

La Biosemiótica como una de las Ciencias de la Complejidad

Carlos Eduardo Maldonado

Profesor Titular

Facultad de Medicina

Universidad El Bosque

maldonadocarlos@unbosque.edu.co

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9262-8879>

Resumen

Este artículo plantea una tesis: la biosemiótica puede ser considerada como una de las ciencias de la complejidad, al lado de las otras ciencias ya clásicas y conocidas como el caos, la termodinámica del no-equilibrio, las redes complejas y otras. Para ello, se elabora el estado del arte en las relaciones entre biosemiótica y complejidad, un estado de la cuestión, en verdad, muy limitado. La estrategia general consiste en presentar un cuadro general, científico, filosófico e histórico que explica al mismo tiempo en qué consiste la biosemiótica y cuáles son sus particularidades. En todos los casos, la idea es clara: los signos son fenómenos reales propios de los sistemas vivos. Y las ciencias de la complejidad son ciencias de la vida.

Palabras clave: Historia de la ciencia, Filosofía de la ciencia, Epistemología, Ciencias de la complejidad, Comunicación de los sistemas vivos

Abstract

This paper brings forth a brand new claim, namely biosemiotics can be considered as one of the sciences of complexity, along with the other already known ad classical sciences such as chaos, non-equilibrium thermodynamics, complex networks, and others. As a support, the state-of-the-art is depicted on the relations between bio-semiotics and complexity, a state truly limited. The general strategy here consists in presenting the general scientific, historical and philosophical framework which explains both what biosemiotics is about and its characteristics. In any case, the idea is clear, thus: signs are real phenomena of or within the living systems. The sciences of complexity are sciences of life.

Key Words

History of science, Philosophy of Science, Epistemology, The Sciences of Complexity, Communication in Living Systems

Introducción

El origen de la biosemiótica ha sido suficiente narrado (Favareau, 2008). Nace en el ámbito de la biología, se extiende rápidamente a la lingüística y la computación, y permea a la filosofía. No en última instancia, interpela a los estudios culturales (Wheeler, 2006). Con antecedentes claros desde los años 1950s, se consolida como un campo propio a comienzos del siglo XXI a raíz: a) de la creación de la revista *Bio-*

semiotics (Springer Verlag), y b) de la sociedad internacional de biosemiótica, que lleva a cabo encuentros regulares cada año. Entre los pilares fundacionales se encuentran Th. Sebeok, M. Barbieri, J. Hoffmeyer, C. Emmeche, M. Florin, K. Kull. Esta historia ha sido contada en varias ocasiones (Barbieri, 2009). Claramente, la biosemiótica constituye uno de los ejemplos recientes más importantes en un esfuerzo por pensar de manera sintética o unificada; esto es, superar las divisiones de distintas ciencias y disciplinas o, lo que es equivalente, integrar aproximaciones y comprensiones anteriormente divergentes.

Han surgido interpretaciones o comprensiones diferentes sobre la biosemiótica. En unas ocasiones, ha sido considerada como una nueva ciencia (Gálik, 2013); en otros momentos, como una extensión de la biología (Brier, 2016). Asimismo, se la ha concebido como un trabajo de unificación de diferentes ciencias y disciplinas (Barbieri, 2007) o como un campo novedoso interdisciplinario (Sharov, 1992), a saber: como la unificación entre la biología, la lingüística y la filosofía. En todos los casos, sin embargo, se trata de una investigación acerca de los aspectos más fundamentales de los sistemas vivos. Estos aspectos son distintivamente informacionales o comunicacionales. La vida es comunicación, creación, interpretación e incluso transformación de signos y códigos.

Este artículo sostiene que es posible, y que, de hecho, existe un fuerte nexo entre las ciencias de la complejidad y la biosemiótica, algo que no ha sido suficientemente advertido de un lado o del otro. Para ello se suministran distintos argumentos, así: en primer lugar, se presenta una comprensión sintética de lo que es la biosemiótica. Con ella, emerge la idea de una nueva física en la historia de la humanidad. El segundo argumento elabora el estado del arte de los antecedentes y relaciones entre complejidad y biosemiótica. El tercer argumento permite comprender mucho mejor qué se entiende por la biosemiótica; la que se presenta aquí es de una interpretación interesada y cargada con fines de complejidad. Específicamente se elabora un cuadro de relaciones y desarrollos. El cuarto argumento explora el significado y los alcances de las relaciones establecidas. Al final se extraen algunas conclusiones, siendo la más importante que es perfectamente posible e incluso legítimo, comprender a la biosemiótica como una de las ciencias de la complejidad.

1. Biosemiótica en una cáscara de nuez

A partir de 1966 se empezó a descifrar el código de la vida. Sobre la base del descubrimiento de "el dogma central de la biología" por parte de Watson y Crick en

1953, se logró identificar inicialmente el código genético constituido por cuatro pares de letras, y en ocasiones una letra adicional: adenina, citosina, timina, guanina y, en ocasiones, el uracilo. La vida tal y como la conocemos, desde los extremófilos hasta los seres humanos está escrita con base en estas cuatro letras. Algún autor llegó a hablar de "el gen egoísta". Posteriormente, la identificación del alfabeto básico de la vida permitió identificar el RNA en sus dos expresiones: RNAt y RNAm. La lectura del código genético permitió establecer los procesos de complejidad, desde el código genético que da lugar inicialmente a las enzimas, luego los aminoácidos, los péptidos, y de ambos a las proteínas hasta llegar después al ribosoma y en fin a la comprensión de los seres de mayor complejidad. Al cabo, la biología descubrió las redes y cadenas y nació la biología de sistemas con todas las ómicas: glucómica, transcriptómica, proteómica, genómica, metabolómica y demás. De la lectura del código genético se pudo pasar a la escritura sobre la misma. En cualquier caso, ha quedado claramente establecido que los sistemas vivos se estructuran en términos de códigos de información. Esta es la historia que cubre desde 1966 hasta la fecha; los resultados aún más importantes están por descubrirse, hacia adelante.

Algunos logros recientes de esta línea de investigación han permitido avances en la medicina y en la comprensión de distintos tipos y tratamientos de enfermedades. El resultado alcanzado consiste en un entrelazamiento entre la biología computacional, la computación biológica, la biología sistémica, la biología de redes y la biología sintética. Un panorama ciertamente sugestivo y novedoso. Pues bien, cabe decir que el hilo que unifica a estas cinco dimensiones es el tema de la información o comunicación de los sistemas vivos, o también, de todas las instancias de la vida. La trama de la vida, según todo parece indicarlo, es ulteriormente una trama informacional o comunicativa. Dicho de manera sucinta y directa, se trata de la síntesis entre biología y semiótica. Esto es exactamente la biosemiótica.

El surgimiento de la biosemiótica coincide también con los trabajos pioneros por parte de Sebeok acerca de las raíces biológicas de la cultura. Esta línea de trabajo encuentra numerosas ramificaciones, desde los trabajos de Maturana y Varela, Goodwin y Solé, Kauffman, y recientemente Damasio. Alrededor de los trabajos pioneros de Sebeok en los años 1960s nacen la etología y la cibernética. El problema de base en uno y otro caso es estudio de los comportamientos comparados entre animales y seres humanos y el problema del control en las máquinas, todo lo cual tiene como denominador común el hecho de que los animales tienen sistemas de comunicación; y algo análogo sucede en las máqui-

nas mismas. Ello comporta el diálogo o la convergencia entre las ciencias del comportamiento, las ciencias cognitivas, la biología y la filosofía, principalmente. Sin embargo, a partir del encuentro entre estos grupos de ciencias son numerosos los campos que se benefician de ellas, incluyendo a las ciencias sociales y humanas y a la medicina. Un punto de encuentro fundamental en este espectro fue el nacimiento y desarrollo de la epigenética (Jablonka y Lamb, 2005).

