdad del teorema es independiente de la verdad o falsedad de su afirmación contraria. Por lo tanto, es consistente la pareja de afirmaciones compuestas por un teorema y su proposición contraria. En cambio, ese mismo teorema que enuncia “si se cumple A, entonces se cumple B” tiene como negación “existe un ejemplo que cumple A y no cumple B” (llamado *contraejemplo*). El teorema es verdadero (si no lo fuera, no se llamaría teorema), si y solo si su negación es falsa. Existe inconsistencia entre el teorema y su negación, la existencia del contraejemplo.

Enunciados ya probados y futuros enunciados en una subdisciplina matemática (es decir, bajo un mismo sistema de definiciones o axiomas) son mutuamente *consistentes* cuando de ningún subconjunto de ellos se puede deducir dos enunciados contradictorios. Así, un nuevo enunciado, o un nuevo supuesto en una subdisciplina matemática, es consistente con el estado de la subdisciplina, si y solo si del conjunto de todos los enunciados previos ya probados en ella no se puede deducir la negación del nuevo enunciado o del nuevo supuesto.

Tarski (135) define la consistencia *global* de una disciplina deductiva, en vez de definir la consistencia de un nuevo enunciado en relación con el conjunto de enunciados previamente aceptados. Según él, una teoría deductiva es llamada consistente o no contradictoria si ninguna pareja de afirmaciones de la teoría está compuesta por una afirmación y su negación.

Sin embargo, esta definición *global* es exactamente la misma que se usa en la matemática contemporánea. En efecto, la matemática de hoy en día admite (como criterio racional informal) que cualquiera de sus subdisciplinas está compuesta solamente por la cantidad finita de enunciados, mutuamente consistentes, aceptados por los matemáticos que investigan en esa subdisciplina, y por los que se pueden deducir de aquellos en forma trivial (definiremos

trivialidad en la próxima sección). Es decir, no componen la subdisciplina todos los enunciados verdaderos posibles que se puedan deducir en forma no trivial en el futuro, a partir de los ya aceptados, ni los que se puedan crear en el futuro bajo nuevos presupuestos o definiciones. La matemática denomina *preguntas abiertas* a los enunciados no trivialmente verdaderos ni trivialmente falsos que relacionan conceptos definidos en la subdisciplina, pero no emite un juicio de consistencia sobre las preguntas abiertas en relación con los enunciados ya aceptados de la subdisciplina.

Estamos afirmando que, al incorporar nuevos enunciados (demostrados y aceptados), la teoría no se mantiene inmutable. La teoría o subdisciplina de la matemática, según la conciben los investigadores matemáticos, evoluciona con el tiempo, es dinámica, aunque cada enunciado ya incorporado no cambie. Se modifica el conjunto de enunciados ya demostrados y aceptados por inclusión de los nuevos, pero no por sustracción de los anteriores. Por lo tanto, cambia también el conjunto de preguntas abiertas. Según la definición *global* de consistencia de Tarski, podría interpretarse que, para juzgar la consistencia de una teoría, se necesitaría *a priori* el conocimiento de la totalidad de sus enunciados de manera estática, para saber si la disciplina es consistente o no lo es. Esta interpretación requeriría el conocimiento *a priori* de todos los posibles enunciados verdaderos de la teoría. En cambio, la interpretación parcial y dinámica de consistencia evalúa en forma continua el conjunto finito y cambiante de enunciados verdaderos (ya demostrados) de la disciplina en cada momento.

Observamos que la evolución de la disciplina no solo se debe a que se agregan nuevos enunciados que aparecen como resultados de la investigación matemática. Se debe también a que para que estos nuevos enunciados sean consistentes con el conjunto de los enunciados anteriores, frecuentemente requieren la introducción de supuestos o definiciones adicionales.

Veamos un ejemplo de consistencia que requirió la introducción de conceptos nuevos. Dentro de la teoría ergódica diferenciable, una subdisciplina muy específica desarrollada durante los últimos 45 años, pero que presenta aún numerosos problemas abiertos, es la llamada teoría de Pesin, y como parte de esta, la teoría de medidas SRB (*i.e.* Sinai-Ruelle-Bowen), originada, entre otros, en el artículo precursor de Sinai en 1972. Esas dos subramas de la mencionada teoría conciben que el sistema dinámico bajo estudio tiene regularidad C2: el sistema es diferenciable hasta segundo orden con derivadas hasta segundo orden continuas. La regularidad C2 es necesaria para las demostraciones conocidas de algunos teoremas muy populares en esas subdisciplinas. En efecto, en Robinson y Young, se muestra un contraejemplo sin regularidad

C2, para el cual algunos resultados de la teoría de Pesin no rigen. El contraejemplo de Robinson y Young es solo de clase C1: el sistema es diferenciable solamente hasta primer orden con derivada primera continua, pero no lo es hasta segundo orden. En particular, la existencia de medidas SRB⁶ es falsa en ese contraejemplo.

Como contraparte, en Enrich y Catsigeras, se demuestra que todos los sistemas continuos, incluyendo los de clase C1 y clase C2, poseen cierto tipo de medidas abstractas llamadas “SRB-like” (*i.e.* parecidas a las medidas llamadas SRB), definidas como las que presentan la propiedad de *observabilidad* a través de los promedios temporales asintóticos de conjuntos Lebesgue-positivos de órbitas del sistema. Dicha propiedad la exhiben en particular todas las medidas SRB de los sistemas diferenciables, en los casos en que las SRB existen. Es decir, todas las medidas SRB de los sistemas dinámicos diferenciables son casos particulares de medidas SRB-like, y estas últimas siempre existen, aunque el sistema no sea diferenciable.

¿No es el nuevo enunciado de existencia de medidas SRB-like inconsistente con los contraejemplos conocidos previamente para los que no existen medidas SRB? La respuesta es “no, no lo es”, pues el nuevo teorema se refiere a las medidas SRB-like y no a las SRB solamente. Estas son, cuando existen, solo casos particulares de aquellas. Por lo tanto, pueden no existir las SRB, como en el contraejemplo previamente conocido de Robinson y Young, y sí existir las SRB-like como se demuestra en el nuevo teorema.

En conclusión, la consistencia del nuevo teorema con el cuerpo de la subdisciplina desarrollado hasta ese momento requirió la creación e introducción de un concepto matemático nuevo: el de las medidas SRB-like o propiedad de observabilidad. Este concepto nuevo es consistente con el concepto previo de medida SRB, y más aún, aparentemente fue extraído o inspirado en el descubrimiento de la propiedad necesaria de observabilidad de estas.

Discutamos ahora la concepción filosófica de consistencia experimental, además de la consistencia lógico-formal que ya expusimos. Esta consideración de conceptos filosóficos diferentes de consistencias matemáticas (pero no opuestas sino complementarias) permite diversificar las estrategias para excluir el error. En matemática, la *consistencia experimental* es un criterio de relevancia de un nuevo teorema: significa que el teorema nuevo que se demuestra, no solo es consistente desde el punto de vista lógico-formal con los

6 Estamos considerando las medidas SRB como las que satisfacen ciertas propiedades de continuidad absoluta. Más precisamente, la proyección a lo largo de la foliación estable y las medidas condicionales respecto a la foliación inestable deben ser absolutamente continuas.

enunciados aceptados hasta el momento en la subdisciplina matemática a la cual se incorpora, sino que explica (o demuestra la necesidad de) propiedades matemáticas ya observadas previamente en el comportamiento de ejemplos o casos particulares no triviales que, por alguna razón, son considerados relevantes o paradigmáticos dentro de la disciplina.

Es más fácil encontrar ejemplos donde la consistencia experimental es relativa a la investigación de la matemática aplicada a otras ciencias que de la matemática pura. Así, por ejemplo, el teorema de Mirollo y Strogatz en la subdisciplina matemática de los sistemas dinámicos deterministas (como rama de la biomatemática, y en particular aplicada a la neurociencia) demuestra la necesaria sincronización del evento llamado “espiga” o “disparo” de las neuronas de una red excitatoria. Para poder enunciarlo y demostrarlo, se definen de forma matemática abstracta las neuronas, la red que conforman, y el fenómeno de espiga, modelando la red o subred neural⁷ biológica concreta. Ese teorema, desde el punto de vista lógico-formal de su enunciado y de su demostración, es relevante porque, entre otros motivos, es *consistente* con el fenómeno de sincronización de espigas observado experimentalmente mediante encefalogramas en ciertas subredes neurales biológicas excitatorias estudiadas previamente por los neurocientíficos. Por lo tanto, la relevancia por consistencia experimental de este teorema está en parte fundado en la relevancia de los resultados previos obtenidos experimentalmente en esas otras disciplinas o ciencias, a las cuales el teorema se aplica. Este criterio de relevancia de enunciados matemáticos aplicados o aplicables, basado en la relevancia de resultados experimentales previos o posteriores, con los cuales el enunciado es consistente, no es un criterio que se limita a verificaciones lógico-formales. Es racional informal, apelando al siguiente argumento de Putnam sobre la racionalidad de las ciencias:

Los procedimientos mediante los que decidimos (la relevancia) tienen que ver con que considerada como un todo, exhiba ciertas ‘virtudes’, o no las exhiba. Estoy suponiendo que el procedimiento ... (de decisión), no puede analizarse correctamente como un procedimiento de verificación ... oración por oración. Estoy suponiendo que la verificación ... es una cuestión holística, que son los sistemas ... enteros los que se enfrentan al tribunal de la experiencia..., y que el juicio resultante es una cuestión un tanto intuitiva, que no puede formalizarse a menos que formalicemos toda la psicología humana... (Putnam 61).

7 Cuando la red está definida en forma abstracta matemática, o diseñada por la ingeniería como red artificial, se llama “red neuronal”. Cuando es una red de neuronas biológicas del sistema nervioso de un animal, se denomina “red neural”.

Aunque es más difícil encontrar ejemplos, en la investigación matemática pura la consistencia experimental también es un criterio racional informal complementario al lógico-formal, y aplicable a juicios de relevancia de enunciados nuevos. Por ejemplo, Anosov en 1967 definió una clase de difeomorfismos, y dio ejemplos particulares de ellos, que son uniformemente hiperbólicos en forma global en todo el espacio. Estos difeomorfismos posteriormente se llamaron “difeomorfismos de Anosov”. Todos los ejemplos de esta clase de difeomorfismos estudiados hasta el día de hoy (descontados aquellos para los que aún no se conocen las propiedades ergódicas) cumplen la siguiente propiedad:

Si un difeomorfismo de Anosov es conservativo⁸, entonces es ergódico⁹.

El enunciado anterior no es un teorema. Es solamente el resultado obtenido en todos los ejemplos de difeomorfismos de Anosov conservativos para los cuales se pudo estudiar la ergodicidad. Es aún una pregunta abierta si la proposición anterior es verdadera o falsa para la totalidad de los difeomorfismos de Anosov conservativos. Es decir, la ergodicidad de los difeomorfismos de Anosov conservativos es un resultado “experimental” de la matemática pura; y lo llamamos “experimental” porque su verificación, aunque sea lógico-formal y abstracta, es aplicable solamente uno a uno a casos particulares que no son la generalidad.

En el año 1972, Sinai demostró que todos los difeomorfismos de Anosov conservativos que son de clase C^2 son ergódicos. Este teorema de Sinai, además de ser relevante según los criterios de no trivialidad que discutiremos en la sección siguiente, lo es por su propiedad de consistencia experimental con todos los ejemplos de difeomorfismos de Anosov cuya ergodicidad era conocida en forma particular, caso a caso, hasta el momento de su aparición. Y aunque no demuestra la ergodicidad en todos los ejemplos posibles (pues excluye los difeomorfismos que no son de clase C^2), extiende la propiedad de ergodicidad, antes conocida ejemplo a ejemplo solamente, a toda una subclase de difeomorfismos de Anosov conservativos.

Concluimos que el criterio de consistencia experimental de un nuevo teorema es un concepto racional informal, ya que explica en general las propiedades exhibidas en ejemplos previamente considerados *relevantes* en esa subdisciplina; y la relevancia no es una propiedad verificable mediante un algoritmo de deducción, ni apelando a argumentos lógico-formales exclusivamente.

8 Un difeomorfismo se llama “conservativo” si preserva la forma de volumen en el espacio donde actúa.

9 Un difeomorfismo se denomina “ergódico” si los promedios temporales asintóticos de funciones observables a lo largo de casi todas sus órbitas son iguales al promedio espacial o valor esperado de la función que se observa.

En las próximas secciones extenderemos las estrategias que hemos utilizado hasta ahora, que incluyen dos concepciones filosóficas diferentes pero complementarias de consistencia matemática (la lógico-formal y la experimental), para discutir también la no trivialidad y la redundancia de los enunciados matemáticos.

3. CRITERIOS DE NO TRIVIALIDAD LÓGICO-FORMAL E INFORMAL

El adjetivo “no trivial” es comúnmente usado por los matemáticos para indicar que un teorema no es obvio o no es fácil de demostrar (véase, por ejemplo, Weisstein). Aquí, es importante no sustituir la conjunción “o” por la conjunción “y”. Es decir, un teorema puede ser no trivial, si no es obvio lo que enuncia, aunque su demostración sea breve y fácil de entender. Pero esta definición requiere precisar primero qué significa *obviedad* y *fácil de demostrar*. Como dependen del contexto y del investigador (matemático o no), estas propiedades de un teorema no son lógico-formales, sino informales, aunque plausibles de producir un criterio racional de relevancia del teorema. Por tanto, este es un criterio informal, como lo analizaremos más adelante, y es el que adoptamos como criterio de no trivialidad de un teorema. Justificaremos nuestra elección a lo largo de la siguiente discusión.

Veamos varios posibles significados, estrechamente vinculados entre sí, de la *no trivialidad lógico-formal*. Para ello, definamos su negación, la *trivialidad*. Una nueva afirmación es *trivial, desde el punto de vista estricto lógico-formal*, si de los enunciados (definiciones, axiomas, teoremas) conocidos en la subdisciplina matemática desarrollada hasta el momento se puede deducir esa afirmación. Esta definición no es nunca empleada por los matemáticos investigadores. Si la aplicaran, todos sus resultados serían triviales, independientemente de la profundidad de los significados, de las construcciones de nuevos conceptos matemáticos involucradas en su obtención, así como de la dificultad y longitud de las demostraciones. Son estos factores, y no la definición estricta lógico-formal, los decisivos en un juicio de trivialidad o no trivialidad de enunciados para los matemáticos.

Agreguemos entonces la siguiente condición: una nueva afirmación es *trivial, desde un punto de vista cuantitativo lógico-formal*, si se puede deducir mediante una cantidad breve de pasos deductivos *directos*. Para esto, es necesario definir *a priori* la cota superior numérica de la “cantidad breve” y la lista finita de los pasos deductivos “elementales o directos”. En este sentido, una afirmación es trivial para un matemático si su demostración es un “ejercicio”. Así el matemático puro que no trabaja en aplicaciones no publica como resultados

de investigación lo que considera ejercicios, pues los evalúa como no trascendentes a la investigación matemática en su especialidad, y por lo tanto irrelevantes para el avance de esta. Pero, en sentido contrario, desde el punto de vista del matemático aplicado, y de los investigadores de otras ciencias que utilizan la matemática, la postura de considerar triviales los enunciados brevemente deducibles a partir de lo ya conocido en la subdisciplina matemática que se aplica resulta una limitación inadecuada. En efecto, según el premiado Nobel en física, Richard Feynman, “los matemáticos designan cualquier teorema como trivial, una vez que su prueba ya fue obtenida y es conocida,... Por lo tanto hay solo dos tipos de proposiciones matemáticas verdaderas: las triviales y las aún no demostradas” (citado en Weisstein 1).

Los criterios de no trivialidad matemática que la mayor parte de los matemáticos investigadores utilizan, ya sea en matemática pura o aplicada, no son únicamente los lógico-formales. Esta es la primera de las razones por las que preferimos afiliarnos al *criterio racional informal de no trivialidad*, definido al principio de esta sección, y que discutiremos a continuación.

Entre otros autores, Shanks define “el opuesto de un teorema trivial ... (como) un ‘teorema profundo’. Cualitativamente, un teorema profundo es un teorema cuya prueba es larga, complicada o difícil, o (cuyo enunciado) involucra temas de la matemática que no están obviamente relacionadas...” (Shanks 64) Esta definición de no trivialidad matemática, como sinónimo de profundidad del enunciado, en cuanto a la relación entre conceptos matemáticos no primariamente vinculados, es recogida y preferida en la actualidad por buena parte de los investigadores en matemática. Por ejemplo, Tao enumera veintidós criterios no exhaustivos para explicar qué es la “buena” matemática. Entre ellos, considera que el concepto de profundidad de un resultado matemático es una característica de evidente no trivialidad, porque, entre otras razones, capta un fenómeno más allá del alcance de herramientas más elementales.

Según Gray “los matemáticos usan la palabra ‘profundo’ para referir una alta apreciación de un concepto, teorema o demostración. Su primer uso en matemáticas fue una consecuencia del trabajo de Gauss en teoría de números y el acuerdo entre sus sucesores que partes específicas de ese trabajo mostraban propiedades estructurales de la matemática... en contraste al alcance menos estructural y más orientado a la solución de problemas” (177).

La profundidad de un teorema se refiere al criterio racional informal de no trivialidad, y a la vinculación a través de su enunciado de estructuras matemáticas no directamente relacionados o evidentes en forma previa. Cuando esta vinculación resulta sorprendente o inesperada, aun si la demostración

formal es breve y sencilla, el teorema es profundo. Es un criterio informal, pues no solo es irreducible a algoritmos formales, sino que involucra al sujeto en su percepción de profundidad. Aunque informal, es un criterio racional de no trivialidad, por ejemplo cuando se justifica y fundamenta matemáticamente, de manera independiente de la demostración formal del teorema. Así, este criterio racional de no trivialidad es inherente al enunciado mismo en forma desligada de su demostración. Puede ser, además, inmutable en el tiempo, aunque en el futuro puedan encontrarse demostraciones formales muy simples del mismo teorema.

Ilustremos el argumento anterior con un ejemplo que no corresponde a la investigación en matemática de hoy en día, sino de la Antigüedad. El teorema de Pitágoras es no trivial, intrínsecamente, pues en forma inesperada y sorprendente relaciona las operaciones de suma y multiplicación de cantidades numéricas con las longitudes de los lados de un triángulo rectángulo. Se han hecho populares hoy en día demostraciones brevísimas y muy sencillas de este teorema. Pero aun así, ¿cómo pueden las operaciones numéricas de multiplicación y suma ser tan una manifestación de la geometría métrica de un triángulo rectángulo? Los conceptos están definidos *a priori* de forma independiente. ¿Por qué sucede entonces que esa aparente independencia no sea tal, sino que sean conceptos vinculados a través del teorema de Pitágoras? Entender las causas profundas de relaciones matemáticas conlleva una comprensión diferente de la mera explicación lógica, deductiva y formal de cada paso de una demostración, e inspira la creación de definiciones matemáticas abstractas que reflejan esa comprensión profunda. Livio sugiere que esa comprensión trasciende la forma lógico-deductiva de relaciones no obvias, y en ella radica la respuesta “es ambos”, a la vieja pregunta de si la matemática es invento o descubrimiento.