Al cabo, resulta evidente que las distancias entre los seres humanos y la naturaleza son mucho menos evidentes de lo que se creía, y que es posible una física común a la naturaleza y a la cultura. Se trata de la teoría de la información.

Son numerosos las confluencias y desarrollos en esta línea de investigación. Uno que merece un lugar destacado es el descubrimiento de la biología de la comunicación en las plantas, posible especialmente gracias a los trabajos pioneros de Baluska y Mancuso (2006). En el plano computacional y de las ciencias de la complejidad, emerge la hipercomputación biológica como el reconocimiento expreso de que los seres vivos no procesan información, en absoluto, a la manera de una máquina cualquiera de Turing (existen y son posibles distintas máquinas de Turing: máquinas de Turing universal, alternativas, simétrica, no determinista, probabilística, de lectura, cuántica, y otras) (Maldonado, Gómez, 2015; Maldonado, 2018a).

En cualquier caso, dos premisas sirven de basamento a la biosemiótica. De un lado, se trata del reconocimiento explícito de que la vida y la semiosis son coextensivas. Así, la semiosis aparece en el origen mismo de la vida. Queda pendiente por lo pronto la consideración acerca de las relaciones entre semiosis y la materia inanimada, digamos el universo. Este tema abre las puertas al pansiquismo, una tesis que debe quedar aquí de lado por razones de espacio (Kauffman, 2016; Maldonado, 2018b). De otra parte, al mismo tiempo, se trata del hecho de que los signos, los significados y los códigos son entes naturales. Con este reconocimiento se corta de tajo las posibilidades del "diseño inteligente" o cualquier variedad del mismo.

Como quiera que sea, es importante atender al carácter o a la naturaleza misma de los signos. A diferencia de los símbolos, los signos son abiertos y referenciales; los símbolos, por el contrario, son cerrados y autorreferenciales. Así, la idea de signo se corresponde con la de redes, y por consiguiente, con la ausencia de centralidad y de jerarquías. Los signos pueden ser codificados, como de hecho sucede, pero esta codificación no implica, de ninguna manera, que el código sea cerrado; simple y

llanamente, es el hecho de que el sistema de signos puede ser copiado, o replicado o transmitido. Lo que hacen los sistemas vivos, consiguientemente, es leer e interpretar incesantemente los signos que encuentran alrededor, los signos que les llegan, en fin, incluso, si cabe, los signos que ellos mismos emiten o transmiten. De esta suerte, procesar información –es decir, procesar bien la información– se convierte, finalmente, en un asunto de vida o muerte. Una buena interpretación o procesamiento de los signos se traduce en mayor adaptabilidad, y por el contrario una deficiente interpretación o procesamiento de los signos recibidos o encontrados puede convertirse en un callejón sin salida.

En el sentido amplio –si cabe, filosófico– de la palabra, la vida en general –esto es, los sistemas vivos–, son bastante más que compuestos orgánicos de moléculas físico-químicas. Mucho mejor, los sistemas vivos son sistemas semióticos. Si en el siglo XIX, por ejemplo, con Saussure, la semiótica era un asunto exclusiva o distintivamente humano, con la biosemiótica la semiosis es un fenómeno transversal y unificante de todas las formas de vida. Sin cesar, los sistemas vivos emiten signos, los codifican, los decodifican, y los interpretan. Las distinciones mencionadas son, aquí, meramente analíticas.

Diversos autores han expresado esta idea de un modo general, así: la vida es conocimiento; es decir, los sistemas vivos son el resultado de procesos cognitivos y dan lugar, a su vez, a inmensos procesos de cognición en la naturaleza y el mundo. No en otra cosa consiste al fin y al cabo la evolución. La tradición de autores que se sitúan en esta longitud de onda comprende a algunos representantes de la ciencia de sistemas –notablemente, Bateson y Von Foerster–, se proyecta a través de Maturana y Varela –y su idea, novedosa, de la autopoiesis–, y alcanza a autores tan notables como Goodwin, Solé y Kauffman, entre muchos otros. Al cabo, esta línea de comprensión da lugar a una rama perfectamente propia que es el conocimiento encarnado, uno de cuyos padres es, sin lugar a dudas, F. Varela (*embodied knowledge*) (Varela, 1992). La expresión más reciente de esta línea de trabajo e investigación se llama también como *embodied cognition*.

Una consecuencia inmediata debe ser subrayada. La biosemiótica pone de manifiesto que los organismos vivos son determinantes en el proceso de la evolución. Si bien esta idea podría resaltar el acento lamarckiano de la teoría de la evolución –lo que, en efecto, es el caso–, lo verdaderamente determinante es el hecho de que la semiosis destaca la dimensión epigenética de la evolución. De esta suerte, la biología es bastante más que el estudio de organismos vivos en su hábitat, en cada

caso. Mucho mejor, es el estudio de procesos semióticos en la naturaleza. La semiosis es el origen mismo de la vida, y es lo que hacen los sistemas vivos para vivir. Es decir, interpretar o codificar sistemas de signos. De esta suerte, un sistema vivo es aquel que logra mantenerse como autónomo en medio de constantes procesos de cambio en el medioambiente. La autonomía debe, así, ser entendida como la incesante adaptación que sostiene al sistema vivo como sí mismo (*self*) (Varela, 2000). La última o la más reciente vertiente de esta línea de trabajo es la enacción (Stewart et al., 2014). En fin, como se aprecia sin dificultad, se trata de varias ramas que transforman y enriquecen profundamente a las ciencias cognitivas y a la biología, al mismo tiempo, presentándose varias conexiones en ambas direcciones. Un panorama intelectualmente apasionante.

Ahora bien, no existe algo así como un corpus ortodoxo de la biosemiótica. Por el contrario, distintas escuelas o líneas de comprensión existen y varias de ellas disputan entre sí (Gálik, 2013). Estas divergencias no nos conciernen aquí. Lo verdaderamente relevante es la emergencia y consolidación de un área de trabajo cruzado, transversal, convergente o interdisciplinario –como se prefiera–, en el que la oposición y acaso la jerarquía entre la dimensión humana de la vida y la demás en la naturaleza desaparece pues se integran en un sólo conjunto en el que lo verdaderamente importante consiste en los procesos de significación cruzados entre todas las escalas de la vida. De manera puntual, la crisis del Covid-19 puso de manifiesto que los virus son componentes esenciales de la trama de la vida que deben ser tenidos en cuenta a la par de todas las demás escalas y esferas de la vida. Hasta antes de la emergencia de la crisis del Covid-19, el papel más destacado lo llevaban las bacterias. En fin, dicho en una sola palabra: desde los virus y las bacterias, incluyendo los procesos genéticos y sus derivaciones –péptidos, proteínas y demás–, hasta toda la trama de los sistemas vivos, con sus especificidades ecológicas y su diversidad, incluyendo en ellos a los seres humanos – todo es un entramado polifónico de signos cruzados que es indispensable leer bien, interpretar adecuadamente y codificar y decodificar sin cesar. Si en la ecología se ha hecho el aprendizaje que no existen especies clave, asimismo en biología –en sentido amplio y laxo, que incluyen naturalmente también a los seres humanos–, la semiosis es un fenómeno fundamental e inaplazable. Este reconocimiento es la contribución misma de la biosemiótica a la comprensión de los sistemas vivos y de la vida en general.

2. El estado del arte en las relaciones entre complejidad y biosemiótica

Mientras que, luego de una mirada atenta a ambos

campos, existe una amplia afinidad, por decir lo menos, entre biosemiótica y complejidad, es sorprendente que no existan suficientes trabajos explícitamente desarrollados sobre ambos dominios. De este modo, un estado del arte es, a la fecha, algo fácil de llevar a cabo.