El criterio de no trivialidad por no obviedad o profundidad del enunciado de un teorema, a pesar de la eventual simplicidad de su demostración formal, está estrechamente ligado a los criterios racionales informales de relevancia de un enunciado matemático por su belleza estética y simplicidad. La mayoría de los investigadores en matemática pura reconocen su motivación en la búsqueda de la no trivialidad informal, es decir la profundidad del significado de los enunciados que crean o descubren. Además identifican belleza y relevancia en el contraste entre la no obviedad y la simplicidad de la relación hallada, cuando la demostración que encuentran, desde el punto de vista lógico-formal, se puede reducir a una cantidad breve de pasos deductivos relativamente elementales. Por ejemplo, Hardy sugiere que una de las condiciones necesarias para la percepción de belleza en la matemática es la economía de recursos formales.

Sin embargo, en la práctica de la comunicación y publicación de los resultados de la matemática pura, resulta hoy en día muy difícil encontrar ejemplos de enunciados nuevos no triviales, es decir profundos o no obvios, pero con demostraciones breves y sencillas. En primer lugar, el propio matemático frecuentemente autocensura sus resultados como triviales, y solo los difunde en forma de ejercicios cuando obtiene demostraciones breves y sencillas, aunque sus enunciados sean nuevos y muestren propiedades inesperadas y sorprendentes.

En segundo lugar, si el investigador matemático aún cree relevante su resultado a pesar de la sencillez de su demostración, y lo somete a publicación, con dificultad el árbitro se convencerá racionalmente de la no trivialidad. Por lo general, en un juicio de no trivialidad se considera primero el aspecto formal de la demostración, sobre todo si el autor no ha agregado una introducción que justifique de modo racional la no obviedad *a priori* y la profundidad de las relaciones halladas en sus enunciados.

Un criterio de no trivialidad usado para un teorema nuevo en los arbitrajes de las comunicaciones científicas de matemática termina a veces limitándose a “medir la longitud” de su demostración, verificar que no esté artificialmente alargada y a “contar las dificultades exitosamente sorteadas” durante su construcción. Si estas mediciones están por abajo de ciertas cotas, es usual que el teorema sea tildado de “trivial” y por lo tanto “irrelevante”, y no sea publicado, aunque su enunciado sea racionalmente sorprendente e inesperado.

Esta postura conduce a veces a que las relaciones profundas que puedan existir entre conceptos matemáticos de origen independiente, o de subdisciplinas matemáticas diferentes, pueden ser difundidas muy parcialmente, solo como curiosidades o ejercicios, por fuera de la bibliografía científica arbitrada y reconocida.

Concluimos que, por un lado, el concepto de no trivialidad o no obviedad del enunciado de un teorema, y su percepción de profundidad por parte de los matemáticos durante la actividad de investigación, están estrechamente ligados a criterios racionales informales no cuantitativos de relevancia y a propiedades intrínsecas de las relaciones matemáticas contenidas en el enunciado, en forma parcialmente independiente de la economía o abundancia de recursos formales utilizados en la demostración. Pero, por otro, paradójicamente para la comunicación, aceptación y publicación de resultados matemáticos nuevos, la brevedad o sencillez de recursos formales necesarios para la demostración son con frecuencia consideradas señales de trivialidad u obviedad del enunciado.

4. CRITERIOS DE NO REDUNDANCIA LÓGICO-FORMAL Y DE REDUNDANCIA ÓPTIMA INFORMAL

La *redundancia lógico-formal global* de una subdisciplina o rama matemática es la propiedad de que al menos uno de sus enunciados se puede deducir de los demás. En este sentido, todo resultado “nuevo” de una subdisciplina matemática ya existente es redundante, excepto si para demostrarlo se requirió agregar definiciones o presupuestos nuevos, consistentes pero no deducibles de la teoría existente hasta el momento. Por este motivo la no redundancia lógico-formal, en su concepción global, no es un criterio aplicable de manera usual en la matemática para juzgar la relevancia de sus enunciados.

Los criterios de no redundancia lógico-formales que efectivamente se tienen en cuenta en un juicio de valor de enunciados matemáticos son dos, y establecen condiciones lógicas diferentes e independientes entre sí. Ambos son parciales en vez de globales.

El primero, que llamaremos *no redundancia mutua lógico-formal*, está restringido a las proposiciones condicionantes (los supuestos, que deben ser mutuamente consistentes) cuando forman parte de una única definición, de un mismo conjunto de axiomas o de la hipótesis de un mismo teorema. Es el siguiente criterio: el subconjunto de supuestos no es mutuamente redundante cuando ninguna de las proposiciones que lo forman puede deducirse de las demás. Es más un criterio de bondad del enunciado respectivo que de su relevancia. Es decir, aunque el enunciado contenga en sus supuestos redundancias mutuas lógico-formales no obvias (no triviales), puede aún ser relevante, aunque se le considere mejorable, no óptimo.

El segundo criterio de no redundancia lógico-formal de un teorema, que denominaremos *no redundancia relativa a la tesis*, también está restringido a las proposiciones condicionantes de la hipótesis de un mismo teorema. Pero en vez de considerar la no redundancia mutua, se tiene en cuenta la necesidad de cada proposición supuesta en la hipótesis para que se cumpla la tesis. El criterio es el siguiente: los supuestos en la hipótesis de un teorema son redundantes desde el punto de vista lógico-formal con respecto a la tesis de dicho teorema, si retirando por lo menos una de las proposiciones supuestas en la hipótesis, de las demás se puede deducir la misma tesis del teorema.

Expongamos un ejemplo de redundancia lógico-formal mutua de los supuestos de un enunciado. En la definición de los difeomorfismos de Anosov se establece como condición que el comportamiento dinámico de los subfibrados invariantes sea uniformemente hiperbólico. Un teorema no trivial, demos-

trado por ejemplo en Bonati (2005) y colegas, establece que si los subfibrados son invariantes y uniformemente hiperbólicos, entonces son continuos. Por lo tanto, esa propiedad de continuidad sería redundante si se le agregara a la definición de difeomorfismo de Anosov o a las hipótesis de un teorema que la presuponga.

Sin embargo, y aunque la continuidad de los subfibrados es una propiedad redundante respecto a las otras condiciones que definen la clase de difeomorfismos de Anosov, con frecuencia se le agrega a la definición o a las hipótesis de los teoremas! Se le incluye racionalmente, aunque sea redundante desde el punto de vista lógico-formal. Por un lado, esa redundancia no es obvia y la continuidad de los subfibrados es una propiedad no trivial. Y, por otro, es una propiedad esencial y necesaria en las demostraciones de muchas características relevantes (dinámicas, topológicas y ergódicas) de los difeomorfismos de Anosov. Concluimos que el criterio de no redundancia lógico-formal puede no aplicarse en algunos casos porque predomina el criterio de no trivialidad racional informal. Aun así, en esos casos se acostumbra salvaguardar la forma agregando una nota que advierte de la redundancia lógico-formal mutua de las condiciones supuestas.

Consideremos ahora un ejemplo de no redundancia lógico-formal de cada supuesto en la hipótesis de un teorema con respecto a su tesis. El siguiente caso no corresponde a la investigación matemática actual, sino a la enseñanza de la matemática universitaria. Pero de todas formas es ilustrativo de los criterios de evaluación de redundancias de los supuestos respecto a la tesis durante los procesos de investigación en la disciplina. El conocido teorema de Picard (véase, por ejemplo, Sotomayor) establece que existe y es única la solución con dato inicial de la siguiente ecuación diferencial ordinaria:

$$(1) \quad dx/dt = F(x),$$

donde la función F es continua y lipschitziana. La demostración clásica de este teorema tiene dos partes no triviales: una, la prueba de existencia, y otra, la prueba de unicidad, que aunque no trivial resulta relativamente sencilla basada en la demostración previa de la existencia. Nos interesa observar que la parte más relevante de la demostración, la de existencia de solución, no requiere en realidad la hipótesis de Lipschitz de la función F . Más precisamente, el teorema de Peano (véase, por ejemplo, Sotomayor) establece que existe la solución con dato inicial de la ecuación diferencial (1) cuando la función F del segundo miembro es continua, aunque no sea lipschitziana. Por lo tanto, si la tesis por demostrar fuera solamente la existencia de solución, la hipótesis de Lipschitz sería redundante respecto a la tesis.

Pero la tesis del teorema de Picard afirma también la unicidad de la solución. Y aunque la demostración de esa unicidad sea formalmente fácil de obtener a partir de la demostración de existencia, la hipótesis de Lipschitz no es redundante. En efecto, es clásico el ejemplo de la ecuación diferencial $dx/dt = F(x)$ donde F es la función raíz cuadrada. Para ella existe solución con dato inicial $x(0) = 0$, pero no es única. Ese ejemplo muestra la no redundancia de la hipótesis de Lipschitz respecto a la tesis de unicidad del teorema de Picard, y por lo tanto, la relevancia de esta condición, independientemente de que solo se utilice en la parte más sencilla de la demostración.

En la mayoría de los casos, cuando no es obvia, puede resultar difícil verificar la no redundancia lógico-formal de los supuestos de un teorema, tanto la mutua en las proposiciones de la hipótesis, como la de cada una de esas proposiciones relativas a la tesis. En la matemática actual es frecuente la aparición de nuevos teoremas no triviales, que establecen que un cierto supuesto de la hipótesis de un teorema previo era redundante con relación a la tesis.

En general, un juicio de valor racional de un teorema nuevo verifica, además de la consistencia y la no trivialidad, la siguiente condición para la no redundancia lógico-formal. Esta consiste en que ninguna de las proposiciones supuestas en la hipótesis de un nuevo teorema sea omitida, u obviamente omisible, a lo largo de todos los pasos deductivos de su demostración. Nos referimos a la demostración dada, no necesariamente a cualquier otra demostración que pueda encontrarse en el futuro para el mismo teorema. Sin embargo, aunque necesaria, esta verificación por sí sola no asegura la no redundancia (también llamada *necesidad*) de ese supuesto particular, para obtener la misma tesis del teorema mediante alguna otra demostración aún no conocida, a menos que se dé un contraejemplo. Un tal contraejemplo, que prueba la no redundancia de cada proposición de la hipótesis respecto a la tesis de un teorema, es un caso particular en que se cumplen todos, excepto uno, los supuestos en la hipótesis; no se cumple ese uno, y no se cumple la tesis del teorema. Nos referimos solamente a la necesidad de cada supuesto hipotético por separado, asumiendo verdaderos los demás y la tesis del teorema. Por lo tanto, un criterio de relevancia lógico-formal de un teorema nuevo considera positivamente, pero no obligatoriamente, los contraejemplos que puedan suministrarse además del enunciado del teorema, que prueben que ninguno de los supuestos en la hipótesis es redundante respecto a la tesis.

Otra cuestión relacionada con la no redundancia de los supuestos, relativa a la tesis de un teorema, en general más difícil de evaluar que la que definimos arriba, es la necesidad de todos los supuestos de la hipótesis a la vez, para que valga la tesis. Más precisamente, la no redundancia de las hipótesis de un

teorema respecto a la tesis es *total* cuando las proposiciones de la tesis implican por deducción la verdad de todas las proposiciones de la hipótesis a la vez. Esta cuestión ya no se denomina en matemática propiedad de no redundancia de la hipótesis, sino una propiedad mucho más fuerte, llamada *caracterización* de la tesis. Es, desde el punto de vista lógico-formal, equivalente a la verdad del teorema recíproco.

Con frecuencia, exceptuando los contraejemplos triviales, es muy difícil que un teorema nuevo sea enunciado por primera vez acompañado de contraejemplos que prueban la necesidad (es decir, la no redundancia respecto a la tesis) de cada uno de los supuestos en su hipótesis. Una de las fuentes de las conjeturas que plantean los matemáticos investigadores, e incorporan a sus agendas de investigación, es precisamente la pregunta de si alguna de las afirmaciones asumidas en la hipótesis de un teorema ya conocido es necesaria, es decir, no redundante con respecto a la tesis del teorema (y a las demás proposiciones de su hipótesis).

Por ejemplo, en 1977 Pesin formuló por primera vez que para todos los difeomorfismos de Anosov de clase C^2 , las medidas llamadas “físicas” (*i.e.* medidas de probabilidad que describen la estadística de órbitas típicas según Lebesgue) verifican una igualdad para la entropía, que luego se denominó *fórmula de Pesin de la entropía* (Mañé). Esta es una igualdad matemática entre la entropía métrica y el promedio espacial del logaritmo de la tasa de dilatación. La demostración de la fórmula de Pesin usa en forma esencial el supuesto hipotético de que el difeomorfismo es de clase C^2 . Es sin duda una hipótesis no redundante para que *esa demostración* del teorema funcione. Sin embargo, recientemente se descubrió que es redundante desde el punto de vista lógico-formal con respecto a la tesis. Más precisamente, no es necesario que el difeomorfismo de Anosov sea de clase C^2 para que toda medida física satisfaga la fórmula de Pesin de la entropía (véase, por ejemplo, Cerminara, Catsigeras y Enrich).

¿Pierde con este nuevo resultado su relevancia, respecto a la fórmula de Pesin, la vieja hipótesis de regularidad C^2 ? En nuestra opinión, a favor de la cual argumentaremos a continuación, y según los argumentos racionales informales de buena parte de los matemáticos que investigan en la teoría ergódica diferenciable, la respuesta es “No, no la pierde en absoluto”.

En efecto, la hipótesis de regularidad C^2 , si bien no es necesaria para deducir que las medidas físicas satisfacen la fórmula de Pesin, sí lo es para que el procedimiento anterior de demostración de esta fórmula, vía la propiedad de continuidad absoluta de las foliaciones invariantes, sea válida. Por un lado, la comunidad matemática especializada en teoría ergódica diferenciable la consi-

dera relevante en sí misma según prácticamente todos los criterios racionales informales que discutimos y analizamos en este trabajo. Por otro, la demostración anterior de la fórmula de Pesin muestra, como paso intermedio, no solo que las medidas físicas la satisfacen, sino que estas medidas son absolutamente continuas respecto a la foliación inestable. Y este resultado, que no sería cierto sin la hipótesis de regularidad C2 (como muestra el contraejemplo de Robinson y Young) tiene relevancia en sí mismo: se considera no solo una herramienta de demostración, sino una propiedad no trivial relevante del sistema dinámico.

El ejemplo anterior muestra otra vez que los criterios lógico-formales de no redundancia pueden ser, en la práctica de la investigación matemática actual, inocuos respecto a un juicio de relevancia de enunciados, cediendo su lugar a criterios racionales informales de relevancia. Es una de las razones por las que nos afiliamos a la integración de los criterios lógico-formales con los otros criterios racionales, pero informales, en los juicios de valor del quehacer de la investigación matemática.

En la siguiente discusión distinguiremos dos sitios donde la redundancia racional informal, en vez de la no redundancia lógico-formal, puede incidir positivamente en un juicio de relevancia de los resultados: la del proceso creativo o de descubrimiento de los enunciados matemáticos, y la de su proceso de comunicación.

Es frecuente que los matemáticos se ocupen de la comprensión profunda de los resultados matemáticos y procuren comunicar el aspecto significativo de los contenidos, además de exponer la lógica formal deductiva de las demostraciones. Como muchas actividades humanas no exactas, la comunicación de la matemática (y aunque la matemática sea una ciencia exacta, su comunicación no lo es) requiere redundancia en la transmisión de información, para que los errores de expresión e interpretación puedan ser corregidos, o por lo menos detectados, y minimizar sus efectos negativos en la eficiencia de la comunicación. Aunque usa símbolos y notación muy específicos, el lenguaje matemático es un lenguaje humano. Definamos la *entropía del error* como la tasa de expansión de la cantidad de información que es diferente entre la información transmitida y la recibida (estas diferencias son los “errores” en la transmisión).

A pesar que raramente es mostrado en modelos diagramáticos del proceso de comunicación, la redundancia –la repetición de elementos dentro de un mensaje que previene el error en la comunicación de información– es el mayor antídoto a la entropía (Gordon 2).

La mayor parte de los lenguajes escritos y hablados, por ejemplo, son aproximadamente 50 % redundantes. En el lenguaje humano escrito o hablado, se podría reducir a un 50 % la cantidad de elementos, símbolos o códigos transmitidos, sin alterar la cantidad de información que se aspira a comunicar. Aunque si se efectuara esa reducción, la seguridad por eventuales errores en la comunicación sería nula.

La redundancia natural en todo lenguaje humano (y quizás el lenguaje matemático sea de los que tienen menor redundancia entre todos ellos) es el mismo fenómeno físico de la redundancia artificial de los medios de transmisión de la ingeniería moderna, que se diseña para aumentar la seguridad de las comunicaciones digitales. Y también es el mismo fenómeno físico de la redundancia exhibida en numerosos procesos naturales. Por ejemplo, en el análisis matemático estadístico de series temporales de datos, para estudiar fenómenos naturales como el estado del tiempo entre otras aplicaciones, se llama *redundancia* a la diferencia de la suma de las entropías (definida la entropía, en este caso, como el crecimiento de la cantidad de información significativa, y no como crecimiento de los errores de la información) de todas las variables por separado, menos la entropía conjunta de esas variables. Dicho de otra forma, la cantidad de información de la serie de datos no es la suma de la información de cada dato por separado, sino que es esta suma menos la redundancia. Esta redundancia es mayor cuando más mutuamente dependiente son los datos estudiados. Por lo tanto, a igual cantidad de información de los datos por separado, cuanto mayor es la redundancia, más reducida es la cantidad de información significativa que se obtiene de ellos. Pero es justamente esta redundancia entre los datos lo que permite hacer predicciones matemáticas: cuanto mayor redundancia, más previsible será la evolución futura de un fenómeno natural estudiado o artificial diseñado.

Por razones de confiabilidad, se introduce natural o artificialmente cierta cantidad de redundancia, la cual implica un sobredimensionamiento de los canales de transmisión o soporte de conservación de esa información. Es decir, cuanto mayor es la redundancia, y por lo tanto mayor es la seguridad y fidelidad en la comunicación y en la información transmitida, menor es el aprovechamiento de los recursos necesarios para transmitirla. En efecto, por ejemplo en la teoría de las telecomunicaciones:

Mediante el proceso de conversión analógico-digital, cualquier medio disponible de telecomunicaciones tiene una capacidad limitada para la transmisión de datos. Esta capacidad es comúnmente medida por un parámetro llamado “ancho de banda”. Como el ancho de banda de una señal aumenta con el número de bits a ser transmitidos, una función importante en el sistema digital de comunicaciones es representar la señal digitalizada con la menor cantidad posible de bits (Lehnert 1).

Pero para obtener eficiencia usando la menor cantidad posible de bits habría que reducir a cero la redundancia en la cantidad de información de la señal, y por lo tanto la seguridad y confiabilidad de su transmisión. Esto muestra que, al comunicar información, existe un compromiso entre la seguridad-confiabilidad en la transmisión de esa información, y la eficiencia en el uso del medio de transmisión utilizado. Al aumentar la redundancia, se incrementa la primera pero se disminuye la segunda. Por lo tanto, la situación óptima, según sea el objetivo del que comunica, se encuentra en un valor intermedio de redundancia, que no es nulo pero tampoco 100 %.

En la comunicación de resultados matemáticos, aparece este mismo compromiso. Por ejemplo, artículos matemáticos que contienen resultados muy relevantes y son publicados en las revistas científicas más importantes, con frecuencia son más largos que el promedio de los artículos matemáticos publicados en otras revistas científicas. Esto sucede no solo porque la cantidad de enunciados de cada artículo excepcionalmente relevante sea relativamente grande, y sus demostraciones largas y complicadas, sino porque también contienen –por lo general en la introducción y en notas remarcadas a lo largo del artículo– explicaciones sobre el significado profundo de esos enunciados y su relación con otros resultados ya conocidos. Estas explicaciones, desde el punto de vista lógico-formal son redundantes, pero a veces son imprescindibles en la búsqueda de efectividad y calidad de la comunicación matemática.

Resulta paradójico que, exceptuando casos como los descritos arriba, en buena parte de la bibliografía de investigación científica en matemática de hoy en día, a pesar de que el recurso de transmisión de información utilizado (por ejemplo, publicación en línea, en vez impresa) es abundante y de relativo bajo costo, algunos de los artículos sean escuetos, excesivamente concisos, y con poca redundancia en la comunicación. Esto quizás se deba a que, para enunciados matemáticos no excepcionalmente relevantes, no sea tan necesaria la redundancia, pues cuando más fácil de comprender o menos profundo es un enunciado, menos sujeto está a errores en su transmisión o comunicación. La concisión, evitando la redundancia tanto formal-lógica como informal en la comunicación de resultados de investigación, es también coherente con una postura filosófica minimalista, frecuente entre algunos matemáticos.

Previo a un juicio de no redundancia de los supuestos de un enunciado, es habitual que el investigador matemático procese su comprensión profunda de esos supuestos a través de un argumento por condicionantes contrafactuales. Estos son condicionantes que suponen la negación de proposiciones asumidas con anterioridad. En el ejemplo del teorema de Picard expuesto antes, si un estudiante tuviera que investigar la no redundancia de la hipótesis

de Lipschitz, el condicionante contrafactual que asumiría es “Si F no fuera Lipschitz...”. En ese caso la conclusión de no redundancia de la hipótesis de Lipschitz establecería: “entonces la solución con dato inicial podría no ser única”. Sin embargo, esa conclusión no se obtiene por *deducción* lógico-formal (en este ejemplo). Bajo el condicionante contrafactual, es falso que la solución con dato inicial sea necesariamente no única, como podría esperar el estudiante. Es decir, no es en este caso solo un proceso deductivo el que lleva el condicionante contrafactual a la conclusión de no redundancia de la hipótesis que niega. Concluimos que la discusión de los supuestos contrafactuales racionales puede trascender la argumentación lógico-formal, y corresponde a una concepción filosófica de racionalidad informal.

En el ejemplo que estamos discutiendo, la prueba de no redundancia de la hipótesis de Lipschitz en el teorema de Picard requiere exhibir un contraejemplo para el cual se verifique ese condicionante, pero para el cual la solución no sea única. Justamente, imaginar o descubrir ese contraejemplo no es un resultado que se obtiene aplicando solo leyes lógico-formales. No se construye el contraejemplo meramente por deducción, sino que requiere de la creación e imaginación del investigador. “La habilidad humana de pensar racionalmente sobre situaciones hipotéticas y relaciones condicionantes se apoya en la capacidad de imaginar posibilidades” (Laird citado en Byrne 441).

¿Pero es la creación e imaginación en matemática un proceso racional? Efectivamente lo es, afiliándonos a la definición de imaginación racional de Byrne. “En el pasado, racionalidad e imaginación eran vistas como opuestas. Pero la investigación ha mostrado que el pensamiento racional es más imaginativo de lo que se suponía” (439). En particular, la imaginación racional por condicionantes contrafactuales en matemática permite crear alternativas en la búsqueda de nuevo conocimiento en la subdisciplina que se investiga. Aunque el proceso de imaginación es informal, en la creación de conocimiento matemático es racional. En efecto, “los mismos principios del pensamiento racional conducen también al pensamiento imaginativo ... y el puente entre la racionalidad y la imaginación puede ser construido sobre condicionales contrafactuales” (Byrne 441). Sin embargo, aunque racional, la redundancia entre conjuntos de enunciados requerida durante los procesos de creación e imaginación en los que la investigación matemática se apoya no sigue un algo-

ritmo lógico-formal descriptible paso a paso. Por lo tanto, esa redundancia, y la manera en la que la imaginación matemática se basa en ella, son conceptos racionales informales. Concluimos que la actividad de creación e imaginación racional del investigador matemático le permite formular conjeturas, ejemplos, contraejemplos, y tentativas de enunciados sobre los que construye y actúa su investigación. En ese proceso, las redundancias lógico-formales e informales constituyen un ingrediente esencial. No lo son solamente por las propiedades psicológicas de la creación e imaginación humanas, sino también por las características intrínsecas del proceso de investigación racional de la matemática, y por las características profundas de esta disciplina. Más aún, del proceso de creación e imaginación racional en matemática se aspira a encontrar relaciones no triviales entre enunciados previos o nuevos.

Es justamente la búsqueda de redundancias en esa información, que es anterior a los juicios de verdad en matemática, el camino que conduce la investigación. Pero si el conjunto de enunciados sobre los que se investiga no fueran redundantes, esas relaciones buscadas no existirían, debido a la definición misma de independencia o no redundancia de la cantidad de información de cada uno. Si bien el investigador matemático con frecuencia no toma conciencia ni obtiene una medición precisa de la redundancia requerida entre los enunciados que considera en sus procesos de creación e imaginación racional, es con base en ella que puede construir el conocimiento matemático nuevo.

5. CONCLUSIÓN

Expusimos y discutimos varias definiciones, ilustradas con ejemplos, de los conceptos de consistencia, no trivialidad y redundancia en la investigación de la matemática actual, tanto desde el punto de vista lógico-formal como del racional informal. Discutimos esos conceptos, argumentando a favor de una postura, en cuanto a los criterios que inciden en los juicios de relevancia matemática, acorde con una filosofía de racionalidad formal e informal integrada. Aunque quizás no tanto como en áreas científicas basadas en la experimentación y en las evidencias empíricas, en la matemática también está presente la racionalidad informal y complementa los criterios de racionalidad lógico-formales para integrar los juicios de relevancia de sus enunciados.

TRABAJOS CITADOS

- Anosov, D. V. "Geodesic Flows on Closed Riemannian Manifolds of Negative Curvature". *Proceedings Steklov Institute* 90 (1967): 1-235.
- Bonatti, C., Diaz, L., Viana M. *Dynamics Beyond Uniform Hyperbolicity: A Global Geometric and Probabilistic Perspective*. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- Byrne, R. "Précis of The Rational Imagination: How People Create Alternatives to Reality". *Behavioral and Brain Sciences* 30 (2007): 439-480.
- Cerminara, M., E. Catsigeras & H. Enrich. "The Pesin Entropy Formula for C1 Diffeomorphisms with Dominated Splitting". *Ergodic Theory and Dynamical Systems* 35 (2015): 737-761. Cook, J. W. "Did Wittgenstein Practice What He Preached?" *Philosophy* 81 (2006): 445-462.
- Enrich H. & E. Catsigeras. "SRB-like Measures for C0 Dynamics". *Bulletin of the Polish Academy of Sciences - Mathematics* 59 (2011): 151-164.
- Gordon, G. N. "Communication". *Encyclopaedia Britannica*. University of Kent. 26 jul. 1999. Web. 17 ag. 2016.
- Gray, J. "Depth- A Gaussian Tradition in Mathematics". *Philosophia Mathematica* 23 (2015): 177-195.
- Hardy, G. H. *A Mathematicians's Apology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
- Lehnert, J. "Telecommunication". *Encyclopaedia Britannica*. The Telecommunication 2.
- History Group. 11 ag. 1998. Web. 27 febr. 2016.
- Livio, M. "Why Math Works?" *Scientific American* 305.2 (2011): 80-83.
- Mañé, R. "A Proof of Pesin's Formula". *Ergodic Theory and Dynamical Systems* 1 (1981): 95-102.
- Mirollo R. E. & S. H. Strogatz. "Synchronization of Pulse-coupled Biological Oscillators". *Society of Industrial and Applied Mathematics Journal* 50 (1990): 1645-1662.
- Pesin, Y. "Characteristic Lyapunov Exponents and Smooth Ergodic Theory". *Russian Mathematics Surveys* 32. 4 (1977): 55-114.
- Putnam, H. *Reason, Truth and History*. Cambridge University Press: Editorial Tecnos, 1981. Traducción al castellano *Razón, verdad e historia*, Madrid: 2006.

- Robinson, C. & L. S. Young “Nonabsolutely Continuous Foliations for an Anosov Diffeomorphism”. *Inventiones mathematicae* 61.2 (1980): 159-176.
- Shanks, D. “Is the Quadratic Reciprocity Law a Deep Theorem?” *Solved and Unsolved Problems in Number Theory*. 4th ed. New York: Chelsea Publ., 1993. 64-66.
- Sinai, Ya. G. “Gibbs Measures in Ergodic Theory”. *Russian Mathematics Surveys* 27.4 (1972): 21-69.
- Sotomayor, J. *Lições de equações diferenciais ordinárias*. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1979.
- Tao, T. “What is Good Mathematics?” *Bulletin of the American Mathematical Society* 44.4 (2007): 623-634.
- Tarski, A. *Introduction to Logic and Methodology of Deductive Sciences*. 2nd ed. New York: Dover Publ. Inc., 1946.
- Weisstein, E. “Trivial”. *Wolfram Math World, Foundations of Mathematics*. 1997. Web. New York. W.W. Norton. 69-72.

SOBRE LA NOCIÓN DE INFORMACIÓN Y ALGUNAS IMPLICACIONES EN EL ÁMBITO PSICOSOCIAL^{1,2}

ABOUT THE NOTION OF INFORMATION AND SOME IMPLICATIONS IN THE PSYCHOSOCIAL FIELD

Isabella Builes Roldán^{3,4}

RESUMEN

La noción de información es esencial para la teoría de la individuación de Gilbert Simondon. Este autor se distancia de las concepciones tradicionales sobre la información dado que estas la consideran medible y controlable. Además, una posible implicación de esta sustancialización en las teorías tradicionales es que, en la sociedad actual, la información se utiliza, en conjunto con la comunicación, para controlar y manipular los sistemas sociales, y en este sentido, puede ir en vías de la alienación de los sujetos. Profundizar en este concepto desde la perspectiva de Simondon nos permite observar algunas de sus implicaciones en el ámbito psicosocial. Para ello, tenemos en cuenta los conceptos de amplificación, transducción, modulación, organización, metaestabilidad, significación y transindividualidad. Por último, proponemos que el proceso de individuación guarda una relación de continuidad con la adaptación (biológica y psicológica), entendida como una operación específica de la cual se sirve la transducción para resolver las tensiones en los seres vivos, incluyendo allí al ser humano.

Palabras clave: cibernética, Gilbert Simondon, transindividualidad, adaptación psicológica.

1 Recibido: 25 de agosto de 2016. Aceptado: 21 de marzo de 2017.

2 Este artículo se debe citar así: Builes, Isabella. "Sobre la noción de información y algunas implicaciones en el ámbito psicosocial". *Rev. Colom. Filos. Cienc.* 17.34 (2017): 161- 178.

3 Psicóloga. Estudiante de Maestría en Estudios Humanísticos, Escuela de Humanidades-Universidad EAFIT. Correo electrónico: ibuiles@eafit.edu.co.

4 Medellín, Colombia.

ABSTRACT

The concept of information is essential for the individuation theory of Gilbert Simondon. This author takes distance from traditional notions because these think information as a measurable and manageable thing. Also, a possible consequence of this substantiation of the term by the traditional theories is that information is being used with communication, to control and manipulate social systems. In this sense, it may lead to alienation of the individuals. Look deeper into this concept from Simondon allow us to observe some its implications in the field of psychosocial. For this we will take in account the notions of amplification, transduction, modulation, organization, metastability, signification and trans-individuality. Finally, we propose that the individuation process and (biological and psychological) adaptation maintain a relation of continuity, understanding adaptation as a specific operation of transduction that serves to resolve tensions in living beings.

Keywords: cybernetics, Gilbert Simondon, trans-individuality, psychological adaptation.

1. INTRODUCCIÓN

La sección inicial contextualiza el concepto de información, retomando algunas definiciones desde la perspectiva de la cibernética y la teoría matemática de la información, para luego plantear que este ha devenido un concepto central en la sociedad actual para pensar las relaciones entre los sujetos y los fenómenos sociales. No obstante, dado que tradicionalmente se asocia la información con el control de los sistemas que la contienen y la producen, en el ámbito humano esta se ha relacionado con nuevas formas de alienación de los sujetos. Consideramos con Rodríguez (2016) que los aportes de Simondon en torno a este concepto permiten distanciarse de esta posibilidad de alienación, dado que al vincular la información con aquello que permite producir una transformación en un sistema y con la significación es posible profundizar en el concepto a fin de enlazarlo con el devenir y la individuación misma.

Desde un punto de vista psicosocial, nos acercamos a la dimensión ética que implica la teoría de la individuación mediante la concepción de la transindividualidad. Además, proponemos que, en el ser humano, la operación específica de la transducción es la adaptación psicológica, entendida no como un ajuste pasivo y acrítico a las normas sociales, sino como un doble movimiento que implica instituir normas que vayan en vías de un despliegue armónico, propio del ser y coincidir con las propias normas, manteniendo la capacidad de modificarlas por el cambio propio o de las circunstancias.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA NOCIÓN DE INFORMACIÓN

El concepto *información* puede sonar sumamente trivial pues en la cotidianidad por lo general se usa con frecuencia para referirse a la transmisión de datos. Sin embargo, es de gran interés y actualidad para tan diversas disciplinas como la genética, la neurociencia, la sociología, la psicología, entre otras.

Las definiciones de este término son variadas. De acuerdo con Morán-Reyes, “el verbo transitivo “*formo, -āre*” expresa: “dar forma, conformar, construir, organizar, moldear, educar” (66). La raíz *inform-* conlleva la idea de infundir una “forma” en el receptor de la acción, forma que es una organización, una configuración, estructura (de contenidos). *Informar* se define particularmente como dar forma a algo, in-formar. Etimológicamente, el término proviene del latín *informare*; dar forma, describir (Corripio).

La ciencia que tradicionalmente se ha ocupado de la información es la cibernética. Según Siles, esta se define como “el estudio teórico de los procesos de comunicación y de control en sistemas biológicos, mecánicos y artificiales” (88). El término proviene del griego *kybernetes*, que significa ‘gobierno’, por lo que la información se asocia con las nociones de control, regulación y dominio. Uno de sus fundadores es el matemático Norbert Wiener, quien propone una equivalencia entre máquinas y humanos en cuanto a comportamientos de información, aunque diferencia ambos en su proceso de emergencia y construcción (Siles). De acuerdo con esto, todo ente es informacional dado que intercambia información con su medio.

Wiener define *información* de la siguiente manera:

[...] is a name for the content of what is exchanged with the outer world as we adjust to it, and make our adjustment felt upon it. The process of receiving and of using information is the process of our adjustment to the contingencies of the outer environment, and of our living effectively within that environment (17-18)⁵.

Según Siles, Wiener se interesa por comprender el intercambio de información así como su grado de complejidad en términos de cantidad estadística, y para esto es necesario estudiar la *comunicación*, que define como “la ciencia de las relaciones entre los fenómenos que permite distinguir su parte esencial, su naturaleza” (Siles 88).

5 “[...] es el nombre del contenido que se intercambia con el mundo exterior en el proceso de ajuste al mismo, y de los ajustes que hacemos con base en ello. El proceso de recibir y usar la información es el proceso de ajustarse a las contingencias del ambiente exterior, y de vivir de forma eficaz dentro de ese ambiente” (traducción propia).

Shannon y Weaver, a finales de la década de 1940, propusieron la llamada teoría de la información o teoría matemática de la comunicación, según la cual “la *comunicación* consiste en un proceso técnico de codificación/descodificación de mensajes entre una fuente y un destinatario, articulado por medio de señales en un canal determinado” (Siles 92). Esta teoría postula que existe algo, un objeto físico por ejemplo, que es transmitido de un emisor a un receptor; lo que se transmite es el mensaje o un conjunto de señales que son percibidas por el receptor de acuerdo con el ruido que exista y el canal que se utilice (Capurro, Shannon).

De acuerdo con Ferrater Mora, el término *información* se refiere a un conjunto de datos que son transmitidos desde una fuente emisora hacia una estación receptora; lo que se transmite se llama “mensaje”, el cual alberga la información. Estos datos son señales que pueden adoptar muchas formas y son generalmente medibles. La información implica cierta indeterminación en sí misma, es decir, dada una señal o unidad de información (bit), no se pueden predecir totalmente las próximas señales, es decir, se trata de una estructura que contiene aún cierta carga de indeterminación. Para Gell-Mann, la *información* se refiere a un conjunto de datos de los cuales el receptor extrae regularidades y las separa de lo accidental, para luego condensar ambos aspectos en un sistema sujeto a variación con el fin de generar un resultado aplicable al mundo real, por ejemplo para describir un fenómeno o predecir algún suceso.

En la teoría de Shannon y Weaver, la información no es solamente lo que reduce la incertidumbre, como se entiende coloquialmente, sino que se refiere a cantidades físicas de energía que al reducirse se asocian con una mayor entropía (Capurro, Morán-Reyes). Para Beer:

A machine in its pristine state is therefore full of uncertainty; its content is chaos. Once the machine begins to operate, however, a degree of *order* is introduced; and this ordering begins to eliminate the ruling uncertainty. This is what enables us to handle cybernetic systems: it is *information*. Information kills variety; and the reduction of variety is one of the main techniques of regulation –not indeed because it simplifies the system to be controlled, but because it makes it more predictable. “Noise” in the system increases the variety (and therefore uncertainty) without increasing the information (1959 44)⁶.