Este estado del arte implica explícitamente la distinción entre ciencias de la complejidad y ciencia de sistemas, dos cosas perfectamente diferentes y sobre cuyos rasgos específicos basta, sencillamente con indicar a una parte de la bibliografía especializada (cfr. Meyers, 2009). De esta suerte, si bien G. Bateson merecería un lugar especial –como es efectivamente el caso, como lo advierte explícitamente Sebeok (1994)–, debe quedar aquí provisoriamente de lado. Sugerente como es, la obra de Bateson pertenece al pensamiento sistémico.

Dicho de manera general, la complejidad, la biosfera y la vida son nociones de conjunto; es decir, exigen ser comprendidas de forma sintética, y por tanto no analítica. Pues bien, como quiero decirlo explícitamente, la biosemiótica se caracteriza por una estructura mental sintética. Se trata de la síntesis entre las ciencias naturales, las ciencias sociales y las ciencias humanas a partir del reconocimiento explícito de que aquello que las integra o unifica es el universo de los signos. Y que los signos son bastante más que una caracterización meramente humana o natural: atraviesan e integran a la vez ambas esferas. Dicho en términos elementales, la biosemiótica es inter – o trans, o multidisciplinaria. Las diferencias entre ellas son, en este contexto, irrelevantes. Esta caracterización ya queda suficientemente establecida en la bibliografía especializada.

Hasta la fecha, explícitamente, son cinco los textos que entablan una relación explícita y directa entre complejidad y biosemiótica. Cronológicamente, estos son¹:

- i) R. Thom, *Esbozo de una semiofísica* (1990). Thom forma parte de los autores canónicos de las ciencias de la complejidad en la medida misma en que la teoría de catástrofes es, clásicamente, una de las ciencias de la complejidad. La idea de una semiofísica coincide, como se verá a continuación, con la idea misma de una física de realidades inmatrimales. En palabras del matemático francés, la semiofísica “se refiere en primer término a la investigación de las formas significantes” (Thom, 1990: 13). Dos rasgos definen a una física semejante: las saliencias y las pregnancias. Las primeras son elementos que pueden obrar entre sí

1 Indico a continuación en español lo que hay traducido, y en inglés lo que, hasta la fecha, permanece sin ser traducido al español.

“como seres vivos”. Las segundas se propagan de una forma saliente a otra, a las que caracterizan. Como se aprecia, se trata de neologismos tendientes a comprender lo que para Aristóteles es, en una palabra, el hylemorfismo. En la comprensión de Thom, el Aristóteles físico antecede y funda al Aristóteles filósofo, pero la mediación entre ambos se encuentra en el Aristóteles biólogo. Comprender estas relaciones comporta una lectura cuidadosa del texto de Thom. En cualquier caso, lo determinante es el hecho de que la semiofísica es la forma como Thom *-avant la lettre-*, entiende, correctamente por lo demás, a la biosemiótica. Sólo que mientras que en esta última el acento está puesto en los sistemas vivos, en Thom se amplía al universo y la naturaleza no animada, y desde ésta, entonces, también, a los seres vivos.

- ii) Hoffmeyer, *Signs of Meaning in the Universe* (1997). Hoffmeyer no forma parte de los autores canónicos de la complejidad. Desconocido por los complejólogos, es, sin embargo, uno de los autores centrales en la biosemiótica. Explícitamente, sabe de caos y bifurcaciones. El autor danés es, sin la menor duda, el más radical autor en la comprensión de la biosemiótica dado que es quien más se arriesga a una extensión de la semiosis a los seres no-vivos e inanimados; sin más, al universo. En este sentido existe una confluencia interesante con Thom y, como se verá más adelante, con Kauffman. De esta suerte, los signos admiten una comprensión física, y no solamente biológica. Dicho en una palabra, los signos son hechos naturales, algo que si bien es aceptado en general por la biosemiótica, debe ser entendido en sentido literal con Hoffmeyer, extensible a la no-distinción entre sistemas vivos y no-vivos. En este sentido, para Hoffmeyer no existe o no es posible una diferenciación entre sistemas semióticos y no-semióticos, algo que sí sucede en la mayoría de los autores de la biosemiótica (Barbieri, 2007).
- iii) R. Solé y B. Goodwin, *Signs of Life* (2000). Este libro estudia el abanico amplio de indicios que ponen en evidencia qué es la vida y en dónde puede decirse que hay vida. Estos indicios son signos mediante los cuales la complejidad muestra, claramente, que la biología es una ciencia que se ocupa bastante más que de organismos vivos, en el sentido positivista o clásico de la palabra. En este sentido, sin que aparezca jamás en todo el libro la palabra “biosemiótica”, puede decirse que es un estudio sobre semiosis, *avant la lettre*. Solé y Goodwin pueden ser considerados dentro del abanico de autores de las ciencias de la complejidad,

sin ninguna ambigüedad. Profusamente ilustrado con argumentos matemáticos, informacionales y computacionales, el libro estudia las dinámicas de vida desde los organismos más simples como los virus y las bacterias, pasando por las hormigas y el cerebro humano hasta las ciudades y los mercados financieros. Todos exhiben comportamientos y dinámicas propios de los sistemas vivos, lo que permite ampliar una visión restrictiva de la biología para sostener algo como lo siguiente: la biología es la ciencia que estudia los sistemas vivos, pero la vida es un fenómeno complejo, no-lineal y bastante menos evidente que la simple clasificación con base en criterios como los de Linneo (género, especie, familia, etc.)

Los sistemas vivos deben ser comprendidos a partir de sus propiedades y características, y no con una pre-comprensión o definición a priori. En este sentido, los autores destacan el hecho de que los sistemas vivos viven en el filo del caos, en el filo de las catástrofes, en fin, no pueden ser explicados sino relativamente a una medición de entropía. En una sola palabra: se trata de considerar exactamente los signos de vida: esta es la tarea de las ciencias de la complejidad.

- iv) W. Wheeler, *The Whole Creature* (2006). Profesora de literatura y estudios culturales, Wheeler es la primera autora que explícita y directamente se ocupa de las relaciones entre complejidad y semiótica. Su enfoque es distintivamente cruzado, transversal, orientado particularmente a la importancia de la biosemiótica en el espectro humano; en especial en los procesos de creatividad. Se trata, sin la menor duda, de un libro innovador y arriesgado que entra allí en donde nadie había entrado hasta la fecha.

Con un conocimiento sólido de lo mejor que hasta el momento (2006) se ha producido en ambos dominios (Barabasi, Boden, Byrne, Goodwin, Jablonka y Lamb, Kauffman, Margulis, Prigogine y varios otros, de un lado; y Hoffmeyer, Kull, Sebeok, Sennett, Varela y otros más, de otra parte), Wheeler concibe a la cultura como un fenómeno claramente enraizado en la biología y la evolución en tanto que proceso cooperativo y simbiótico.

La complejidad ha sido resultado de una larga gestación, sostiene la autora inglesa, al cabo de la cual hemos podido llegar a una conclusión sin ambages, a saber: la biología humana y la biología natural “are palpably *not* human constructs, either mastered or made. They are powerfully semiotic

(...) but they are not 'constructed in discourse'" (Wheeler, 2006: 17). Esta gestación de la complejidad coincide con los desarrollos mismos de la biosemiótica con lo cual, manifiestamente, cabe hablar de una "libertad semiótica".

Mediante esta confluencia entre complejidad y biosemiótica, asistimos, sin más, a un magnífico cambio de paradigma que ha estado teniendo lugar durante los últimos sesenta a ochenta años; es decir, en algún momento a partir de los años 1930s, aproximadamente. Pues bien, todo el libro de Wheeler consiste en la mirada a este cambio de paradigma y al estudio de sus consecuencias. Un excelente trabajo exploratorio y creativo, al mismo tiempo.