6 “Una máquina en su estado más puro está entonces llena de incertidumbre; su contenido es caos. Sin embargo, una vez que la máquina comienza a operar, se introduce un grado de orden; y este orden comienza a eliminar la incertidumbre reinante. Es esto lo que nos permite manejar los sistemas cibernéticos: es la *información*. La información elimina la variedad; y la reducción de la variedad es una de las principales técnicas de regulación –de hecho, no porque simplifique el control del sistema, sino porque lo hace más predecible. El ‘ruido’ del sistema incrementa la variedad (y por tanto la incertidumbre) sin aumentar la información” (traducción propia).

“La entropía representa la medida de la desorganización, el caos y el desorden que gobierna el conjunto del universo” (Siles 91). La introducción de información se asociaría más bien con la neguentropía o principio de orden. El progreso para Wiener estaría dado por el mejoramiento en el control y el tratamiento de la información.

El ser humano y la sociedad se componen esencialmente de información, que se convirtió en un concepto crucial para pensar las relaciones humanas en una sociedad tecnológica o sociedad de la información como es llamada la sociedad actual. En esta vía, Wiener afirma:

As we have said, nature’s statistical tendency to disorder, the tendency for entropy to increase in isolated systems, is expressed by the second law of thermodynamics. We, as human beings, are not isolated systems. We take in food, which generates energy, from the outside, and are, as a result, part of that larger world which contains those sources of our viability. But even more important is the fact that we take in information through our sense organs, and we act on information received (28)⁷.

En las definiciones de Shannon y Weaver comenzamos a observar lo que parece una dificultad en la noción de información, esto es, la presuposición de la dicotomía emisor-receptor y sus implicaciones. Morán-Reyes se aproxima a esta dualidad desde una concepción idealista/materialista:

El hecho de que la *informatio* haya mantenido una afinidad con los conceptos *eidós* y *morphé*, indica quizá un carácter dual de la información, es decir, objetiva y subjetiva a la vez (*eidós* como una concepción ideal y *morphé* como una física). Aquí está presente un hilemorfismo: son dos caras de una misma moneda. Empero, existe un sentido para *morphé* de tipo filosófico, pero que igualmente mantiene un carácter material. Esta “forma” filosófica remite a los recursos en que se vierte la expresión filosófica, tanto en lo referido al género filosófico como a su estilo correspondiente. Es decir, esta variante de la forma filosófica (*morphé*) sería una manifestación de la primera forma (*eidós*), puesto que no se puede dar la expresión sin la forma; hay una implicación necesaria, lo cual afianza la idea de dualidad (66).

7 “Como hemos dicho, la tendencia estadística de la naturaleza al desorden, la tendencia de aumento de la entropía en sistemas aislados, se expone mediante la segunda ley de la termodinámica. Nosotros, como seres humanos, no somos sistemas aislados. Incorporamos comida, que genera energía, del exterior, y somos, como resultado de esto, una parte del más grande mundo que contiene esas fuentes de nuestra viabilidad. Pero más importante aún es el hecho de que incorporamos información a través de nuestros órganos de los sentidos, y actuamos según la información recibida” (traducción propia).

Como veníamos diciendo, la ciencia de la información se ha caracterizado por excluir el rol activo del sujeto “receptor” (Capurro). Además, se ha considerado que su estudio debería hacerse en términos de cantidad estadística de información (bits), sin embargo, esto no nos provee conocimiento acerca de su contenido semántico, lo cual podría ser para algunos lo más relevante (Dretske). En este sentido, para Capurro, tanto la producción como el uso y la interpretación de la información debiesen hacerse en un grupo social concreto cuando esta aporte elementos nuevos y relevantes para una sociedad o un individuo.

No obstante, en algunas de las definiciones de Wiener encontramos una diferencia. Se tiene en cuenta la interacción que implica la información y por esto se comienza a hablar de *retroalimentación*, con lo cual se introduce en alguna medida el asunto semántico de la información, asunto que destacan Blanco y Rodríguez, citando a Wiener dicen:

La información es presentada por la cibernética como algo no reductible a las categorías que había concebido la física, revolucionada por la relatividad y la mecánica cuántica: “la información no es materia ni energía, es información. Ningún materialista que no admita esto podrá sobrevivir en nuestros días” (Wiener, como se cita en Blanco y Rodríguez 2017 216).

3. APORTES DE GILBERT SIMONDON A LA NOCIÓN DE INFORMACIÓN

En el presente artículo nos distanciamos de las formulaciones clásicas sobre la teoría de la información para dirigirnos hacia concepciones que conciben la información como un proceso o una operación entre términos dispares. Al respecto, el filósofo Gilbert Simondon (2009, 2016) plantea que un sistema de información es un sistema metaestable, donde se conservan potenciales para futuras transformaciones y se tiene en cuenta el devenir. En sus palabras:

Una situación hilemórfica es una situación en la cual no hay más que forma y materia, por tanto dos niveles de realidad sin comunicación. La institución de esta comunicación entre niveles –con transformaciones energéticas– es el inicio de la individuación; supone la aparición de una singularidad, que se puede llamar información, sea viniendo de afuera, sea subyacente (2009 114-115).

Recordemos que Simondon (2013, 2014, 2016) se opone a las concepciones ontológicas tradicionales: el sustancialismo y el hilemorfismo. En su teoría de la individuación, propone que el ser tiene la capacidad de desfasarse con respecto a sí mismo gracias a la tendencia a la amplificación.

El ser humano, por ejemplo, posee una carga preindividual que puede desplegar de acuerdo con la resonancia interna y externa (del sistema), pero esta carga, por su carácter indeterminado, no lleva a los sujetos a realizarse según un estado predeterminado por alguna sustancia; sino que el sujeto tiene en cuenta individuaciones anteriores como estructuras, y también las operaciones que realiza a partir de la información disponible y la resolución que haga de las tensiones emergentes. Por tanto, el ser humano posee la capacidad de inventar o crear nuevas formas de relacionarse con su medio y de resolver las tensiones con este.

La teoría de la individuación se basa en la perspectiva de las estructuras y las operaciones. La operación fundamental de la cual se sirve la individuación es la *transducción*, entendida como la propagación de una información en un dominio o campo específico que da lugar a cierta transformación de una estructura y sirve de base para futuras operaciones (Simondon 2009, 2014). Desde esta perspectiva, la individuación es una operación de comunicación que se basa en la concepción de la metaestabilidad⁸, la cual permite que se conserve energía potencial en un sistema que dé lugar a ulteriores transformaciones.

Con el surgimiento y desarrollo de la cibernética, así como con proyectos tecnológicos como el de la inteligencia y la vida artificial, se presentan grandes cambios en las sociedades. Dado que la definición clásica de información agrupa el control de sistemas biológicos, mecánicos y artificiales, esta une a los hombres, los animales y las máquinas, ubicándolos en el mismo nivel. Además, el asunto del control se relaciona directamente con el poder y las formas de alienación en los seres humanos.

La información, desde la perspectiva de la cibernética, es un fenómeno que se da tanto en el plano natural como en el artificial, sin que sean necesarias la conciencia o el ánimo humano (Morán-Reyes). Para Chavarría, una de las consecuencias del desarrollo de esta ciencia es la “descorporeización de la razón”, esto es, que el razonamiento humano podría ser presuntamente copiado en cualquier máquina inteligente; lo anterior se relaciona también con el advenimiento de la analogía de la mente como un computador. En consecuencia, la información era algo separado del medio que la portaba: por ejemplo, la información genética podría ser implantada en los individuos por diversos medios. Estas formulaciones y otras similares son caracterizadas como un pensamiento poshumanista.

⁸ Para Simondon (2009, 2014), los individuos se encuentran siempre en equilibrio metaestable, es decir, conservan energía potencial que les permite continuar actualizándose y complejizándose.

De este modo, se fueron relacionando los desarrollos cibernéticos con nuevas formas de alienación en el ser humano. “Esa noción de sujeto biológico, autónomo, racional y esencialista como representante de la ‘identidad humana’ va a sufrir cambios importantes en su concepción, a partir de los descubrimientos de: (a) la cibernética y (b) las biotecnologías” (Chavarría 98).

Por su parte, el filósofo francés Michel Serres (2001) propone que las transformaciones individuales y sociales de la actualidad se relacionan con el auge de las tecnologías de la información y la comunicación, las cuales han tenido repercusión en aspectos esenciales de la existencia humana tales como el tiempo, el espacio y la relación entre los hombres. Estas transformaciones actuales tienen el mismo estatus social de otros cambios significativos pasados tales como la invención de la escritura y la imprenta.

En el ámbito de la cognición humana, por ejemplo, hay un cambio en el saber. Anteriormente este se asociaba con la acumulación de conocimientos en la propia memoria, en la actualidad estos conocimientos pasan a ubicarse en una “memoria objetivada”, esto es, exterior al cuerpo y depositada en artefactos construidos para ser bastante eficaces, dejando así la “cabeza libre” para nuevos descubrimientos.

Serres (2013) utiliza la leyenda de la decapitación de Saint-Denis narrada por Santiago de la Vorágine en su *Leyenda dorada* como metáfora para expresar que en la actualidad el conocimiento se da desde lo externo, en una “caja cognitiva objetivada”, como lo es el computador, que contiene las “facultades” que se pensaban internas al sujeto, estas son: una memoria muy capacitada, una imaginación llena de íconos y un razonamiento que permite resolver problemas diversos. En el lugar de esa cabeza llena de conocimientos queda únicamente un vacío, y afuera se ubican unos medios objetivos llenos de conocimientos disponibles y accesibles a todos.

De acuerdo con Rodríguez (2010), en los análisis que hace Gilles Deleuze del pensamiento de Michel Foucault, la comunicación y la información ocupan un papel central, y pone como ejemplos la biología molecular y la informatización de la producción, los cuales representan las modificaciones que se han dado en dos aspectos fundamentales para el hombre como son la vida y el trabajo.

“Por tanto, se asiste a lo que algunos llaman la biologización de la cultura y el gran riesgo de un determinismo genético, que deja en un pasado lejano la noción de ser humano como un agente moral, dueño de sí mismo y su destino” (Chavarría 101).

Para Rodríguez (2016), Deleuze encontraba en la noción de información la clave para actualizar los análisis de Foucault sobre las sociedades disciplinarias hacia las sociedades de control, pues se redefinen las relaciones entre la vida, el trabajo y el lenguaje más allá de la figura del hombre, lo cual es llamado por algunos “poshumanismo”.

Simondon (2016) sostiene que la información en cuanto amplificación se da de tres formas: mediante *transducción*, que es la propagación de una información que da lugar a una modificación en la estructura y por tanto a un desfaseamiento; mediante *modulación*, cuando existe un punto fijo que gobierna la estructura y a partir de esto la informa sin producir un cambio total en la misma; y mediante *organización*, como síntesis de transducción y modulación.

De acuerdo con Rodríguez (2016), refiriéndose a la opinión de Simondon sobre la noción de información, la cibernética intenta constituir un método técnico y científico de gobierno de las cosas y del hombre, pero con un error fundamental: sustancializar la información, por tanto, no se tiene en cuenta el devenir, así,

Simondon anticipait les dispersions qui sont en train de se produire maintenant dans les disciplines postcybernétiques et postsystémiques. Ainsi, là où les épistémologies traditionnelles se heurtent à la réfutation d’une notion d’information trop technologique issue de la première cybernétique, nous observons une élasticité épistémique de la définition des objets et des concepts, ainsi que de véritables dispersions qui confirment que des aspects centraux de la société, de la psyché, de la nature, de la vie et de la technique ne peuvent être compris sans une formulation, même partielle, en termes d’information, mais une information qui suit les tensions que Simondon identifiait déjà il y a cinquante ans (2016 220)⁹.

La importancia del aporte de Simondon (2009, 2016) está en resistirse al acaparamiento de la cibernética sobre el concepto de información, que llevaría, desde las definiciones tradicionales, al uso del poder y la alienación de los sujetos. Simondon se opone a esto profundizando en la noción de información, salvando el concepto, reinstalándolo en el devenir, ligándolo a la individuación. Esto implica considerar que el receptor es activo, resignifica el

9 “Simondon anticipaba las dispersiones que se están produciendo actualmente en las disciplinas postcibernéticas y postsistémicas. De este modo, allí donde las epistemologías tradicionales se golpean para refutar una definición de la información demasiado tecnológica resultado de la primera cibernética, nosotros observamos una elasticidad epistémica de la definición de los objetos y de los conceptos, al igual que verdaderas dispersiones que confirman que aspectos centrales de la sociedad, del alma humana, de la naturaleza, de la vida y de la técnica no pueden ser comprendidas sin una formulación, si bien parcial, en términos de información, sino una información que siga las tensiones que Simondon identificaba hace ya cincuenta años” (traducción propia).

mensaje que recibe. Además, conlleva ubicar la información como aquello que fluctúa entre la novedad absoluta y la estereotipia completa. “Por esta razón el humanismo nunca puede ser una doctrina ni incluso una actitud que se pueda definir de una vez por todas; cada época debe descubrir su humanismo, orientándolo hacia el peligro principal de alienación” (Simondon 2007 121).

De este modo nos adentramos en los aportes de Gilbert Simondon (2007, 2009, 2014, 2016) a la noción de información y sus implicaciones en el ámbito psicosocial. Desde su perspectiva, existe un punto medio entre la determinación absoluta y la total indeterminación: la información, que por definición lleva consigo una carga de indeterminación, y que solo puede ser llamada de este modo cuando es efectivamente integrada en el funcionamiento de un sistema y produce en él alguna transformación:

Ser o no ser información no depende solamente de los caracteres internos de una estructura; la información no es una cosa, sino la operación de una cosa que llega a un sistema y que produce allí una transformación. La información no puede definirse más allá de este acto de incidencia transformadora y de la operación de recepción. No es el emisor el que hace que una estructura sea información, puesto que una estructura puede comportarse como información por relación a un receptor dado sin haber sido compuesto por un emisor individualizado y organizado; algunos impulsos provenientes de un fenómeno de azar pueden activar un receptor determinado tan bien como si provinieran de un emisor (2016 139).

Según el autor, la información no es para nada un asunto superfluo, sino que se encuentra en la base misma del proceso de individuación, esto es, del devenir del ser. “Nos veríamos entonces llevados a distinguir tres términos: el puro azar, la forma y la información” (2007 54). Así, la información se sitúa al nivel de la ontogénesis. Para Blanco y Rodríguez,

El punto de anclaje de su teoría es la metaestabilidad de las posiciones “pasivas” y por lo tanto su transformación en activas; es más, es de ellas de quien depende el proceso entero de la información. Lo que define la correcta recepción de la información como adquisición de forma o llegada de un mensaje es el hecho de que quienes reciban tengan capacidad de transformarse, y de este modo logra hacer equivaler a la información con la ontogénesis y con la individuación misma (99).

Dicho de otra forma, para que exista información debe producirse una significación, de este modo, la información más que estar ligada con una cantidad física se relaciona con la semántica (Blanco y Rodríguez). Esto no significa que la posibilidad de producir significación sea exclusiva de los seres humanos,

pues lo colectivo se define como aquello por lo cual una acción individual posee un sentido de símbolo (base de la invención) para otros individuos. En este sentido, una acción en un individuo no humano podría devenir significación si va en vías de la amplificación y el despliegue del ser y permite la efectiva transformación de una estructura previa y del sistema (Simondon 2009, 2014). Sobre este punto, Blanco y Rodríguez plantean que:

La cuestión de fondo para algunos filósofos consiste en que la única semántica posible es la que los humanos pueden proveer. Sólo habría información en ese caso si finalmente algún agente humano la puede discernir. Frente a esta disyuntiva, Floridi cree necesario incluir a los datos ambientales como datos no-semánticos que valen, de todos modos, como información, lo cual es consistente con la postura simondoniana según la cual la información es parte operatoria de los procesos de individuación, los que se dan en la naturaleza pero también los de la individuación psíquica y colectiva, así como en la estructuración de los sistemas técnicos; esto es, una operatoria donde el hombre está en el centro pero no es el único protagonista (113).

En este sentido, el receptor no estaría referido a una posición pasiva sino a “toda realidad que no posee enteramente en ella misma la determinación del curso de su devenir” (API¹⁰: 159, traducción nuestra), que le permita disponer de una energía potencial” (Blanco y Rodríguez 100). Y, por tanto, tenga la posibilidad de modificarse a sí mismo y modificar su entorno.

Para Simondon (2009, 2014), la información no se reduce a un conjunto de datos aislados, de hecho, es lo que permite una comunicación y una relación entre niveles dispares de la realidad, forma y materia, por ejemplo; o también entre lo psíquico y lo transindividual. Para un sujeto, recibir una información es crear una relación colectiva (amplificante) con el ser del que proviene la señal, teniendo en cuenta su resonancia interna (del sujeto), lo cual permite que se construya una significación. Solo existe información si los términos que esperan comunicarse forman sistema, aunque sean dispares. Según lo dicho hasta el momento, Simondon propone que:

En lugar de tratar la información como una magnitud absoluta, estimable y cuantificable en un número limitado de circunstancias técnicas, es preciso ligarla a la individuación: sólo existe información como intercambio entre las partes de un sistema que implica individuación, puesto que para que la información exista hace falta que tenga un sentido, que sea recibida, es decir que pueda servir para efectuar una cierta operación; la información se define por la manera en que un sistema individuado se afecta a sí mismo condicionándose:

10 API: “L’amplification dans les processus d’information”. En: *Comunicación e información* (Simondon 2016)

es aquello mediante lo cual existe un modo de condicionamiento del ser por sí mismo, modo que se puede llamar resonancia interna: la información es individuante y exige un cierto grado de individuación para poder ser recibida; es aquello sobre lo cual transita la operación de individuación, aquello por lo cual esta operación se condiciona a sí misma (2009 490).

Es importante entonces diferenciar señal de significación. Una *señal* es un dato que se transmite. Luego, mediante la percepción, el sujeto construye una *significación*, que es espacio-temporal y posee un sentido con relación a la estructura y otro con relación a la operación de cambio o devenir; es entonces la significación la que permite la actividad amplificante según Simondon.

Se puede llamar *señal* a lo que es transmitido, *forma* a aquello en relación a lo cual la señal es recogida en el receptor, e *información* propiamente dicha a lo que es efectivamente integrado al funcionamiento del receptor luego de la experiencia de disparidad que refiere a la señal extrínseca y a la forma intrínseca (2009 333).

La operación transductiva fundamental se da con relación a la noción de forma como unidad coherente, y la noción de información como posibilidad de interacción y reciprocidad entre dos términos; esta operación permite avanzar en complejidad y en amplificación (y posiblemente en orden) a partir de una base estructural y de unos potenciales o fuerzas organizables, en vez de dirigirse hacia la degradación que implicaría el equilibrio estable (Simondon 2014). De este modo:

En lugar de concebir una forma arquetípica que domina la totalidad, e irradia por encima de ella, como el arquetipo platónico, ¿no podríamos plantear la posibilidad de una propagación transductiva de la adquisición de la forma, que avanza etapa por etapa, al interior del campo? (2014 507).

En este mismo sentido, para Blanco y Rodríguez hay un intento por parte de Simondon de unificar las diferentes nociones de información y las teorías respectivas, lo cual corresponde con uno de los desafíos de la actual filosofía de la información.