- v) S. Kauffman, *Humanity in a Creative Universe* (2016). Uno de los fundadores de las ciencias de la complejidad, Kauffman forma parte de la primera línea de investigadores en el tema. Al mismo tiempo, es quien expresamente, aunque de manera puntual, habla de biosemiótica. Sin duda alguna, su formación en medicina y biología le permiten trazar el puente entre los dos ejes que aquí nos ocupan.

El libro de 2016 es el trabajo filosófico de un investigador ya connotado. Que es cuando, habitualmente, los científicos se permiten elaboraciones más libres y amplias. Son dos los pasajes en los que se alude expresamente a la biosemiótica. En primer lugar, se trata de dejar en claro que los sistemas vivos son lo que hacen, y no un cierto material o componente. Pues bien, ya a partir de la *E. coli* es posible decir que lo que hacen los sistemas vivos es "sentir" (*sensing*) los estados posibles del mundo. "This sensing of its world's possible states (...) constitute 'biosemiotics' at its root" (Kauffman, 2016: 69). La forma como en biología, en biosemiótica y en ciencias cognitivas se comprende a esta sensibilidad es como *quorum sensing*. Dicho de manera precisa, se trata de la capacidad que tiene una célula para detectar y responder a una determinada densidad poblacional mediante regulación genética.

Los sistemas vivos son, manifiestamente, agentes, sin que ello implique, necesariamente la idea de conciencia o de libre albedrío –que son temas o problemas distintivamente humanos-. Pues bien, la biosemiótica, sostiene Kauffman, constituye uno de los rasgos precisos que permiten comprender a un sistema vivo. Específicamente, estos rasgos son: la capacidad para reproducirse, lleva a cabo

por lo menos un ciclo de trabajo, puede sentir el mundo (= biosemiótica), puede distinguir lo que es "bueno" y "malo", puede decidir entonces qué hacer, y puede actuar en búsqueda de comida y evitando toxinas (cfr. Kauffman, 2016: 234).

Como se aprecia sin dificultad, la biosemiótica, la homeostasis y la metabolización constituyen una sólida unidad que permite comprender, sin ambages, qué es, y qué hace, un sistema vivo.

La relación entre la complejidad y la biosemiótica consiste exactamente en una comprensión de la vida y de los sistemas vivos en términos de actividades o procesos. Así, cualquier atisbo de platonismo y aristotelismo queda desbaratado, como queriendo comprender ontológica u ópticamente –para el caso da lo mismo- a la vida; es decir, en términos de una sustancia o hipótesis cualquier que permitiría decir que la vida es "x", esto es, un componente determinado. En este sentido, la amistad o el amor no existen; alguien es amigo por lo que hace (o lo que deja de hacer), y alguien se dice que ama por sus comportamientos, gestos y actitudes, y no porque exista una esencia llamada amor. Aristóteles se acercó a esta idea cuando sostenía que no existe la virtud, sino hombres virtuosos.

Pues bien, exactamente en este sentido, los sistemas vivos pueden ser comprendidos a partir de lo que hacen; y lo que hacen son signos, es decir, codificaciones de información, interpretaciones y decodificaciones, incesantemente. Los sistemas vivos son procesos siempre inacabados y constantes de semiosis. Dicho sin más, la vida es un proceso no un estado; una dinámica, no una cosa (*stuff*, o *Ding*).

En verdad, si bien los signos son entidades reales en la naturaleza –esto es, en otras palabras, hechos (*facts*) que los sistemas vivos al mismo tiempo producen y encuentran en su entorno (*Umwelt*)-, estos sólo existen en una dinámica consistente en codificación, interpretación y decodificación. Esta es la lógica misma de la vida, y la evolución consiste en procesos semióticos permanentes. La adaptación es, dicho sin más, el resultado de la semiosis de los sistemas vivos, en el sentido de que a mayor y mejor semiosis, mejor adaptabilidad, y por el contrario, a menor capacidad semiótica, menos suficiencia adaptativa.

Hubiera sido deseable que la comunidad de investigadores en ciencias de la complejidad hubiera puesto algo más de atención a la biosemiótica. Seguramente los avances en ambos casos habrían sido más significativos.

Es preciso, en este estado del arte en las relaciones

entre ambos ámbitos considerados, resaltar que la semiosis no es una construcción humana; por el contrario, se trata de la identificación de signos existentes en la naturaleza que remiten a las interacciones entre el observador (= sujeto humano) y lo observado (= los sistemas vivos). En otras palabras, los seres humanos participan de la semiosis de la naturaleza pero no son los creadores de la misma, algo que contrasta notablemente con las lecturas clásicas sobre la semiótica, desde F. de Saussure hasta U. Eco. Los seres humanos viven en signos, ciertamente crean signos, pero los signos mismos no son el resultado simple y llanamente de creaciones culturales humanas. Por ello mismo cabe hablar, en toda la línea de la palabra, de biosemiótica. La complejidad, si cabe decirlo así, estriba en la horizontalidad –o en el carácter relacional– entre los seres humanos y el conjunto de los sistemas vivos y la naturaleza. A los libros mencionados es preciso agregar, a la fecha, un artículo, adicionalmente. Se trata de (Kosoy y Kosoy, 2018). Haciendo uso de las ciencias de la complejidad y de la biosemiótica, los autores se concentran en la ecología y el estudio de las enfermedades infecciosas. Por consiguiente, el tema ya no es directamente el de las relaciones entre biosemiótica y complejidad –algo que se da por sentado–, sino, a partir de su interacción, comprender a los agentes patógenos de origen zoonótico en términos de su “importancia funcional”. Los autores proponen un modelo para interpretar la evolución de los agentes patógenos a partir de los sistemas de signos, señales y significados en una oscilación entre simplicidad y complejidad. El tema de base es la evolución de las enfermedades y la ecología de las infecciones.

Pues bien, a partir del estado del arte presentado es posible profundizar en el marco cultural y científico en el que emergen las interacciones entre complejidad y biosemiótica.

3. Biosemiótica como complejidad: una breve historia de la ciencia reciente

Los orígenes de la biosemiótica pueden remontarse al siglo XIX con los trabajos de Ch. S. Peirce, pasando por las contribuciones de von Uexküll en el giro del siglo XIX al siglo XX, algo que ha sido explícitamente mencionado en las historias sobre la biosemiótica. Sin embargo, la atmósfera científica y filosófica del surgimiento de la biosemiótica y su encuentro con las ciencias de la complejidad puede concentrarse a partir de los años 1950s, aproximadamente. Todo tiene que ver con los más apasionantes desarrollos que pueden concentrarse, en general, alrededor del concepto de “información”.

Como es sabido, en 1948 nace, gracias al *paper* famo-

so de Shannon y Weaver la teoría de la información. Propiamente, gracias a los desarrollos que va a tener la misma, hay que decir, en rigor, que se trata de la teoría clásica de la información, a fin de distinguirla de los desarrollos subsiguientes, a partir de los años 1980s y 1990s. Con la teoría de la información nace un concepto novedoso en física que explica más y mejor lo que explicaba el concepto de masa en la física del siglo XVIII, y el de energía en el siglo XIX (Maldonado, 2020). Con una salvedad fundamental: el concepto de información es físico, pero inmaterial, o no tangencial. Este reconocimiento explícito es debido a R. Landauer (1991).

Por primera vez en la humanidad, existe una física de fenómenos inmatrimales, en marcado contraste con la física de Aristóteles, Galileo y Newton, por ejemplo. Se trata de la física de la información si bien, algunos aspectos podrían extenderse también sin dificultad a la física cuántica, la cual es igualmente contraintuitiva.

Una serie de ciencias y disciplinas acompañan y coinciden con esta física. N. Wiener originariamente y luego también Ashby desarrollan la cibernética la cual, si bien se ocupa de los mecanismos de control en las máquinas y seres humanos, se funda en la información; esto es, en el control de la información como la forma de comprender el control en las máquinas y en los seres humanos. No en vano la cibernética se halla perfectamente permeada por la computación en toda la extensión de la palabra. Al cabo, la cibernética se desarrollará, notablemente con von Foerster como cibernética de segundo orden: relaciones de relaciones – mucho más que cosas u objetos físicos. (Relativamente muchos de los artículos sobre biosemiótica, particularmente de autores escandinavos, serán publicados en revistas de cibernética).

Cimentada en los trabajos pioneros de Tinbergen y de K. Lorenz este mismo momento verá el nacimiento de la etología; es decir, el estudio del comportamiento comparado entre los animales y los seres humanos. Así, los comportamientos son significativos y significantes. A la postre, notablemente con las investigaciones de F. de Waals, se logra estudiar el nacimiento de la ética también en los primates, y entonces el origen no humano de los sentimientos de lo bueno y lo malo (de Waals, 2005).

En la década de 1960s Sebeok llama, por primera vez la atención acerca de los procesos comunicacionales entre los animales; al comienzo, en las abejas. Ello da nacimiento a la primera manifestación de la biosemiosis, que es la zoosemiosis. De esta suerte, los animales poseen un mundo de sentidos, significaciones y signos y viven en él. Por otro camino, O. Wilson estudiará, ce-

trado en la mirmecología, el mismo fenómeno de comunicación, lo cual dará lugar al descubrimiento, perfectamente anodino, de que también en las hormigas existe un mundo cultural, análogo al de los seres humanos (Hölldobler y Wilson, 1996).

Unos años después (2006), a partir de las investigaciones pioneras de F. Baluska, nace la neurofisiología de las plantas, cuyo principal exponente hoy es S. Mancuso. Se sientan, así, todas las bases de la fitosemiosis (Kull, 2000). De consuno, la botánica desaparece y nace la neurofisiología de las plantas, un campo novedoso y muy fructífero a pesar de su juventud.

Fundada en los desarrollos de las ciencias cognitivas y las ciencias del comportamiento, nace en los años 1990s la antroposemiosis, que se ocupa del estudio de los comportamientos significativos, y no solamente de las expresiones –verbales o escritas- de significación. Los comportamientos humanos son portadores de significado, y vehiculan también sistemas de signos que no coinciden necesariamente con las expresiones verbales o escritas, y por tanto, con la lógica de predicados o proposicional.

Como se aprecia, la comprensión de la biosemiótica es bastante distinto y mucho más completa que la consideración, simplemente, de emisor, mensaje y receptor, incluso incluyen lo que los ingenieros distinguen como “ruido blanco”, “ruido negro” y ruido rosado”, según si hay un ruido en el mensaje por causa del emisor, del canal o del receptor. Mientras que la semiótica permanece en un marco distintivamente antropocéntrico y antropológico, la biosemiótica, por el contrario, admite un marco inmensamente más amplio, a saber: el contexto de toda la trama de la vida.

En sus expresiones más radicales los problemas últimos en el cruce entre biología y filosofía admiten condiciones de solución; esto es, el origen de la vida es semiótico y, asimismo, la lógica de la vida consiste en procesos correspondientemente semióticos. Sin embargo, hay que advertir explícitamente que nada de ello comporta, en absoluto, una carga reduccionista; al fin y al cabo, los procesos semióticos coinciden con la evolución en tanto son abiertos e incesantes.

Los procesos semióticos pueden ser comprendidos a la manera de una orquesta sinfónica, que es una de las expresiones más depuradas de democracia. La comprensión clásica de la lingüística, la semiótica e incluso la ingeniería, explica el fenómeno de manera muy rudimentaria. El emisor emite un mensaje a través de un canal determinado. Seguidamente el receptor recibe el mensaje y lo interpreta; y entonces lleva a cabo una re-

acción, que usualmente es la producción de un mensaje correspondiente. Es en el proceso intermedio que se identifica el ruido, ocasional o necesario en el proceso de comunicación.

En una orquesta sinfónica existe una total polifonía; unos instrumentos dialogan con otros, incluso llevan a cabo conversaciones y monólogos al mismo tiempo o también independientemente de lo que están diciendo los demás instrumentos. Y todos logran comunicarse de manera magnífica, en muchas ocasiones interpeándose al mismo tiempo, en muchos momentos entrecortándose en las conversaciones, en otros momentos a través de soliloquios in crescendo o intempestivos. Vientos con cuerdas, metales con percusión, y el orden no siempre es lo más determinante. Es sólo excepcionalmente cuando unos instrumentos son emisores y entonces otros reciben y contestan. La polifonía es total y, así, la semiosis es real. Es el resultado de estas superposiciones, complementariedades, interlocuciones, monólogos y conversaciones a muchas voces lo que produce el más perfecto de los resultados, a saber: la armonía; en este caso, la armonía musical. Como es sabido en los altos estudios de formación musical, escribir una sinfonía equivale a obtener o a hacer un doctorado. Es la obra de mayor complejidad, relativamente a los tríos, cuartetos, sonatas, música de cámara e incluso de la forma concierto. Como quiera que sea, es claro que originariamente la polifonía designa al canto plural, no únicamente a la orquesta sinfónica.

Pues bien, la semiosis en la naturaleza tiene lugar en la forma de polifonía. Exactamente en este sentido, los esquemas ecológicos del tipo presa-depredador son simplistas y mecánicos. No en vano, ya nadie serio estudia hoy en día las dinámicas ecológicas con base en, por ejemplo, las ecuaciones Lotka-Volterra (Botkin, 1990). (Cabe subrayar, incluso la distancia que media entre 1990 y la fecha de hoy, lo cual acentúa el carácter desueto, o simplemente histórico del modelo Lotka-Volterra).

En la historia o el marco científico en el que emerge la biosemiótica, que contribuye al mismo tiempo a caracterizar en qué consiste esta nueva ciencia, es indispensable mencionar un eslabón que conecta a la biosemiótica y las ciencias de la complejidad. Se trata de la biología cuántica. Esta estudia los efectos cuánticos en los comportamientos de los animales, y ha sido profusamente estudiada y ejemplarizada. Por ejemplo, en los modos o sistemas de orientación de las aves migratorias, en el funcionamiento del cerebro humano, en la identificación de los polos magnéticos de la biosfera o también en la identificación de diferentes campos magnéticos –por ejemplo, los generadores por los seres humanos-,

en los sistemas olfativos de numerosas especies, en fin, en las formas de comunicación interespecies, como en el caso de la comunicación en la rizosfera, entre hongos y plantas, bacterias y hormigas, y varios más. La biología cuántica ha sido observada igualmente en la comunicación entre las plantas. Se trata, en todos los casos, de estudios recientes y sin embargo ampliamente documentados (Marais et al., 2018).

Como se aprecia sin dificultad, la naturaleza es una magnífica trama de procesos semióticos, esto es, comunicacionales y/o informacionales. Esta idea permite poner explícitamente una consecuencia perfectamente revolucionaria que sirve al mismo tiempo como hilo unificador o conductor a través de los distintos referentes históricos, culturales y científicos mencionados: etología, cibernética, neurofisiología de las plantas, y demás. Asistimos, gracias a la tercera revolución científica –la teoría de la información- y el entronque resultante con la segunda revolución científica –la teoría cuántica-, al surgimiento de una física de realidades inmateriales: la información o, lo que es equivalente, la semiosis –el mundo de los signos-. Esta física de fenómenos inmateriales, es decir, no tangenciales, se encuentra en marcado contraste con toda la física habida desde Aristóteles incluyendo a Galileo y Newton, que es física de cuerpos materiales. Mientras que los cuerpos físicos se afirman sobre el primado de la percepción natural y de los cinco sentidos, la información y la semiosis son altamente contraintuitivos. A la información no se la ve con la percepción natural. Lo que se ve son los dispositivos de la información y la comunicación: el radio, el televisor, el computador, el celular y demás.