4. ALGUNAS IMPLICACIONES EN EL ÁMBITO PSICOSOCIAL

A continuación mencionaremos brevemente algunas de las implicaciones que estos desarrollos teóricos y filosóficos podrían tener en el ámbito psicológico y transindividual. Lo colectivo o transindividual es representado por Simondon (2009, 2014) como una red que excede a los individuos, pues además de tejer relaciones entre ellos también constituye una realidad que los trasciende. Esta realidad, el *entre*, es reserva de información (Gil 2016). De este modo,

Se podría decir que lo colectivo es un segundo nacimiento en el cual participa el individuo, algo que incorpora al individuo mismo y constituye la ampliación del esquema que porta. Como significación efectuada, como problema resuelto, como información, el individuo se traduce en lo colectivo: se prolonga así lateralmente y a escala superior, pero no en su cierre individual (Simondon 2009 322).

Cierta individualidad puede ser perpetuada en el ser como información. Esta última se opone a que haya una degradación total de la energía potencial en el sistema, y por tanto, le permite al sujeto continuar viviendo y desplegándose en su medio, en conjunto con este, así,

La única chance para el individuo, o más bien para el sujeto, de sobrevivir en cierta forma es devenir significación, hacer que algo suyo se convierta en significación. Aun allí existe una perspectiva poco satisfactoria para el sujeto, pues la tarea de descubrimiento de las significaciones y de lo colectivo está sometida al azar. Sin embargo, es apenas como información que el ser sujeto puede sobrevivir en lo colectivo generalizado; participando en la individuación colectiva, el sujeto infunde algo de sí mismo (que no es la individualidad) en una realidad más estable que él. Es a través de la naturaleza asociada que existe el contacto con el ser. Ese contacto es información (Simondon 2009 494).

Para Gil (2016), cuando algo de la peculiaridad logra ser articulado con el entorno, esto es, logra perpetuarse en lo colectivo a nivel simbólico como significación, puede ser tomado como el culmen de la singularización¹¹; aportar algo de lo propio sin imponerlo para lograr significaciones que trasciendan lo individual.

En este sentido, la relación que el ser humano mantiene con los demás sujetos y con otros entes, como por ejemplo con los objetos técnicos, es privilegiadamente transindividual, ya que “[...] la cultura, los productos simbólicos, son reactualizados como información y significación por los individuos a través del tiempo y el espacio” (Vargas & Gil 72). Esta relación transindividual se caracteriza porque pone a los individuos en relación, mediante lo que ya son, pero además mediante su carga de realidad preindividual que está cargada de potenciales. En *El modo de existencia de los objetos técnicos*, Simondon (2007) plantea que la oposición tradicional entre cultura y técnica y entre

11 Gil (2016) propone que la singularización describe el proceso mediante el cual una singularidad se despliega. En el caso del ser humano, esta comprende los procesos de conformación, individuación, individualización y transindividuación. La singularización se opone entonces a la masificación, pues esta última se resiste al despliegue del sujeto ya que lo aliena en la identificación con el otro (Gil 1995). Por esto, la singularización va del lado de la responsabilización, lleva a que el sujeto se haga cargo de su propio discurso, que esté en un punto entre lo singular y lo común.

hombre y máquina es falsa; dado que los verdaderos objetos técnicos son mediadores entre la naturaleza y el hombre, son invenciones en las que reside también la realidad humana y, en la medida en que poseen mayor libertad de funcionamiento y de autonomía en cuanto al uso de su información, se van perfeccionando cada vez más, por tanto,

[...] la primera condición de incorporación de los objetos técnicos a la cultura sería que el hombre no fuera ni inferior ni superior a los objetos técnicos, que pueda abordarlos y aprender a conocerlos manteniendo con ellos una relación de igualdad, de reciprocidad de intercambios: en cierta manera, una relación social (Simondon 2007 108).

De este modo, la analogía entre el hombre y la máquina no se haría en términos de funciones corporales, sino entre el funcionamiento mental del hombre y el funcionamiento físico de la máquina: el primero deja algo propio en el segundo tras su invención.

Según lo dicho hasta el momento, no tener en cuenta la carga de indeterminación que conlleva la información en sí misma implica desconocer la posibilidad de invención de los sujetos y su posibilidad de aportar nueva información a la red de significaciones a la cual pertenecen en cuanto seres transindividuales. En esta misma vía, considerar que el individuo y el entorno son dos realidades estáticas y paralelas sin interacción entre sí, o que los sujetos se ajustan de forma pasiva y acrítica a las normas sociales establecidas, es negar la potencial intermodificación entre estas dos facetas del ser, que solo se hace posible por medio de la información. Más bien, proponemos que los seres vivientes realizan continuamente procesos de individuación y de transducción para resolver tensiones, o en el caso del ser humano, problemas existenciales, así,

[...] lo viviente resuelve problemas, no solamente adaptándose, es decir modificando su relación con el medio (como puede hacer una máquina), sino también modificándose él mismo, inventando nuevas estructuras internas, introduciéndose él mismo completamente en la axiomática de los problemas vitales. *El individuo viviente es sistema de individuación, sistema individuante y sistema individuándose*; la resonancia interna y la traducción de la relación consigo mismo en información están en este sistema de lo viviente (Simondon 2009 31).

Como se observa en la cita, Simondon (2009, 2014) critica el concepto de adaptación pues considera que se presuponen los términos individuo y medio como dos realidades distintas y estáticas, con una zona oscura en la mitad, y que la adaptación ideal sería alcanzar un equilibrio estable e implicaría un salto cuántico en los sujetos. Sin embargo, desde nuestra perspectiva (Builes 2016, Builes & Manrique 2016, Builes Manrique & Henao 2016), la adaptación sería un

proceso continuo en el cual no existe un medio completamente inmutable que determina a los individuos, sino que es la interacción y la relación constante que existe entre los sujetos y su campo asociado la que permite que se instituyan ciertas normas provisionales o equilibrios metaestables que favorezcan la armonía propia y del entorno (modo de organización, forma más compleja de amplificación que implica una síntesis de modulación y transducción).

Desde este punto de vista, la adaptación no se opone a la invención (Simondon 2013), sino que es una invención en sí misma, pues implica todo el proceso de interacción con el medio que da como resultado una intermodificación, es decir, una modificación tanto de los propios esquemas (cognitivos, conductuales) como del entorno por medio de la creación de una obra (material o inmaterial). Para resolver las tensiones emergentes, el sujeto instituye normas provisionales que guían su actuar, y de acuerdo con esto, los equilibrios que alcanza son metaestables, permiten que se den futuras transformaciones y no agotan toda la energía potencial del sistema. Según esto, la adaptación guarda una relación de continuidad con el proceso de individuación, aunque ambos no están al mismo nivel: la adaptación es la forma que adquiere el proceso de transducción en los seres biológicos y psíquico-transindividuales (Builes 2016).

Con lo anterior queremos decir que la individuación tiene como correlato en los seres vivientes un proceso que es a la vez biológico y psicológico, es una operación o un movimiento que implica al tiempo ajuste y acción, esta es, la *adaptación*. Para Simondon (2014), esta es posible mediante dos procesos opuestos: a) el *adiestramiento*, que consiste en ajustar cada vez más el comportamiento según los datos del medio con el fin de reducir cada vez más el margen de indeterminación del funcionamiento; b) el *aprendizaje*¹² que, por el contrario, permite que mediante la interacción con el medio se dé un aumento de la información en los esquemas del individuo, y esta se almacene en las estructuras del ser y posiblemente dé lugar a posteriores transformaciones. Cuando este proceso de adaptación da cuenta de una síntesis real entre estos dos movimientos (ajuste y acción) puede originar una mayor *organización* de un sistema (Simondon 2016), lo cual, en el ser humano, relacionaríamos con la armonía, la alegría y también la salud (Builes 2016, Lopera 2016).

Sobre el pensamiento de Simondon, Deleuze considera que en el centro de sus análisis se encuentra su visión ética del mundo, que estaría dada por la convergencia entre la carga preindividual y lo que ya ha sido individuado.

12 Consideramos que una posible implicación de esta propuesta, entre muchas otras que no mencionamos ni desarrollamos en el presente artículo, estaría dada en el ámbito de la educación; en el cual sería posible considerar la información en términos de transducción y aprendizaje, y no del lado de alienación de los sujetos.

Lo opuesto a esto sería el individuo cerrado en sí mismo, que se resiste a la comunicación y a la individuación y que provoca de esta forma una pérdida de información y por tanto de posibles significaciones. La ética conlleva entonces el camino desde lo preindividual hacia lo transindividual. La organización de una resolución en un sistema donde se encuentran tensiones, estas resoluciones o equilibrios metaestables se dan, por un lado, gracias a la resonancia interna como un modo de comunicación entre realidades dispares y, por otro lado, gracias a la información, que es la que permite establecer la comunicación entre estos niveles dispares. Al respecto, nos dice Simondon que:

Postular que el sentido interior es también un sentido exterior, que no existen islotes perdidos en el devenir, ni regiones eternamente cerradas sobre sí mismas, ni autarquía absoluta del instante, es afirmar que cada gesto posee un sentido de información y es simbólico en relación con la vida entera y con el conjunto de vidas (2009 498).

5. CONCLUSIÓN

La contextualización inicial de las teorías clásicas de la información y un análisis breve de sus implicaciones sociales en términos de posible control y alienación de los sujetos nos lleva a relieves la importancia de los planteamientos de Gilbert Simondon con respecto a la noción de información ligada a la individuación misma. Teniendo en cuenta los conceptos de metaestabilidad, amplificación, significación, invención, transindividualidad y, por último, también adaptación, concluimos que la noción de información nos permite pensar asuntos importantes en el ámbito psicológico y transindividual.

En el caso del ser humano, consideramos que no es conveniente pensar al individuo como aislado e independiente, sino a partir de las relaciones que lo entretienen y la interdependencia con otros, en una red que los constituye y los trasciende. Es más, lo patológico, desde esta perspectiva, sería la imposibilidad de formar con otros una red de significaciones en lo transindividual, que permita inventar nuevas normas más acordes al devenir, teniendo en cuenta a los otros en una interdependencia. Según esto, la salud (y la adaptación) se relacionan con la capacidad de transformarse y desplegarse de acuerdo con el devenir del entorno, teniendo en cuenta que el individuo es el centro y el núcleo de este. Y con respecto al proceso de individuación en general, decimos que un actuar acorde con este devenir en términos de contribuir al despliegue armónico propio tanto como al despliegue del ser general, desde nuestra perspectiva, sería un actuar ético.

TRABAJOS CITADOS

- Beer, S. *Cybernetics and Management*. London: The English University Press, 1959.
- Blanco, J. & P. Rodríguez. “Sobre la fuerza y la actualidad de la teoría simondoniana de la información”. *Amar a las máquinas. Cultura y técnica en Gilbert Simondon*. Comps. J. Blanco, P. Rodríguez, D. Parente & A. Vaccari. Buenos Aires: Prometeo, 2015. 95-120.
- Builes, I. “Individuación y adaptación”. Monografía de pregrado en psicología. Universidad EAFIT, 2016.
- Builes, I. & H. Manrique. “Adaptación psicológica y salud psíquica”. En revisión (2016).
- Builes, I., H. Manrique & C. Henao. “Individuación y adaptación: entre determinaciones y contingencias”. *Nómadas. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*. 51. 2 (2017): 121-131.
- Capurro, R. “Epistemología y ciencia de la información”. *Acimed* 21.2 (2010): 248-265.
- Chavarría, G. “El posthumanismo y los cambios en la identidad humana”. *Reflexiones* 94.1 (2015): 97-107.
- Corripio, F. *Diccionario etimológico general de la lengua castellana*. Barcelona: Editorial Bruguera S.A., 1979.
- Deleuze, Gilles. *Desert Islands and Other Texts*. Los Angeles: Semiotext(e), 2004.
- Dretske, F. “Información, computación y cognición”. *Ágora* 29.2 (2010): 113-120.
- Ferrater Mora, J. *Diccionario de filosofía*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1971.
- Gell-Mann, M. *El quark y el jaguar*. Barcelona: Tusquets, 1995.
- Gil, L. “El método analítico en la práctica psicológica”. Monografía de pregrado en psicología. Universidad de Antioquia, 1995.
- _____. *Psicología trabajo e individuación*. Bogotá: San Pablo - Fondo Editorial Universidad EAFIT - Universidad de Antioquia - Grupo de investigación El método analítico, 2016.
- Lopera, J. *Sabiduría práctica y salud psíquica*. Bogotá: San Pablo, 2016.

- Morán-Reyes, A. A. "Revisión del problema de Wiener o del estatus ontológico de la información". *Revista Interamericana de Bibliotecología* 38.1 (2015): 65-78.
- Rodríguez, P. "¿Tiene sentido hablar de poshumanismo? Acerca de la relación entre teoría de la comunicación y biopolítica de la información". *Revista Galaxia* 20 (2010): 9-12.
- _____. "L'information entre Foucault, Deleuze et Simondon". *Gilbert Simondon ou l'invention du futur. Actes du colloque de Cerisy*. Paris: Klincksieck, 2016. 217-226.
- Serres, M. *Hominescence*. Paris: Le pommier, 2001.
- _____. *Pulgarcita*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2013.
- Shannon, C. E. "A mathematical theory of communication". *The Bell System Technical Journal* 27 (1948): 379-423, 623-656.
- Siles, I. "Cibernética y sociedad de la información". *Signo y pensamiento* 50.16 (2007): 84-99.
- Simondon, G. *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires: Prometeo Libros, 2007.
- _____. *Imaginación e invención*. Buenos Aires: Cactus, 2013.
- _____. *La individuación. A la luz de las nociones de forma y de información*. 2.a ed., Buenos Aires: Cactus, 2014.
- _____. *Comunicación e información*. Buenos Aires: Cactus, 2016.
- Vargas, G. & L. Gil. "Excelencia, excedencia e individuación: el problema de la formación como despliegue de la tecnicidad". *Revista Colombiana de Educación* 68 (2015): 65-90.
- Wiener, N. *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Londres: Free Association Books, 1989.

LOS ESPACIOS TECNOLÓGICOS: UN ACERCAMIENTO AL MALESTAR CULTURAL DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN EN McLUHAN^{1,2}

TECHNOLOGICAL SPACES: AN APPROXIMATION TO THE CULTURAL DISCOMFORT OF THE MASS MEDIA IN McLUHAN

Maribel Deicy Villota E.³, Dora Alexandra Villota⁴, Efraín Bámaca-L.⁵ & Pedro Galindez V.^{6,7}

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo acercarse al pensamiento sensitivo de los medios de comunicación desde Marshall McLuhan. En términos generales, este acercamiento pretende relacionar, desde la consolidación tecnológica de la información, el cuestionamiento de los espacios tecnológicos a través de la extensión humana, y desde ahí descubrir si el panorama tecnológico trastoca aún hoy la extensión de nuestra corporeidad, en lo que McLuhan denominó “el nacimiento de una nueva nostalgia”. La reconfiguración de un nuevo escenario en el que los aportes tecnológicos y científicos desempeñan hoy un papel determinante hace importante el diálogo entre la tecnología y la sociedad de manera más dinámica e integral, en la medida en que el conocimiento científico y el tecnológico son productos sociales (Bazzo).

Palabras clave: medios de comunicación, tecnología, pensamiento sensitivo, McLuhan, nostalgia, conocimiento, sensibilidad.

1 Recibido: 31 de agosto de 2016. Aceptado: 27 de febrero de 2017.

2 Este artículo se debe citar así: Villota, Maribel, Villota, Dora, Bámaca-López, Efraín & Galindez, Pedro. “Los espacios tecnológicos: Un acercamiento al malestar cultural de los medios de comunicación en McLuhan” *Rev. Colom. Filos. Cienc.*17.36 (2017): 179- 198.

3 Antropóloga y becaria OEA 2016-2018. Mestranda em Ciência, Tecnologia y Sociedade, Universidade Federal de São Carlos UFSCar, São Paulo – Brasil. Estudiante de último año de Ingeniería Física, Universidad del Cauca, Colombia. Correo electrónico: mdvillota@unicauca.edu.co.

4 Filósofa e historiadora de la Universidad de Cauca, Colombia. Historiadora del Museo Panteón de los Próceres, Universidad del Cauca – Colombia. Correo electrónico: dora@unicauca.edu.co

5 Filósofo y comunicador social. Doutorando em Ciência, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos UFSCar, São Paulo – Brasil. Correo electrónico: eefrain@ufscar.br

6 Filósofo y docente, Universidad del Cauca, Colombia. Correo electrónico: pengalindez@hotmail.com

7 Cauca, Colombia.

ABSTRACT

This article aims to approach the sensitive thought of the mass media since Marshall McLuhan. In general, this approximation tries to relate from the technological consolidation of the information, the question of the technological spaces across the human extension and from there to discover if the technology disrupt even today the extension of our corporeality, in what McLuhan named “The birth of a new nostalgia”. The reconfiguration the a new scenario in which the technological and scientific contributions play a decisive role, makes important the dialogue between the technology and the society more dynamic and comprehensible, in the measure in which the scientific knowledge and technological are social products (Bazzo).

Keywords: media, technology, sensitive thought, McLuhan, nostalgia, knowledge, sensibility.

1. APERTURA A LA CONSOLIDACIÓN TECNOLÓGICA DE LA INFORMACIÓN

Antes de abordar algunas concepciones y percepciones epistemológicas del pensamiento filosófico de Marshall McLuhan, quisiéramos aclarar que en este artículo se abordará solamente el pensamiento sensitivo de la extensión humana, del panorama tecnológico que producen los medios de comunicación, en relación con la noción sensible del conocimiento de la experimentación del mundo de los medios. En otras palabras, el objetivo principal será acercarse al pensamiento sensitivo de los medios de comunicación de McLuhan bajo el cuestionamiento de los espacios tecnológicos a través de la extensión humana, y desde ahí descubrir si el panorama de la tecnología trastoca aún hoy la sensibilidad de la que somos partícipes. Consideramos válidos los aportes de McLuhan respecto de la *sensitividad*, o afección con la que responden nuestros sentidos, pero nos distanciamos de su posicionamiento en el debate neutral entre ciencia, tecnología y sociedad.

Durante mucho tiempo, la visión del mundo respecto a la ciencia y la tecnología caminó en dirección opuesta al debate social, que suscitó después gran importancia a partir de la Primera Guerra Mundial (Bazzo), cuando la participación de la tecnología en los entornos cotidianos se volvió más frecuente y ya no fue extraño escuchar, en los debates políticos, sociales, económicos y culturales, la percepción que se tenía de progreso, ciencia y tecnología. Sin embargo, no sucedía así en Grecia y Roma a finales del siglo V, donde según Hans Robert Jauss (citado en Giraldo & Viviescas), podemos encontrar la primera descripción de modernidad en el término *modernus*, dado que este al *distinguir el presente, que se había convertido oficialmente en cristiano, del pasado romano y pagano*, no hacía más que el mundo y las cosas del mundo quedaran comprendidas en Dios. Esto dio ocasión a un sentido particular de civilización que perduró en Europa hasta el siglo XII, cuando los intelectuales

(*moderni*) empezaron a renovar el mundo al inclinar la balanza hacia la ciencia racional mediante los espíritus humanista y naturalista, lo cual originó a la explicación racional y la utilidad o finalidad del mundo (Le Goff).

En medio de la dinámica pasado-presente, un sinfín de lugares, personas y formas de pensar se transformaron en la simultaneidad de un mundo nuevo y moderno, jugándose incluso con la imagen utópica de un despertar en el que se marcó un nuevo punto de partida (Mannheim 1956). Según McLuhan (1993), en el siglo xx, la “naturaleza del hombre estaba siendo traducida rápidamente en sistemas de información, que producían una gran sensibilidad global y ningún secreto” (13), y el hombre no se percataba de la transformación. Con base en este hecho y lejos de establecer un diálogo neutral entre ciencia, tecnología y sociedad, McLuhan construyó una percepción del mundo distinta, una noción en el que los medios de comunicación trastocaban e impactaban a las personas de manera inminente.

Así, el impacto de las nuevas tecnologías en las que centró su atención desencadenó una serie de analogías y conceptos que terminaron por generar controversias al apartar su discurso del diálogo consensuado entre los hechos científicos y la sociedad, señalado en algunas ocasiones de determinista tecnológico. No obstante, llama la atención la forma como McLuhan (1997) veía los medios de comunicación. Argumentaba que las sociedades siempre habían sido modeladas más por la índole de los medios que comunican a los hombres, que por el contenido mismo de la comunicación; donde los sentidos tenían un papel determinante en medio del uso y desuso temporario de los medios.

En esta relación, y de acuerdo con Bazzo, hoy vivimos intensamente en un mundo auspiciado por la ciencia y la tecnología, donde es más fácil confiar en él que en una comunidad específica; una lógica primordial donde el comportamiento humano está ligado a la eficiencia, y las razones, son las razones de la ciencia. En el marco de esta relación de dependencia, en la que es innegable la contribución de la ciencia y la tecnología, y también al mismo tiempo los excesos y desproporciones ocasionados por estas en la sociedad, aparece el pensamiento de McLuhan (1993), según el cual la tecnología es un proceso hacia el exceso frente al paralelismo de encontrarnos circunstancialmente en dos mundos: el real y el virtual, en los que se empiezan a reconfigurar los sentidos en la convulsión del tiempo, y así un nuevo mundo. Impulsado este por una economía de interés y ganancia —como dijera Shakespeare—, la cual hace que una cultura realice, por ejemplo, una especie de traducción desde los sentidos hacia lo visual, de la palabra audible a un código visual como el alfabeto, un proceso latente que a mediados del siglo xv la imprenta potenció a lo virtual, el cual hizo parte del punto de partida para la educación (McLuhan 1985).

Con ello, en el cuerpo, entendido en términos de Spinoza “como un modo que expresa de cierta y determinada manera la esencia de Dios, en cuanto se la considera como una cosa extensa” (1980) devienen afecciones sensitivas que se expresan simultáneamente como percepciones del mundo, denominadas aquí desde la ciencia y la tecnología como efectos de las extensiones del cuerpo y como sensaciones que se manifiestan en la nostalgia o en el malestar cultural, conceptos que abordaremos más adelante, y reconoceremos como pensamiento sensitivo, que pasan a su vez, de acuerdo con Spinoza (2000) por diferentes estadios, que van desde la imaginación hasta la intuición.

1.1. Acercamiento a los medios y la tecnología

Según Balaguer, el psicoanálisis estructuró esas formas de pensar al ser humano como sujeto. De manera similar, con base a MacLuhan se ha propuesto que la tecnología ha moldeado la cognición humana (1967). Balaguer argumenta que el gran logro de McLuhan fue ver los efectos de los medios en un momento en que esos cambios y efectos no eran tan profundos como lo son en el presente siglo. De acuerdo con McLuhan (1997), el principal obstáculo para comprender de manera clara los efectos de los nuevos medios es el hábito arraigado de observar todos los fenómenos desde una fijación visual como consecuencia de la tecnología de la imprenta.

McLuhan concebía la tecnología como una extensión más de las facultades humanas. Asimismo Freud (1930) hacía referencia a la tecnología como representatividad de alguna cualidad física del ser humano, dado que las herramientas culturales inscritas en el ámbito de la ciencia y la tecnología perfeccionan sus órganos; así, cualidades físicas como su fuerza muscular quedan representadas en los motores; el caminar se expresa en el barco y en el avión, que vencen los obstáculos del agua y el aire; la visión, en las gafas, el largavista y el microscopio, elementos que superan defectos de las lentes de los ojos, los límites de lo visible y lo invisible; las impresiones visuales y auditivas, en el gramófono y en la cámara fotográfica, respectivamente, materializaciones de la facultad de recordar que capturan lo fugitivo.

Estas representaciones que antes eran ideales y encarnadas por los dioses, al ser logradas por el hombre, llevan a que este sea considerado en su extensión como un dios-prótesis, es decir, cuando se coloca todos sus órganos auxiliares, que aún para 1930 no puede integrar por completo a él. Y sucede entonces “Que el ser humano se desprende de su esencia para convertirse en la extensión funcional de algún nuevo aparato o invento” (Ureña 2009 8).

Dada esta nueva situación, McLuhan y Powers relacionan los medios de comunicación y las tecnologías con aspectos como realidad, pensamiento y sensibilidad, en donde la construcción del lenguaje, el conocimiento y los sentidos se transforman y yuxtaponen como parte de todo lo que se denomina nueva nostalgia. En este orden, primero viene el fondo; las figuras llegan después. Los sucesos van proyectando sus sombras ante ellos. El fondo de cualquier tecnología es tanto la situación que le da origen, como todo el medio de servicios y perjuicios que la tecnología trae consigo. Estos son los efectos secundarios y se imponen al azar, como una nueva forma de cultura. El medio es el mensaje. Así como el contenido de una nueva situación desplaza al viejo fondo, se torna disponible para la atención ordinaria como figura. Al mismo tiempo, nace una nueva nostalgia.

Las aportaciones de McLuhan con relación a la influencia de los medios han permeado toda una época, en la que se trata de mirar no tanto los contenidos, sino el medio con el cual se habla de las cosas. Ese medio que, según McLuhan y Fiore (1997), es el mensaje, y que a la vez representa una extensión de la cualidad física o psíquica del ser humano, Freud (1930) lo denomina el “malestar en la cultura”.

Desde 1970 hasta finales del siglo xx asistimos a la consolidación de lo que se ha llamado el posmodernismo, que configura y afianza una redefinición de lo que se ha considerado cultura, obligando a recomponer desde la cartografía, mapas cognitivos que intentan reconstruir la inteligibilidad de un piso. Según Geertz y Reynoso:

Lo posmoderno no solo se caracteriza como novedad frente a lo moderno, sino también como disolución de la categoría de lo nuevo, como experiencia del fin de la historia; la cual no se representa, por lo tanto, como una etapa superior de la historia misma (15).

Con ello, se coloca al ser humano ante la necesaria zambullida del vértigo de una totalización de la experiencia de los sujetos sociales, en la que los modos de aprehensión de la experiencia en el ambiente tecnológico constituyen un modo connatural en el tránsito de la culturización homogeneizante. En este proceso miles de personas se convierten en consumidoras, bajo la univocidad de un modo de vida y de un estilo de subjetivación planetaria correspondiente, solventando necesidades con cientos de productos a los cuales el ser humano se aprehende, volviéndose un consumidor en alto grado, a la vez que estos hábitos de consumo se tornan indispensables en el imaginario colectivo, haciéndole creer que las habilidades humanas están resumidas solamente en las necesidades que deben ser satisfechas con el consumo.

En este punto, según Jameson, puede hablarse del conformismo como expresión de pequeñez y fragmentación de la posmodernidad, lo que él llama “ahogo”, pues referirse a la infinita multiplicación de las representaciones incapaces de representar algo significa estar ante la tautología misma de una imagen fragmentada, elevada al rango de mediocre; principio teórico, que pasa, como la promoción del simulacro, a ser la verdadera moral del espectáculo efímero, y en apariencia, a ser el triunfo de la nada sobre el dolor. De esta forma, se constituye la repetición consecutiva de un mismo pensamiento mediante múltiples imágenes, lo cual se convierte en una especie de paradoja que se nos ofrece tangible y de distintas maneras, tal que la representación se vuelve así un objeto comercializable, entre lo que reconocemos tangible y lo que creemos reconocer perceptible. En este sentido, se presenta una integración sensitiva en el ser humano entre lo táctil, la imagen y el sonido, que McLuhan y Powers expresan en los siguientes términos:

Lo mismo puede decirse para el hemisferio izquierdo y el derecho del cerebro. Una vez más, debemos aceptar y armonizar las inclinaciones perceptivas de ambos y entender que durante miles de años el hemisferio izquierdo ha reprimido el juicio cualitativo del derecho, y la personalidad humana ha sufrido por ello. El aislamiento y la amplificación de un sentido, el visual, ya no es suficiente para abordar las condiciones acústicas por encima y por debajo de la superficie del planeta. El espacio auditivo (acústico) y el táctil (visual) son de hecho inseparables... La figura y el fondo se hallan en equilibrio dinámico, cada una ejerciendo presión sobre la otra a través del intervalo que las separa (22-23).

Se presenta así una nueva mirada del hecho en cuestión, que expresa dinámicas interculturales sin precedentes en la historia. Las nuevas normas poblacionales alimentarán el cambio de las industrias de chimenea, así como a la economía con información de *marketing*, en particular en los Estados Unidos y Europa. Las tecnologías relacionadas con el video son los instrumentos críticos de dicho cambio. La naturaleza fundamentalmente interactiva de algunas tecnologías relacionadas con el video producirán las normas sociales dominantes del hemisferio derecho durante el próximo siglo (McLuhan & Powers).

Complementado lo anterior, McLuhan y Powers aluden al hemisferio izquierdo y al derecho del cerebro como una función cognoscitiva que opera diacrónica y sincrónicamente, a pesar que ambos hemisferios son asimétricos en cuanto a la preferencia sensorial en la que cooperan por la unidad psíquica. Recordemos que, para ellos, “diacrónico” significa una idea u objeto en tiempo secuencia, es decir día a día, y “sincrónico”, la experiencia colectiva de una idea u objeto mediante un periodo de años como, por ejemplo, el paso del tiempo de una época a otra. Esta condición, sin duda, involucra a la psicología analítica entre la conciencia individual y el inconsciente colectivo de Jung.

Surge así una pugna desde los diversos modos de vida, historias, lenguas y territorios por la construcción de una singularidad temporal, dentro de la universalidad desgarrada de los individuos y colectivos. Esto se debe a que están urgidos a abrir nuevos cursos de interpretación a múltiples y acuciantes problemas, entre ellos, aquellos relacionados con la técnica y la tecnología, autoimplicadas en las variadas y consecutivas transformaciones culturales, posibilitadas por los medios de información y comunicación actuales. De esta manera, cuando los chinos, japoneses, coreanos, árabes, libaneses, mexicanos, centroamericanos e hindúes llegan legal o ilegalmente a las costas estadounidenses pasan a estar bien atendidos por las nuevas tecnologías de los medios, lo cual da lugar a que hayan cien sistemas de canales por cable divididos por cultura y lenguaje (McLuhan & Powers).

En tal sentido, el investigador, el operador y el usuario promedio en su espontánea y necesaria acción cotidiana se muestran empujados a vivir las tecnologías sin habitarlas de modo esencial. Y un modo de habitarlas no está evidentemente en la inmersión alienada de su instrumentación, sino en permanecer eficaces y móviles, imbricados en un campo real presente de actividad organizada y asistiendo a su propia utilidad singular de una experiencia de mundo temporal en su apertura, de ahí, que “la esencia del hombre tiene que abrirse (öffnen) primeramente a la esencia de la técnica” (Heidegger 2).

Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XVII, Spinoza (2000) evidenció que sus contemporáneos no sabían conocer las cosas por su esencia, dado que las más de las veces adquirirían su percepción de lo que oían (conocimiento de oídas), de sus experiencias vagas (conocimiento fortuito), de su deducción no adecuada de la esencia de una cosa desde la esencia de otra (conocimiento por relacionamiento inadecuado de esencias) y la menor de las veces, percibían las cosas por su esencia o por el conocimiento de la causa próxima (conocimiento adecuado o esencial).

El *conocimiento de oídas* es el que adquirimos cuando admitimos, sin duda alguna, que lo que alguien más nos dice es cierto; por ejemplo, la fecha de nuestro nacimiento, quiénes son nuestros padres, entre otros; el *conocimiento fortuito* se presenta cuando aceptamos sin más lo que vemos que usualmente sucede, por ejemplo, que en algún momento moriremos sin considerar condiciones, circunstancias y demás, que el aceite alimenta la llama sin más miramientos. El *conocimiento por la inferencia* de una cosa tomada de la esencia de otra es aquel que parte de lo que sentimos como presencia, por ejemplo cuando sé que este es mi cuerpo y no otro, porque siento que el alma está unida a él; no obstante, jamás me pregunto en qué consiste esa unión, aun así he deducido que mi cuerpo es por el alma. El *conocimiento adecuado* es aquel que se da por el hecho mismo de conocer algo, en el que hay un acto previo del entendimiento.

Desde la teoría temprano-romántica que retoma Walter Benjamin, podemos explicar que el conocimiento adecuado se posibilita en la primera relación que el pensamiento tiene con el pensamiento mismo, y se denomina *forma gnoseológica*. Se le llama así porque aquí la relación implica el conocerse, la conciencia de sí. Esto es lo que más o menos en Kant se conoce como *apercepción*, solo que él no la remite al pensamiento, sino al yo que debe acompañar a todos los actos del pensamiento. Para los románticos, la apercepción pertenece a todo el universo; según Benjamin, el conocimiento empieza aquí, puesto que el pensamiento inconsciente del que percibe se encuentra a sí mismo y llega a su propia interioridad. Por lo tanto, lo que media entre el primer grado (relación referencial a los objetos) y el segundo grado de la reflexión es un salto perceptivo, y ese salto es una especie de conmoción de la realidad y de lo figurable mismo.

Volviendo a Spinoza (2000), podemos decir que el primer modo de percepción es un modo incierto del conocimiento, puesto que no percibimos la esencia de las cosas; el segundo también aporta incertidumbre, dado que a través de él podemos llegar a percibir el accidente de las cosas y no su esencia; la tercera forma de percepción nos da la idea de una cosa, pero no su perfección y la cuarta nos pone en el nivel del entendimiento, del conocimiento adecuado. De esta manera, las tres primeras formas de percepción ponen en cuestión la manera como acostumbramos aprender las cosas hasta la actualidad, y el hecho que McLuhan y Freud aborden un sentimiento que surge con la dinámica de la ciencia y la tecnología, a saber la nostalgia y el malestar en la cultura, sugiere que están en la línea del conocimiento esencial que se da por el hecho mismo de conocer algo. Además, con ellos asistimos a un escenario donde, por invitación de Heidegger, la esencia del hombre se abre a la esencia de la técnica, o a su causa próxima.

Ya sea al maniobrar su oráculo, el arco y la flecha, la torre de control o el motor de vapor, la traducción de estos medios (y su relación robótica con sus propios inventos) solo era parcial, la extensión de un solo sentido a la vez. Sin embargo, cualquier medio, al dilatar un sentido en particular para llenar todo el campo, crea las condiciones necesarias para la hipnosis en esa área. El medio se convierte en una fuerza desconocida para el usuario. Esto explica por qué en un principio todas las sociedades se muestran aturdidas al adoptar cualquier nueva tecnología. En ningún momento de la historia del hombre, la cultura ha sido consciente de los efectos de sus medios exteriorizados sobre sus asociaciones generales, ni siquiera en forma retrospectiva (McLuhan & Powers).

Estos hechos recaen, por ejemplo, en el contexto de las políticas públicas y en el concepto de apropiación social de las tecnologías, al concebirlas como exteriores y agregadas a las relaciones sociales que anteceden al concepto “instalarse en la utilidad eficiente de un saber hacer que habita la tecnología y se transforma en radical modo de vida por los implicados” (Munford 2). Se debe entender esto como la primacía del medio, donde las tecnologías constituyen matrices cognitivas capaces de apropiar y movilizar, en su agenciamiento y comunicación, formas nuevas de relacionamiento de los sujetos y grupos sociales, fluyendo en la sociedad como su transformación presente, y entendidas como extensión de nuestro cuerpo, como lo argumenta McLuhan (24-25):

Tras tres mil años de explosión, mediante tecnologías mecánicas y fragmentarias, el mundo occidental ha entrado en implosión. En las edades mecánicas extendimos nuestro cuerpo en el espacio. Hoy, tras más de un siglo de tecnología eléctrica, hemos extendido nuestro sistema nervioso central hasta abarcar todo el globo, aboliendo tiempo y espacio, al menos en cuanto a este planeta se refiere. Nos estamos acercando rápidamente a la fase final de las extensiones del hombre: la simulación tecnológica de la conciencia, por la cual los procesos creativos del conocimiento se extenderán, colectiva y corporativamente, al conjunto de la sociedad humana, de un modo muy parecido a como ya hemos extendido nuestros sentidos y nervios, con los diversos medios de comunicación (citado en Harrocks 24-25).

2. LA TECNOLOGÍA COMO HECHO NOSTÁLGICO Y EXPRESIÓN DEL MALESTAR CULTURAL

Según McLuhan y Powers, “[...] el uso de un artefacto en la actualidad, inevitablemente recupera sus usos en el pasado en un nuevo contexto: la nostalgia” (176). McLuhan no es el primero en tratar el tema del malestar cultural, ya Freud había hablado del mundo con un profundo malestar:

Estamos inmersos en un gran océano, uno en que los sentidos se han vuelto a educar, a transformar y a moldear [...] una nueva comunicación en la que coexiste una constante lucha por entender lo que sucede con los nuevos inventos, con la formulación de nuevas teorías y con descubrimientos recientes, que no nos dejan otra salida, que la de creer en la versatilidad de la ciencia como certeza; pero que poco alcanzamos a entender cuando nos cuestionamos la dimensionalidad en la que se construye esa tecnología (1981 3017).

En términos de Husserl, la ciencia es una forma susceptible cuya comprensión se encuentra limitada de manera permanente y en sentido lógico, lo cual crea las condiciones necesarias para que tal forma de saber no solamente esté condicionada, sino que se encuentre restringida en la medida en que el pensamiento es un modo más de representación. También en el tema de la tecnología y su entendimiento el problema radica en la construcción de una nueva dimensión temporal, que propicia una mayor y extensa movilidad de los procesos sinápticos intraindividuales y extrasociales, en la que comprender cómo surgen y cómo se entienden crea un panorama susceptible y complica el entendimiento, pues, en la era tecnológica, existen todo tipo de posibilidades y acciones que introducen al ser humano en distintos lugares y tiempos.