Hay varias maneras de comprender a la física de fenómenos inmateriales. Con Thom, puede decirse que es la semiofísica; con la mejor expresión de la teoría de la información, puede decirse que se trata de la teoría de la información cuántica. En una expresión puntual en el seno de lo mejor de la física cuántica y de la cosmología puede hablarse también idóneamente de una física del vacío, la cual ha sido llamada en ocasiones como la cuántica budista; se trata del cruce e implicaciones, en efecto, entre física cuántica y budismo (Smethan, 2010). Dejamos este último tema de lado provisionalmente. La dificultad en este plano radica en que la biosemiótica es, por lo menos en su acepción más generalizada, con la notable excepción de Hoffmeyer, una ciencia que se concentra en los sistemas vivos. La extensión de la biosemiótica a la física, y con ella al universo comporta abrir las puertas a concepciones perfectamente distintas a las predominantes en los últimos 2500 años. Se trata del pansiquismo, el hylozoísmo, el panteísmo o el biocentrismo. En otras palabras, es la idea de que la materia está animada. Son muy pocos los autores que

han sostenido abierta o públicamente una concepción semejante. No obstante, de manera significativa, en el contexto específico de este texto, cabe mencionar lo siguiente: Aristóteles fue defensor del hylozoísmo, y R. Thom así lo reconoce y lo apoyo fuertemente. Por ello, precisamente, su trabajo sobre semiofísica. Hoffmeyer, como ya queda mencionado, sostiene, asimismo, una concepción panteísta. El padre más reciente y acaso el máximo defensor del panteísmo es Spinoza. Kauffman aboga abiertamente por una comprensión pansiquista del mundo y la realidad, precisamente en el texto en el que, acaso no coincidentalmente, más y mejor se pronuncia acerca de las relaciones entre complejidad, cuántica y biosemiótica; el libro ya señalado. En el marco de la filosofía de la ciencia, Auletta (2010) argumenta en favor de una comprensión no mecanicista de los sistemas vivos, y apunta entonces a la teoría de la información, *lattu sensu*. En fin, un estudio y consideración de los entrelazamientos entre estas concepciones se encuentra en (Maldonado, 2018b).

En cualquier caso, con la biosemiótica es perfectamente posible decir que la biología encuentra una nueva base, distante de la explicación fundada en procesos físico-químicos. Sin ambages, emerge ante la mirada sensible toda la dimensión de la complejidad en el sentido preciso de las ciencias de la complejidad. Recabemos con claridad sobre este aspecto: los sistemas vivos no son un material determinado, un conjunto compuesto de combinaciones físico-químicas. Manifiestamente que la vida, es decir, los sistemas vivos, son sistemas físicos y, evidentemente, fenómenos materiales. Afirmar lo contrario sería supino.

El problema estriba en que, propiamente hablando, a la fecha, aún no se sabe con exactitud qué es la materia. Lo mejor del cruce entre la física del plasma, la física de partículas elementales y la física cuántica se combina con la cosmología para establecer qué es la materia. A la fecha, se sabe, positivamente, que el 4% del universo visible es materia conformada por fermiones y bosones. El restante aproximadamente 96% es materia oscura y energía oscura.

Los sistemas vivos no son un material determinado; mucho mejor, son lo que hacen. Es posible expresar de tres maneras diferentes pero equivalentes esto que hacen los sistemas vivos para vivir, así:

- Desde el punto de vista computacional, los sistemas vivos procesan información, y procesan información de manera no-algorítmica. Los sistemas vivos no son una máquina de Turing en cualquier acepción de la palabra.
- Desde el punto de vista biológico, los sistemas vivos

son sistemas metabolizantes, pero con la metabolización, se trata entonces también, necesariamente, de la homeostasis. Spinoza designa a la homeostasis como *conatus*, esto es, como el impulso por afirmarse y vivir, por no perecer y mantenerse en el mundo.

- Desde el punto de vista biosemiótico, los sistemas vivos son semióticos, esto es, códigos vivos. Producen y emite incesantemente códigos, leen los códigos de su entorno, los decodifican y los interpretan; de la mejor manera como pueden.

Pues bien, quiero sostener expresamente que el espacio, si cabe la expresión, en el que estas tres maneras confluyen es en el estudio de la complejidad.

Como cabe apreciar, asistimos a la emergencia, y cruces, de un magnífico panorama intelectual y de investigaciones. Consideremos sus significados y alcances.

4. Significado y alcances de un conjunto de relaciones

Precisemos de manera puntual: los sistemas vivos procesan información de manera diferente a una máquina; asimismo, lo que es equivalente, los sistemas vivos son sistemas vivos de signos. Así, los signos no son un asunto meramente verbal o escrito, sino la forma misma como la vida se despliega en el mundo: lanzando señales, recibiendo señales, interpretando todo tipo de signos y señales. Se trata, manifiestamente, de fenómenos y procesos no racionales ni voluntarios. Cualquier aproximación antropomórfica clásica al respecto se queda bastante coja y resulta innecesaria.

La semiótica, esto es, procesos de semiosis, están presentes desde el origen de la vida, e incluso puede decirse que constituyen el origen mismo de la vida. La casi totalidad de los autores sobre biosemiótica así lo reconocen, y autores de las ciencias de la complejidad coinciden en lo mismo. Existen diversas teorías acerca del origen de la vida, y varias también acerca de la lógica de la vida; es decir, qué hacen los sistemas vivos para vivir. Según parece todas estas diferentes teorías coinciden en un aspecto fundamental: en términos biogeoquímicos, el origen de la vida se halla, muy probablemente en procesos de metabolización –metabolism first-. Esto quiere decir, que la vida genera sus propias condiciones de surgimiento (= pensar en complejidad es diferente a pensar en términos de causalidad), y la vida aparece ya como síntesis, y no como el resultado de procesos acumulativos o composicionales (Kauffman, 1993).

Esta misma idea puede ser comprendida de tres maneras adicionales, así:

- El origen de la vida se halla en procesamientos de información. La comprensión metabólica puede ser traducida o expresada también computacionalmente.
- El origen de la vida se funda en homeostasis. La metabolización puede ser traducida y expresada en términos biológicos. La homeostasis, así, es tanto *conatus* (Spinoza), como protensión hacia nuevos espacios y tiempos (Damasio, 2019).
- La metabolización puede ser traducida y expresada como semiosis. Así, la biosemiótica encuentra todas las condiciones de posibilidad para su emergencia y consolidación.

En verdad, desde este punto de vista, acertadamente el signo, y no las moléculas constituyen el factor crucial en el estudio de los sistemas vivos (Hoffmeyer, 1997). Ya desde su base genética, lo importante no son los genes mismos –los cuales existen, por lo demás en redes y cadenas-, sino los procesos de comunicación existentes entre ellos. Estos procesos son susceptibles de activación e inactivación, por ejemplo, a través de procesos de metilación. Ello orienta la mirada hacia la epigenética; sin embargo, debemos dejarla aquí de lado. Lo importante es que lo determinante son las señales y los procesos informacionales o comunicacionales que suceden a través de instancias como los genes, los péptidos, los aminoácidos, las proteínas, y en fin, en todo el tejido de la vida constituyen y atravesando biomas, ecosistemas, nichos ecológicos, tensiones homeoréticas y homeostáticas, en esa historia fascinante de simbiosis que es la vida en general; no en última instancia, cabe hablar de una ecosemiótica, en toda la línea de la palabra (Mäekivi, Magnus, 2020). La vida, si cabe, es el proceso de comunicación que establece la naturaleza para comunicarse con realidades y posibilidades. Y este proceso no sabe de emisores y receptores; muy por el contrario, se trata de polifonía. En su acepción más incluyente, ésta puede ser dicha como polifonía textual, narrativa, enunciativa, compuesta por ritmos diferentes, tonadas y alturas, tempos y silencios simultáneos o cruzados, melodías dialogantes pero también ocasionalmente monológicas, conformando un proceso de cambio incesante. La calidad de la naturaleza estriba en el cambio, en transformaciones armoniosas. La inteligencia y la sabiduría –distintas pero complementarias-, consisten en la capacidad para leer la fantástica partitura polifónica y saberla interpretar. En esto consiste, sin metáforas, la complejidad del mundo y la naturaleza. Al cabo, la etnomusicología ha puesto de manifiesto que la polifonía no es, en manera alguna, un acontecimiento propiamente occidental, pues se la puede apreciar, como cano plural en muchas otras culturas y épocas.

Es imposible hacer buena ciencia sin una base material. Lo contrario conduce a la pseudo-ciencia y la super-

chería. Esto es ya suficiente conocido por parte de una mente (verdaderamente) educada. En el pasado, esto es, clásicamente, la base material de las ciencias naturales fue la física, mientras que la economía, se dijo, era la ciencia que se ocupaba de las bases materiales para las (explicaciones de las) ciencias sociales y humanas. Este fue el esquema tradicional de la modernidad y hasta mediados del siglo XX.

En el curso de los últimos lustros hemos asistido a una eclosión maravillosa de nuevas ciencias y disciplinas, al mismo tiempo que a una muy interesante confluencia de muchas de ellas (Watson, 2017). La expresión más acabada de estos procesos ha sido el surgimiento y consolidación de grupos de ciencias; por ejemplo, las ciencias cognitivas, las ciencias de la vida, las ciencias de la salud, las ciencias del espacio las ciencias de la tierra, las ciencias de materiales, en fin, las ciencias de la complejidad. Con una doble salvedad, por lo menos de tipo semántico e histórico: de un lado, cuando en el siglo XIX W. Whewell acuñó por primera vez la palabra "científico", no fue para referirse a un teórico o investigador, y ciertamente no uno en una determinada ciencia o disciplina. "Científico" designó a aquel que es capaz de moverse entre ciencias y disciplinas diferentes y capaz, entonces de llevar a cabo conexiones entre ellas. De otra parte, al mismo tiempo, la escisión entre ciencia y filosofía no siempre existió. Ese fue un (mal) invento de Descartes. La *Naturphilosophie* y la *Naturwissenschaft*, notablemente, nada supieron de jerarquías y divisiones entre filosofía y ciencia. Pues bien, los dos temas de este trabajo, biosemiótica y complejidad se sitúan exactamente en esta dúplice longitud de onda. Al fin y al cabo, nadie piensa bien pensando en parcelas, secciones y segmentos. La bibliografía al respecto es ya amplia y creciente.

Nuevas ciencias como síntesis han emergido y están surgiendo. Consiguientemente, nuevos lenguajes, aproximaciones, herramientas y formas de organización del conocimiento, entre otros rasgos conspicuos. Sin embargo, ni es fácil ni gratuito el nacimiento de nuevas disciplinas y ciencias ni tampoco los procesos de acercamiento y síntesis entre ellas. No solamente lo que prima, ampliamente sigue siendo la disciplinarización del conocimiento, y en consecuencia, el análisis y la división de formas de conocimiento.

Un aspecto central pero también transversal del diálogo, posible e inevitable, entre biosemiótica y ciencias de la complejidad consiste en el reconocimiento explícito de que la biología, grosso modo, es la base de las nuevas ciencias. No existe ningún fenómeno o sistema de complejidad mayor que los sistemas vivos. La biología, en ocasiones llamada "nueva biología", hace referencia

a procesos en curso de descubrimiento e innovación, al mismo tiempo conceptual y experimental, que puede ilustrarse en los siguientes rasgos puntuales:

- a) La escisión entre naturaleza y cultura es ficticia: no existe. Este es el mérito grande de la epigenética;
- b) La división clásica entre la perspectiva del desarrollo y la evolutiva desaparece, gracias al surgimiento de, enfoque evo-devo y, más amplia y radicalmente: eco-evo-devo (ecológico, des desarrollo (*development*) y evolutiva (*evolutionary*);
- c) Los estudios sobre eusocialidad (Wilson y Nowak) ponen de manifiesto que la ayuda mutua y la cooperación son la regla, jamás la lucha, la selección o la depredación;
- d) La mejor teoría sobre el origen de la vida es la endosimbiosis; los sistemas vivos son eminentemente simbióticos; en el caso de los seres humanos, hemos llegado a saber que somos holobiontes;
- e) La vida en general es un proceso no-lineal y autorganizativo gatillado por procesos informacionales.

En otras palabras, dicho de manera clásica, el tradicional enfoque físico-químico para la explicación acerca del origen y la lógica de la vida resulta innecesario por insuficiente. Por el contrario, se impone el tránsito a un enfoque informacional; o comunicacional, lo que es equivalente.

Es cierto que algunos de los temas o aspectos que se acaban de mencionar no han sido considerados en detalle en este artículo. (Por ejemplo, la endosimbiosis (Margulis, Sagan, 2003), el enfoque evo-devo (Carroll, 2006) y la epigenética (Jablonka, Lamb, 2005; Moore, 2017)). No obstante, debe ser evidente que nuevas luces aparecen sobre el más apasionante de todos los fenómenos: el estudio de la vida, y de lo que hacen los sistemas vivos para ser tales. El vector, si cabe la palabra, conduce a comprensiones alta y crecientemente contratintuitivas; particularmente cuando se las mira con los ojos del pasado o de la ciencia normal (Th. Kuhn). Expresado en el marco de la física, la información permite comprender más y mejor lo que explicaban antes la energía y la materia (masa). A. Wheeler lo sintetizó en la fórmula, ya hoy muy conocida: *it from bit, from qubit* (Halpern, 2018).

Un sistema complejo es un sistema no-lineal. Pues bien, bien entendida la no-linealidad significa exactamente que los fenómenos de complejidad creciente ganan información; aun cuando no necesariamente ello implique ganar memoria. Los sistemas lineales no ganan, en absoluto, información. Poseen una determinada

información y sólo pueden perderla. Por contrario, un sistema que gana información se dice que es no-lineal. Como se aprecia, diversas líneas de estudio y reflexión confluyen en este punto. Este texto trazado varias de estas líneas, que apuntan a consideraciones al mismo tiempo científicas y filosóficas (y no una más que la otra).

5. Conclusiones: la biosemiótica es una ciencia de la complejidad

Los sistemas vivos procesan información de forma no-algorítmica. Precisamente por ello, el procesamiento de la información en los sistemas vivos sucede, por ejemplo, de forma paralela, distribuida, no-local, como emergencia, y de otras formas que no son jamás secuenciales, centralizadas ni jerárquicas. Pues bien, concomitantemente, la semiosis no sucede de forma algorítmica, en absoluto. Existe, así, una conjunción perfecta entre hipercomputación biológica y biosemiótica.

Podemos señalar que existen dos vertientes recientes, mucho más allá de los cimientos sentados por Shannon y Weaver, principales en la teoría de la información. Una es la teoría cuántica de la información; la otra, la biosemiótica. Información, signos, comunicación, señales – diferentes nombres para designar realidades no materiales, y mucho más que estados, procesos. La información sólo existe como proceso; como estado sólo existen los datos, a los cuales le suceden muchas cosas; por ejemplo, minería de datos, procesamiento, *scraping*, y muchos más. Este rasgo de la información coincide, plano por plano, con la semiosis. Los sistemas vivos son tales justamente porque no saben de estabilidad, equilibrio o permanencia, sino de cambios, procesamientos, aprendizaje y adaptación, por ejemplo.