La inscripción del cuerpo en el mundo, la expresión estética, corpórea y gestual, el lenguaje, el libro, la escuela, el cine y los medios de comunicación ejemplos de repertorios tecnológicos en transformación (McLuhan & Powers); su uso constituye el ambiente para su gestión, operación y desarrollo del aprendizaje hasta que cumpla su función y luego se acceda creativamente a los nuevos usos de la experiencia humana: presente, singular e histórica, que también a su vez se transforman.

La necesidad de depender de herramientas tecnológicas hace automáticamente al ser humano partícipe de un movimiento que va creándonos la dependencia extensiva con las estructuras, estructuras que componen las redes tecnológicas e intensifican el movimiento temporal, mientras se reconfigura el objeto como una herramienta de carácter intelectual, que pareciera ser capaz de remplazar los sentidos, frente a la ordenación, contenido y utilidad que circulan el contexto en el que se transforman las percepciones.

La tecnología acarrea entonces una mirada nostálgica al pasado y se expresa como un malestar en la cultura que se impone (McLuhan & Powers, Freud 1930), cultura que también se cuestiona por lo poco que satisface las situaciones que propician una vida dichosa. De esta manera “así como el contenido de una nueva situación desplaza al viejo fondo, se torna disponible para la atención ordinaria como figura” (McLuhan & Powers 132).

Así, el motivo que sustrae la nostalgia de McLuhan y Powers no es cómo se van remplazando las funcionalidades humanas con la capacidad de las herramientas tecnológicas, sino más bien en qué medida se crea la dependencia, la necesidad y la utilidad que sobrepone y transforma toda una noción y percepción del mundo sensitivo, donde lo relevante es el movimiento continuo del ser frente a los efectos técnicos que instauran la distancia y lejanía de lo que hoy se nos representa como realidades subsecuentes.

Quedan por responder aún algunas cuestiones: ¿Cómo impacta a los sentidos la era tecnológica en continuo movimiento? ¿Qué tanto se comprende de esa transformación, por ejemplo, frente a las innovaciones tecnológicas o hasta qué punto es posible reflexionar sobre los sentidos ahora? Se vive en la inconciencia de pretender creer que entendemos, pero ¿realmente lo hacemos? De manera permanente hacemos aprehensible infinidad de elementos que no necesariamente se entienden; por ejemplo, a nadie le importa cómo se elabora un horno de microondas o cuál fue su proceso de diseño, siendo válido solamente su utilidad, dejando otros aspectos de tecnología de lado.

Así, hay aspectos de la tecnología que hoy no son necesarios de entender para su correcto funcionamiento, “un mirar para atrás para intentar comprender el presente y el futuro, y el intento de quitarnos ese malestar que nos genera el vértigo de la tecnología y lo virtual” (Balaguer 37). En esta relación, y de acuerdo con McLuhan y Powers, “[...] la tecnología se halla fuera de control. Los griegos perdieron control muy tempranamente de la tecnología cuando sustituyeron la idea de ciudadano privado y códigos legales escritos por la sabiduría de las comunidades tradicionales” (103-104).

No se hace necesario entender por ahora el hecho tecnológico, ni cómo se ha llegado a estos mencionados avances, pues se vive en un estado de malestar con la cultura. Ya no se da la posibilidad de sentirse mal, sino que es momento de aprovechar el funcionamiento de las modalidades de uso que hacen énfasis en lo comercial. Esta es la relación entre la comunicación, el progreso y la tecnología pues aquí se empiezan a transformar y modelar nuevos significados, otras experiencias y realidades.

Este hecho es visible cuando observamos a dos niños jugando a armar figuras geométricas: uno puede hacerlo de manera clásica con figuras de madera, mientras otro interactúa con algún tipo de *software* didáctico; en este caso, hay dos formas de acercarse al conocimiento sensitivo de las figuras, y esto ya no se relaciona con problemas generacionales o de tiempo, sino más bien con la forma de conocimiento en la que hay un recurso tecnológico. En palabras de McLuhan y Fiore, este sería un asunto de la extensión del propio cuerpo.

La dificultad de entender en profundidad la era tecnológica radica en que sobreentendemos, hasta por encima de nuestras capacidades sensoriales mismas, el hecho de creer entender que comprendemos plenamente las herramientas tecnológicas, y esta es quizás una de las luchas más importantes frente a la vanguardia del progreso, puesto que aún no se percibe en profundidad lo que realmente está aconteciendo desde la tecnología hacia nosotros. De esta manera, todos los días ocurre así una especie de malestar cultural, generado a partir de ver, expe-

rimentar y vivir en un mundo desde la inconciencia, puesto que se desconoce lo que verdaderamente ocurre con las cosas, y esto genera esa nostalgia de la que habla McLuhan cuando hace referencia al tiempo y el conocimiento.

Es difícil comprender la era tecnológica; no se logra entender por qué, como expresa McLuhan y Powers, “la tecnología, al igual que las palabras, son metáforas. De este modo, comprometen la transformación del usuario en tanto establecen nuevas relaciones entre este y sus medios [...]” (25), relación que no es más que el ver sin entender realmente lo que está sucediendo pues se vive en negación y desconocimiento de ese lenguaje tecnológico, al que le hemos dado ciertas categorías sociales, que cambian continuamente; y ante la imposibilidad de reconocernos en medio de ese cambio, el ser humano se ha adaptado al mismo, sin siquiera comprenderlo.

Trabajar el malestar de la cultura y dentro de este el problema de la tecnología es importante porque nos ubica frente a un fenómeno en el cual “estamos inmersos en un entorno que no es más que lo que percibimos. Las percepciones sensoriales son ante todo la proyección de significados sobre el mundo” (Le Breton 2007a 14); una elaboración del propio mundo, ese que se significa a medida que se logran modelar gustos y disgustos, los cuales traen consigo una brecha permanente de deseos, que pensamos implican realidad. Según McLuhan y Powers, esta aldea global trae consigo una noción ampliada de esa realidad, una metamorfoseada figura en la que la realidad es posibilidad y experiencia, y en donde se puede mezclar la subjetividad con la objetividad.

El término *globalización* utilizado en los debates actuales hace referencia a “la independencia global de los fenómenos sociales en un contexto social sistémico” (Melucci, citado en Ibarra & Tejerina 364), donde lo tangible es, desde la comunicación, todo un largo proceso interpretativo, en algunas ocasiones imaginativo y otras simplemente forma parte de lo que deseamos ansiosamente tener y que se nos muestra real, como una posibilidad de poder ser. En otras palabras, y siguiendo a Appadurai:

Los medios de comunicación electrónicos transformaron decisivamente el campo de los medios masivos de la comunicación en su conjunto, lo mismo que los medios de expresión y comunicación tradicionales. Esto no debe interpretarse como una fetichización de lo electrónico tomado como la única causa o motor de esas transformaciones. Los medios electrónicos transformaron el campo de la mediación masiva porque ofrecen nuevos recursos y nuevas disciplinas para la construcción de la imagen de uno mismo y de una imagen del mundo. Esta es, por consiguiente, la argumentación relacional. Los medios electrónicos transforman y reconfiguran un campo o conjunto mayor, donde los medios impresos y las formas orales, visuales y auditivas de comunicación continúan siendo importantes, aun cuando sean alterados interna y sustancialmente por los medios electrónicos (6).

Así, por ejemplo, el joven que desea jugar desde su casa solo utiliza el Internet o las instalaciones de los juegos de video, e inmediatamente está jugando. Y es que está jugando, no porque el verbo indique movimiento, sino porque la acción en la que se desenvuelve es ahora su estado-noción de juego. Puede con ello decirse que el acto perceptual modifica el ritmo neuronal del tiempo real, de tal manera que cambia la arquitectura percipiente del agente a través de impactos relativos en la vida social del individuo que se genera precisamente desde todo ese bagaje *global* en el que ahora se encuentra inmerso. En consecuencia, no puede atribuírsele cualidades intrínsecas a las técnicas ni a las tecnologías, dado que funcionan como matrices cognitivas capaces de movilizar y ofertar nuevas relaciones sociales (Mumford & Piscetelli).

La era de la actual globalización se ha convertido en el encantamiento de lo social, producto de un efecto donde la magia no solo es cuestión de ver cómo se han remplazado unas cosas por otras, sino como estas han transformado el tiempo en la simultaneidad de un tiempo que ha dejado de ser nuestro para convertirse ahora en la construcción mecánica dentro de la mecánica global; donde el problema real, no es que tengamos las redes de interconexión disponibles, sino que ahora las redes nos tienen a nosotros a su plena disposición. Ellas crean mentalmente la necesidad de depender de lo tecnológico, sin que se tenga una alternativa para salir de ese embotellamiento y sin entender siquiera. “La metáfora mecánica resuena como una reparación del cuerpo, que le confiere una dignidad que no podría alcanzar como simple organismo. Nostalgia de una condición humana” (Le Breton 2007b 22-23).

3. EL PANORAMA TECNOLÓGICO FRENTE AL MALESTAR CULTURAL

La idea de estar inmersos en el panorama tecnológico es vislumbrar desde ese malestar cultural, del que poco se entiende, la cuestión de salir del embotellamiento, al que se le llama progreso, debería ser hoy una de nuestras más grandes reflexiones. Pero, sin lugar a dudas esa noción no depende de nosotros, sino que se ha creado de manera ilusoria, en la medida en que existe una intencionalidad fija: el consumo masivo y exacerbado de lo que los medios han propuesto como síntoma de independencia, esa que nos han dado a entender como autonomía y libertad del consumidor para alcanzar sus propósitos individuales.

Producto de esto ha sido concebir la diversidad como un objeto de consumo, que cambia y se transforma en la medida en que se compra y vende de manera consecutiva la diversidad del otro e incluso la nuestra. Una diversidad dentro de la interconexión, donde los estudiosos no le han prestado atención a las

personas situadas al límite de la ecúmene global, que sería, por ejemplo, mirar hasta dónde lo que proponen se confirma, o tan siquiera sopesar en la distribución las desigualdades que presentan con relación al otro. Pero este no es ni el primero, ni el único juego que se entreteje desde la era de la tecnologización pues existen otros tipos de juego muchos más directos, en los que cada uno juega también más directamente con el otro.

Un ejemplo claro de esto son los juegos de video, las citas por chat, entre otros, que sin necesitar aval alguno borran la frontera de lo legal y lo ilegal, y se metamorfosean en la posibilidad de poder ser. Una especie de alternativa en la que los internautas pueden en algunas ocasiones esconder su identidad. Así en la red, por ejemplo, “muchos internautas intercambian sexo, se dan la identidad que han soñado y se emocionan con la idea de jugarle una buena broma al otro: juego de tontos, indiferencia hacia la tontería o sal extra para intensificar el placer” (Le Breton 2007b 165).

Cada vez más el hombre debe enfrentarse consigo mismo pues tiene que verse, sentirse y vivir su propio desgarramiento en toda una serie de juegos en los que participa a través de laberintos insospechados, con una movilidad especial, en la que logra jugar, pero estar al mismo tiempo fuera del juego. En otros términos, podría decirse que el laberinto externo metamorfosea el laberinto interno, proponiendo laberintos a los demás internautas. El que accede al juego de la tecnología y los medios es un jugador al que le es “imposible entonces alegar inocencia. El informador está obligado a reconocer que está permanentemente involucrado en un juego en el que los valores dominantes son tanto el error como el engaño, o quizás ambos, al menos que sea la ignorancia” (Charaudeau 48).

Cada persona se encuentra atravesada por un lugar, un tiempo y una cultura en los que vive su propia paradoja de lo que llama progreso, ya que está atravesada no solo por los contextos sociales, políticos o económicos, sino también por la época, la historia y también por sus propias pasiones que, en este caso, son gustos. Incrustada desde la memoria, la metáfora viva aún de que lo tecnológico es lo nuevo, donde se trata de mostrar desde el individuo una nueva experiencia: el acercamiento mismo de lo no conocido a lo conocido y la búsqueda por resaltar lo novedoso como increíble. Hacer alusión al panorama tecnológico es la capacidad de traer desde nuestra realidad otro tipo de realidades. Es esa capacidad que se tiene ahora de reproducir esas realidades de acontecimientos históricos que, si bien no fueron de nuestra época, representan la presencia de aquellos tiempos, momentos no vividos pero en los que ahora se pueden recrear y presenciar como si se estuviese presente. Ello ocurre desde el momento en que uno se coloca frente al aparato reproductor de dichas

imágenes y empieza a vivir nuevamente la historia. El ser humano se ubica en la historia, sin vivir el momento mismo de su ocurrencia, sino desde el distanciamiento y la recepción de las imágenes y el sonido. Un ejemplo podrían ser las imágenes de la Segunda Guerra Mundial, que vemos y reproducimos, sin saber siquiera todo ese proceso vivido por quien estuvo detrás de la cámara, y mucho más allá por sus actores. Ahí encontramos otro juego en el que se puede escapar y vivir al mismo tiempo realidades tan crudas como la guerra, el hambre, la muerte o simplemente la parodia o el chiste, en un tiempo que, al no ser nuestro, espera congelado desde el ciberespacio, para cobrar vida bajo la referente secuela de nuestro tiempo, lugar y memoria. Esta es la paradoja: vivir la historia desde nuestra propia historia y el tiempo desde otro tiempo.

Esta nueva forma civilizada de vivir tiene no solamente componentes históricos, sino también de difusión y expansión, acompañada al tiempo de dimensiones ideológicas, políticas y económicas, que al entrar en contacto con otras culturas muestran una civilización internamente diversa o evidencian la presencia de múltiples formas de ver la civilización actual. El movimiento tecnológico trae consigo la omnipresencia de realidades sensoriales, de las que nunca se hubiese sido parte, sino es por esa posibilidad dada por la tecnología misma en la extensión con el cuerpo.

En esta era todo se ha transformado: ahora hacer referencia a un lugar, un tiempo o un hecho histórico está condicionado al punto de anclaje y de realidad en la que la persona se encuentre. Un ejemplo de esto es el siguiente relato:

Después de que los astronautas de Apolo giraron alrededor de la superficie lunar en diciembre de 1968, montaron una cámara de televisión y la enfocaron sobre la tierra. Todos los que estábamos observando tuvimos una enorme respuesta reflexiva. Entramos y salimos de nosotros al mismo tiempo. Estábamos en la tierra y en la luna al mismo tiempo. Y nuestro reconocimiento individual de hecho era lo que le daba significado” (McLuhan & Powers 21-22).

La imagen de Apolo y los astronautas pisando la luna era sin duda la imagen no solo de un suceso histórico, sino de un acontecimiento que nos hacía pensar de manera diferente pues, como afirman McLuhan y Powers, “entramos y salimos de nosotros mismos al mismo tiempo”, en el inicio de una batalla en la que la gente de la época estaba aprendiendo a ser ella misma, pero en la singularidad de un tiempo dividido, en la que cambio y transformación originaron una nueva perspectiva. Ya no era necesario para sentir estar como acción y verbo en el lugar (la experiencia misma), sino simplemente permanecer impactados por nuevos elementos que se iban yuxtaponiendo en la singularidad de un tiempo estático (la experiencia sin la experiencia).

Y estático, porque ese congelamiento del tiempo pudo ser visto luego por otras generaciones que, para vivir el momento, solo tuvieron que reproducir esa realidad a través de medios digitales, que los transportaron en la inmediatez de un tiempo y lugar, sin tiempo ni lugar.

4. BREVES REFLEXIONES FINALES

La nostalgia de McLuhan dentro del imaginario cultural representa la transformación de los sentidos, y aunque preguntarse por qué algunas cosas han sido reemplazadas por otras, o por qué no se entiende lo que sucede con los medios y la tecnología es importante, también se le abona el hecho de pensar la tecnología como transformación de la percepción del tiempo. Se vislumbran así movimientos perceptuales al interior y exterior del ser mediante pasos referenciales que van una y otra vez del objeto al pensamiento, y viceversa, y del pensamiento al pensamiento. Estos implican la inmersión en el abismo de un nuevo mundo, mirado desde una óptica construida por las extensiones adquiridas por el hombre, donde el mundo se experimenta, según Spinoza, a partir de los sentidos, como una potencia que va del conocimiento inadecuado al conocimiento adecuado, o de la imaginación a la intuición.

La simultaneidad del tiempo parece escapar a un asunto meramente humano, puesto que la singularidad humana temporal se ha convertido en la reiterada acción-reacción mecánica de una operación que, por generalizada, está en reserva y dispuesta para su uso en las infraestructuras de redes informáticas y comunicacionales, donde su función articula y constituye una cierta conciencia global y planetaria, en la que el agente operador y los medios tecnológicos de uso se acoplan y no dejan de ser mecanismos en dependencia.

También se percibe claramente cómo la dependencia respecto a la tecnología ha creado nuevas funcionalidades, en las que hacemos necesaria la participación de los medios en el entorno social que habitamos. La trastocada noción de realidad, sin lugar a dudas, empezó no precisamente a partir de la era tecnológica, sino desde la transformación perceptual de los sentidos, que inició con las intuiciones hasta llegar a los actos. Esto fue algo que no se pudo frenar, y que comenzó a arrojar al ser humano a un tiempo condicionado, caótico y acelerado; y no es que no hubiera estado antes, sino que se exacerbó en la medida en que se tuvo que aprender demasiado rápido a adaptarse a estos cambios repentinos, que jamás fueron ni son estáticos, y que acercaban al individuo a estar en términos de McLuhan en dos lugares al mismo tiempo: el tiempo desde lo real y el tiempo de lo virtual, vivido este desde lo real pero amorfo y sin lugar.

La nostalgia se nos presenta entonces entre el análisis de la extensión humana y la transformación de la sensibilidad perceptual de los sentidos. Involucra estar atravesados por lugares y tiempos disímiles; ese permanecer en el juego pero con la intencionalidad trastocada de los sentidos, ese movimiento donde se debate la esencia del ser humano entre el ser y no ser, y mediante el cual se crea la metáfora entre tener la corporeidad y estar sin ella.

Contribuciones como las de Baudelaire (46) según las cuales “cada época tiene su aporte, su mirada y su gesto” han ido cambiando de manera paulatina, pues empezaron a grabarse acontecimientos que trastocaron la época. Han ido transformando los aportes cuando empezaron las críticas, y evidentemente las miradas y gestos que ya no fueron los mismos, en la medida en que cada vez más lo transitorio, lo figurativo y lo contingente se tomaron las calles de una historicidad que empezó a escribirse esta vez, pero tras la imagen de una visión generada desde un reproductor. La nostalgia de McLuhan es así la curiosidad por preguntarse qué es lo que ocurre realmente con toda la información y los elementos que empezamos a manipular de manera inconsciente porque al intentar sumergirse en una idea de progreso inexistente, operamos relaciones y efectos que están empezando a cambiar los comportamientos humanos, los sentidos y también la noción misma de realidad. Nadie vive ese malestar cultural como un malestar como tal, sino que se adapta cada uno en la singularidad de un tiempo y un lugar que ya han dejado de ser tiempo y lugar. McLuhan lo describía así:

El ambiente eléctrico, pues, con sus nuevas tecnologías ha producido una radical transformación de nuestra vida sensorial, al generar una extremada y profunda tactilidad, consecuencia de una red de penetrante energía que se adentra sin cesar en nuestro sistema nervioso (8 2009).

Se está frente a la tecnología, inmerso en un gran vacío; pero no por el hecho de no entender lo que está ocurriendo con los nuevos avances, los inventos o las creaciones de nuevas vacunas, por ejemplo, aunque estas también deberían ser de gran importancia; sino por el hecho de desconocer hoy por hoy que hasta lo que se conoce se ha convertido en una extrañeza. De manera que frente a esto, se empieza a comprar y querer atrapar la diversidad de manera exacerbada, pues ya no se quiere vivir desde la experiencia misma, sino que se quiere conocer y vivir todo al mismo tiempo. Es ahora esa nueva extrañeza por desconocer el entorno y volver a conocerlo desde otra mirada el querer conocer lo lejano, alejarnos continuamente de nuestro entorno. Acá la paradoja es desear conocer todo conociendo nada a la vez.

La cuestión del malestar de la cultura que muestra McLuhan (1993) cuando describe la aldea global es la incertidumbre misma, producto de ser partícipe del cambio y no poder entenderlo; de vivir desde su experiencia y su no experiencia el tiempo como metáfora pues el tiempo es aquí, desde lo real, una forma subjetiva en la que los medios se hacen partícipes en la medida en que logran mostrar y hacer vivir dos realidades al mismo tiempo, dos o más eventualidades posibles. Pero algo distinto ocurre cuando se recuerda, pues el proceso de la memoria es la imagen de una figura que impacta, toca y trastoca, pero ya es una imagen reflexiva del mismo recuerdo. La relación entre transformación y recuerdo es vital para analizar el problema de la nostalgia a la que hace alusión McLuhan pues ambos puntos son como dos amigos que luego de largos años se encuentran repentinamente y al cabo de algunos minutos recuerdan lo vivido, acoplándose de nuevo a sí mismos y transformando en este caso la noción de la amistad.

Algo muy similar ocurre con el planteamiento de nostalgia en McLuhan, pues la era tecnológica y científica a la que hace alusión llegó también repentinamente y un tiempo después transformó el lenguaje, lenguaje mismo que luego se empezó a acoplar. Lo extraordinario aquí es que el autor invita a pensar una nostalgia que se crea desde el no entendimiento; este es el caso en el que no se sabe cuándo llegó el amigo, ni dónde se quedó en el tiempo que no se vio, ni cómo nuevamente se estableció la relación sin entendimiento alguno.

En la literatura, por ejemplo, puede verse también que ese sentir del tiempo, el lugar y la memoria han significado una gran nostalgia. En uno de sus relatos, Zeiger (citado en Carbonell 37) lo presenta así:

Yo no puedo pensar la ciudad sino como un campo de tensiones, de fuerzas contrarias, que chocan y pugnan entre sí. No tengo una visión risueña, alegre, polifónica y colorinche de la ciudad. Tiendo a ver lo duro, lo hostil, la solidaridad apenas insinuada como un gesto muy cauteloso, siempre al filo. Tiendo a ver a la ciudad de noche, con sus códigos específicos, sus luces y sombras, su exceso de taxímetros, su calor inmóvil en verano. Tengo una visión vital, si se quiere, pero yendo por el filo menos evidente de la vitalidad [...] Han pasado más de cuarenta años de rock sobre el asfalto [...] luego el rock también ha muerto, la banda de sonido de la ciudad cambió, se hizo cumbia y cuarteto, la vida se globalizó.

La extrañeza a la que el autor hace referencia es la idea de malestar cultural que se ha buscado explicar a lo largo del texto. Cuando el autor se refiere al campo de tensiones remite al punto en el que se yuxtaponen e imprimen nuevos significados, unas fuerzas contrarias, que chocan y pugnan entre sí, que no son más que la alusión a la nostalgia de un malestar cultural que se

crea a partir de situarse en el filo del cambio, en donde la banda de sonido ha muerto, se hizo cumbia y cuarteto en la imagen de un tiempo y lugar, en el que el ser aprehende a sentir, vivir y conocer de manera diferente.

Con relación a los medios y la tecnología es la nostalgia misma por emerger desde la realidad que le es propia a cada individuo hasta la colonización de otras realidades, y la vivencia del malestar, sin malestar, pues no se puede sentir el malestar cultural respecto a lo que se ha denominado progreso y globalidad. En otras palabras, es ver “lo duro, lo hostil, la solidaridad apenas insinuada como un gesto muy cauteloso siempre al filo”, en donde la nostalgia y el malestar de McLuhan son la aporía de una secuencialidad dividida de tiempo, lugar y ser, vividos bajo otra nueva realidad.

TRABAJOS CITADOS

- Appadurai, Arjun. *La modernidad desbordada. Dimensiones culturales de la globalización*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2001.
- Balaguer, Prestes. *Un nuevo espacio psicosocial*. Montevideo: Trilce, 2003.
- Baudelaire, Charles. *El pintor de la vida moderna*. Colombia: Áncora, 1995.
- Bazzo, Walter. *Ciência, tecnologia e sociedade*. São Carlos: Editora UFSC, 1998.
- Benjamin, Walter. *El concepto de crítica de arte en el romanticismo alemán*. Barcelona: Península, 1988.
- Carbonell, José Antonio. *Ciudad y literatura III. Encuentro de nuevos narradores de América Latina y España*. Colombia: Andrés Bello, 2004.
- Charaudeau, Patrick. *El discurso de la información. La construcción del espejo social*. España: Gedisa, 2003.
- Freud, Sigmund. *El malestar en la cultura*. Vol. XXI. OC, Argentina: Amorrortu, 1930.
- _____. *Obras completas de Sigmund Freud*. Tomo III. Madrid: Grefol, 1981.
- Geertz, Clifford & Reynoso, C. *El surgimiento de la antropología posmoderna*. Barcelona: Gedisa, 2003.
- Giraldo, Fabio & Viviescas, Fernando. Colombia: *El despertar de la modernidad*. Bogotá: Foro Nacional por Colombia, 1994.
- Harrocks, C. *McLuhan y la realidad virtual*. Barcelona: Gedisa, 2000.
- Heidegger, Martin. “La vuelta”. *Ciencia y técnica*. Trad. Francisco Soler. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1993.

- Husserl, Edmund. *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica*. México: Fondo de Cultura Económica, 1986.
- Ibarra, P. & Tejerina, B. *La experiencia individual y los temas globales en una sociedad planetaria*. Madrid: Trotta, 1998.
- Jameson, F. *El posmodernismo a la lógica cultural del capitalismo avanzado*. Barcelona: Paidós, 1991.
- Le Breton, David. *El sabor del mundo. Una antropología de los sentidos*. Buenos Aires: Nueva visión, 2007a.
- _____. *Adiós al cuerpo. Una teoría del cuerpo en el extremo contemporáneo*. México: La Cifra, 2007b.
- Le Goff, Jacques. *Los intelectuales en la Edad Media*. Barcelona: Gedisa, 1990.
- Mannheim, Karl. *Ideology and Utopia*. Paris: Marcel Rivière, 1956.
- McLuhan, M. *Guerra y paz en la aldea global*. Barcelona: Planeta Agostini, 1985.
- _____. *Comprender los medios de comunicación. Las extensiones del ser*. Barcelona: Paidós, 2009.
- _____. *La Galaxia Gutenberg*. Barcelona: Planeta Agostini, 1985.
- McLuhan, M. & Fiore, Q. *The Medium is the Message*. New York: Bantam Books, 1967.
- _____. *El medio es el masaje. Un inventario de efectos*. Trad. L. Miras. Barcelona: Paidós, 1997.
- McLuhan, M. & Powers, B. *La aldea global: transformaciones en la vida y los medios de comunicación mundiales en el siglo XXI*. Barcelona: Gedisa, 1993.
- Mumford, Lewis. *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza, 1987.
- Piscetelli, A. *Pos/televisión. Ecología de los medios en la era de Internet*. Buenos Aires: Paidós, 1995.
- Spinoza, Baruch. *"Ética demostrada según el orden geométrico"*. Madrid: Orbis, 2000.
- Ureña, Fernando. "Marshall McLuhan y la Galaxia Gutenberg". *Posgrado y Sociedad* (2009): 1-31.
- _____. *Tratado de la reforma del entendimiento*. Elaleph.com. 2000. Web. 14 dic. 2017.

IDEAS Y VALORES

Revista Colombiana de Filosofía
VOL. LXV - N.º 161 - AGOSTO DE 2016
ISSN IMPRESO · 0120-0062 / ISSN EN LÍNEA · 2011-3668
www.ideasyvalores.unal.edu.co

ARTÍCULOS

La lógica y la trama de las cosas
ALBERTO MORETTI

Sombras ilustradas sobre la *Crítica de la razón pura*.
La estrategia kantiana frente a la problemática del
Iluminismo alemán
MIGUEL ALEJANDRO HERSZENBAUN

Dios conoce todo *a priori*, tiene un intelecto puro
e intuitivo. La determinación kantiana de los
predicados psicológicos de Dios por vía especulativa
LAURA ALEJANDRA PELEGRÍN

Vida humana como un bien básico:
una crítica dialéctica
JAVIER ECHEÑIQUE

Sobre el carácter aurático de la imagen literaria
AGUSTÍN LUCAS PRESTIFILIPPO

La institución de un sentimiento: un amor de Swann
MARTÍN M. BUCETA

Realismo nomológico, una forma de *nomoteísmo*
ROBERTO MIGUEL AZAR

El obrar de la creatura espiritual desde el punto
de vista de la participación dinámica
CRISTIAN EDUARDO BENAVIDES

Vida humana fenomenológica. Balance sobre la
relación entre sujeto humano y sujeto trascendental
en la fenomenología de Edmund Husserl
ANDRÉS FELIPE LÓPEZ LÓPEZ

Naturaleza y substancia. El caso de los artefactos
en la *Metafísica* de Aristóteles
JOSÉ EDGAR GONZÁLEZ VARELA

La significación del fenómeno amoroso
en el pensamiento de Martin Heidegger
DANTE EUGENIO KLOCKER

Razón pública, razonabilidad y religión.
Para la crítica de una tradición liberal
MANFRED SVENSSO

Dispositivos estéticos y formas sensibles
de la emancipación
MARÍA LUCIANA CADAHIA

Marx sin reservas. Seis tesis para interpretar
El capital a partir de la *Lógica* de Hegel
GERMAN DANIEL CASTIGLIONI

Representación, empirismo y triangulación.
Comentario a *Conocer sin representar*.
El realismo epistemológico de Donald Davidson
de William Duica
IGNACIO ÁVILA CAÑAMARES

RESEÑAS
DIÁLOGOS
IN MEMORIAM

La revista publica tres números al año (abril, agosto y diciembre). Se halla indexada en el IBN-Publindex (Colciencias) en categoría A2 y en *Philosopher's Index*, *LATINDEX*, *ULRICH*, *International Philosophical Bibliography* y *Philosophical Documentation Center*. Además, se encuentra en las siguientes bases de datos:

SCOPUS: www.scopus.com

THOMSON REUTERS: thomsonreuters.com

EBSCO: www.ebscohost.com

SCIELO COLOMBIA: www.scielo.org.co/scielo

REDALYC: redalyc.uaemex.mx

DOAJ: www.doaj.org

DIALNET: dialnet.unirioja.es/

OJS: www.ideasyvalores.unal.edu.co

Lo invitamos a suscribirse a la versión impresa de Ideas y Valores, Revista Colombiana de Filosofía, ingresando a la página web de Siglo del Hombre Editores:
www.siglodelhombre.com

Contacto:

Ideas y Valores

Universidad Nacional de Colombia, Cra 30 n.º 45-03, Bogotá, Colombia,
ed. 224, of. 3044, revideva_fchbog@unal.edu.co



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA

INDICACIONES PARA LOS AUTORES

La *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* es una publicación académica dedicada a la filosofía de la ciencia y a sus campos afines (lógica, epistemología, ciencias cognitivas, filosofía de la tecnología, filosofía del lenguaje) y, en general, a los temas y problemas que ponen en diálogo a las ciencias con la filosofía. En ocasiones se editan números monográficos sobre autores o temas puntuales. La revista recibe contribuciones en forma de artículos originales y reseñas de libros en español, portugués, francés e inglés. Todas las colaboraciones serán evaluadas por un árbitro de manera anónima y el autor recibirá una respuesta en un lapso no mayor a 90 días. Se entiende que los autores autorizan a la revista la publicación de los textos aceptados en formato impreso y digital.

Todas las contribuciones han de ser enviadas en formato doc, docx, o rtf por correo electrónico a la dirección revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co, y han de cumplir con las siguientes condiciones:

ARTÍCULOS

- El texto ha de ser original e inédito y no se ha de encontrar en proceso de evaluación para su publicación por ninguna otra revista académica.
- Se ha de enviar el artículo en un archivo, en versión anónima y cuidando que las notas a pie de página, agradecimientos o referencias internas en el texto no revelen la identidad de su autor. En un archivo aparte se ha de enviar el título del artículo, el nombre del autor, su afiliación institucional y sus datos de contacto (dirección de correspondencia, correo electrónico y teléfono).
- El artículo debe venir precedido de un resumen en su idioma original que no exceda las 100 palabras, y 5 palabras clave. Se han de incluir también las traducciones al inglés del título del artículo, el resumen y las palabras clave.
- La lista de trabajos citados ha de estar al final del artículo y ha de cumplir con el sistema MLA de la citación para el área de filosofía (<http://www.mla.org/style>).

- Las referencias bibliográficas han de incorporarse al texto y no en las notas al pie de página (las notas a pie de página han de restringirse así a aquellas que contengan información sustantiva), de la siguiente manera: (Autor, página). En caso de que haya más de una obra del autor en la bibliografía, se ha de agregar el año de la obra: (Autor, año, página).
- Las citas textuales de más de cinco líneas han de ubicarse en párrafo aparte con sangría de 0,5 cms. a margen derecho e izquierdo, y no han de estar entrecuilladas. Las citas de extensión menor no requieren párrafo aparte y han de venir entrecuilladas.
- La extensión máxima de los artículos es de 15.000 palabras.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

- Se recibirán únicamente reseñas sobre libros publicados recientemente (cuya fecha de publicación no exceda los últimos dos años).
- Las reseñas han de cumplir con las mismas condiciones para la citación, notas al pie y referencias bibliográficas ya especificadas para los artículos.
- La extensión máxima de las reseñas es 2.500 palabras.

Los autores de artículos y reseñas que sean publicados en la revista recibirán dos ejemplares de la misma.

DERECHOS DE AUTOR – INFORMACIÓN PARA OBTENER Y REPRODUCIR DOCUMENTOS PUBLICADOS

Al postular un artículo para su posible publicación, los autores conceden implícitamente su autorización a la Revista para publicarlo. La publicación del artículo en la Revista supone que los derechos de autor patrimoniales pasan a ser propiedad de la institución editora de la Revista, la Universidad El Bosque. La Revista ha definido un formato de cesión de derechos de autor que deberá firmar todo autor que presente su obra para ser considerada en el Comité Editorial. En este sentido, las solicitudes para reproducir artículos publicados en la Revista podrán enviarse por correo electrónico al editor, indicando la referencia completa del material que se desea emplear (volumen, número, año, autor, título del artículo, número de páginas). Es necesario, además, indicar el uso que se pretende dar al material (uso total o parcial, tipo de publicación, institución del editor, fecha aproximada de publicación). El contenido de los artículos es responsabilidad absoluta de sus autores y no compromete, en ningún caso, a la Revista o a la Universidad.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* is an academic journal published by the Humanities Department of the Universidad El Bosque, mainly devoted to the Philosophy of Science and their related fields (Epistemology, Logic, Cognitive Science, Philosophy of Technology, Philosophy of Language) and, in general, the topics and problems that generate dialogue between philosophy and science, whether pure sciences, applied, social or human. Sometimes issues are published on specific topics or authors. The journal receives submissions in the form of original articles and book reviews in Spanish, Portuguese, French and English. Submissions received will be considered by the editorial committee for publication, verifying that they fit their own areas of the journal; after receipt they will be evaluated by an anonymous expert referee and the author will receive a response within a period not exceeding 90 days. It is understood that the authors authorize publication of accepted texts in print and digital.

All submissions must be sent in Word, docx or rtf format, and emailed to the address revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co, and they must meet the following conditions:

ARTICLES

- The text must be original, unpublished and should not be under evaluation for publication by any other journal.
- The author must send the manuscript in a file, in anonymous version and making sure that the footnotes, acknowledgments and internal references in the text does not reveal the identity of its author. In a separate file, the author must include: the article title, author's name, institutional affiliation and contact information (mailing address, email and phone).
- The paper must be preceded by a summary in the original language that does not exceed 100 words and 5 keywords. It should also include the English translations of the article title, abstract and keywords (or the Spanish translation, if the original language of the article is English).

- The complete list of works cited must be at the end of the article and must comply with the MLA citation system for the area of philosophy (<http://www.mla.org/style>).
- References must be incorporated into the text and not in footnotes (the footnotes have to be restricted to those that contain substantive information), as follows: (Author page). If there is more than one work by the same author in the bibliography, in the reference must be added the year of the work: (Author year page).
- Quotations of more than five lines must be placed in a separate paragraph indented 0.5 cm to left and right margins, and don't need quotations marks. The quotations of minor extension don't require a separate paragraph.
- The maximum length of articles is 15,000 words.

BOOK REVIEWS

- It will be received only reviews of recently published books (whose publication date must not to exceed two years).
- The review must meet the same conditions for the citation, footnotes and list of works cited for articles already specified.
- The maximum length of the reviews is 2,500 words.

The authors of articles and reviews published in the journal will receive two copies of it.

COPYRIGHT - INFORMATION FOR DOCUMENTS ISSUED

By postulating an article for publication, the authors implicitly granted permission to the Journal for publication. The publication of the article in the Journal supposed author property rights become the property of the institution editor of the Journal, Universidad El Bosque. The Journal has defined a format copyright assignment to be signed by all authors to submit their work for consideration in the Editorial Committee. In this regard, requests to reproduce articles published in the Journal may be sent by email to the editor, indicating the complete reference material to be used (volume, number, year, author, article title, number of pages). It is also necessary to indicate the intended use give the material (total or partial use, type of publication, institution editor, and approximate date of publication). The content of the articles is the sole responsibility of the authors and not compromise under any circumstances, to the Journal or to the University.