Ya desde el primer peldaño de la semiosis, si se puede decir así, el código genético queda establecido que: 1) es un código real, 2) fue el primero de una larga serie de códigos orgánicos que dieron lugar a la historia de la vida en el planeta. Desde entonces, la heurística de la biosemiótica se sugiere amplia, muy rica y ubicua; y jamás monofónica o monocromática.

Indudablemente, la vida se basa en semiosis; esto es, en signos y códigos, y en los concomitantes sistemas de lectura e interpretación. La teoría de la evolución, que es, dicho por el propio Darwin, una teoría esencialmente incompleta, logra complementarse con la ayuda de la biosemiótica; como, por lo demás, ya lo había hecho mediante el concepto de auto-organización. La idea misma de códigos de señales o signos comporta la idea de horizontalidad, cooperación y co-evolución; esto es,

todo lo contrario a la lucha y simple selección, natural o cultural o cualquier otra. Más exacta y radicalmente, la vida es un tejido de signos y mensajes, que ni se reducen a los esquemas antropocéntricos, ni tampoco se agotan, en modo alguno, en esquemas culturales humanos.

Debe quedar claro que la naturaleza habla en numerosos lenguajes, y nunca en uno solo. Un antecedente sin igual de esta idea se encuentra ya en Jenófanes: los dioses de los etíopes son chatos y negros, y los de los Tracios, de ojos azules y blancos. La naturaleza habla de hecho, simultáneamente, en una polifonía, unos lenguajes cruzados con otros, unos interrumpiendo o superponiéndose a otros, cruzados, libres, abiertos. La biosemiótica consiste en el estudio de estos sistemas de signos naturales, tanto como las ciencias de la complejidad de su diversidad irreductible y su carácter creciente, que coincide, por lo demás, con la evolución misma – un proceso de especiación o arborización.

La naturaleza habla muchos más lenguajes que los que los seres humanos, culturalmente, creen. Así, la inteligencia humana consiste en aprender los numerosos lenguajes de la naturaleza y sus sistemas de signos y códigos. Una idea de corte eminentemente científico y filosófico a la vez. Sin exageración, la biosemiótica permite, como ninguna otra ciencia o disciplina, captar la riqueza y pluralidad de la naturaleza.

La complejidad es, simple y llanamente, una multiplicidad que no puede de ninguna manera ser reducida a unos cuantos o a unos pocos elementos y cuya estructura y dinámica es abierta, nunca cerrada o asilada; en consecuencia, es eminentemente nodal y, al cabo, un sistema de redes. Los comportamientos de los sistemas complejos tienen diferentes atributos; aquí, cabe destacar específicamente, la autoorganización, la emergencia, la adaptabilidad, la no-linealidad y la imprevisibilidad. Por su parte, la biosemiótica ha sido llamada como una síntesis entre las ciencias naturales, sociales y humanas. Paralelamente, es preciso decir que cuando se piensa en complejidad se habla mucho más y muy distinto a simplemente inter, trans o multidisciplinariedad. Dicho sin más, la biosemiótica puede ser considerada, apropiadamente, como una de las ciencias de la complejidad. El tema, así, no es sencillamente de adscripciones o elaboración de conjuntos de conocimientos: se trata de la conjunción para pensar el más fantástico de todos los fenómenos imaginables: la vida; esto es, la vida tal-y-como-es- y la vida tal-y-como-podría-ser-posible. Un horizonte amplio y generoso emerge ante la mirada sensible.

Bibliografía

- Auletta, G., (2010). *Cognitive Biology. Dealing with Information from Bacteria to Minds*. Oxford: Oxford University Press
- Baluska, F., Mancuso, S., Vokmann, D., (2006). *Communication in plants. Neuronal Aspects of Plant Life*. Springer Verlag
- Barbieri, M., (2009). "A Short History of Biosemiotics", en: *Biosemiotics 2*: 221-245; doi: <https://doi.org/10.1007/s12304-009-9042-8>
- Barbieri, M., (2008). "What is biosemiotics?", en: *Biosemiotics*, 1: 1-3 (Editorial); disponible en: <file:///C:/Users/user/Documents/Papers%20CEM/what%20is%20biosemiotics.pdf>
- Barbieri, M., (2008). "Biosemiotics: a new understanding of life", en: *Naturwissenschaften*, vol.95, págs. 577-599; doi: 10.1007/s00114-008-0363-x
- Barbieri, M., (Ed.), (2007). *Introduction to Biosemiotics. A New Biological Synthesis*. Springer Verlag
- Botkin, D. B., (1990). *Armonías discordantes. Una ecología para el siglo XXI*. Madrid: Acento Editorial
- Brier, S., (2016). "Biosemiotics Antihumanism: Why culture is an extension of biology and a self-organizing system of meaning", en: *Cybernetics and Human Knowing – A journal of second order cybernetics, autopoiesis and cyber-semiotics*, 24(2): 93-97
- Carroll, S. B., (2006). *Endless Forms Most Beautiful. The New Science of Evo Devo*. New York-London: W. W. Norton & Company
- Damasio, A., (2019). *El extraño orden de las cosas. La vida, los sentimientos y la creación de las culturas*. Bogotá: Planeta
- De Waals, F., (2005). *Our Inner Ape. A Leading Primatologist Explains Why We Are the Way We Are*. New York: Riverhead Books
- Favareau, D., (2008). "The evolutionary history of biosemiotics", en: M. Barbieri, (ed.) *Introduction to Biosemiotics*. Springer Verlag
- Gálik, D., (2013). "Biosemiotics: A New Science of Biology?", en: *Filozofia* 68, No. 10, págs. 859-867
- Halpern, P., (2018). *The Quantum Labyrinth. How Richard Feynman and John Wheeler Revolutionized Time and Reality*. New York: Basic Books
- Hoffmeyer, J., (2009). *Biosemiotics: An Examination into the Signs of Life and the Life of Signs*. University of Scranton Press
- Hoffmeyer, J., (1997). *Signs of Meaning in the Universe*. Indiana: Indiana University Press
- Hölldobler, B., y Wilson, E. O., (1996). *Viaje a las hormigas. Una historia de exploración científica*. Barcelona: Crítica-Grijalbo Mondadori
- Jablonka, E., Lamb, M., (2005). *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. The MIT Press
- Kauffman, S., (2016). *Humanity in a Creative Universe*. Oxford: Oxford University Press
- Kauffman, S., (1993). *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford: Oxford University Press
- Kosoy, M, Kosoy, R., (2018). "Complexity and biosemiotics in evolutionary ecology of zoonotic infectious agents", en: *Evol. Appl.*, abril, 11(4): 394-403; doi: 10.1111/eva.12503
- Kull, K., (2000). "An introduction to phytobiosemiotics: semiotic botany and vegetative signs systems", en: *Sign Systems Studies*, 28: 326-350
- Kull, K., (2009). "Biosemiotics: to know, what life knows", en: *Cybernetics and Human Knowing*, 16(3/4): 81-88
- Landauer, R., (1991). "Information is Physical", en: *Physics Today* 44, 5, 23; doi: <https://doi.org/10-1063/1.881299>
- Mäekivi, N., Magnus, R., (2020). "Ecosemiotics and Zoosemiotic Perspectives", en: *Biosemiotics*, 13 (1-7); doi: <https://doi.org/10.1007/s12304-020-09382-z>
- Maldonado, C. E., (2020). *Teoría de la información y y complejidad. La tercera revolución científica*. Bogotá: Universidad El Bosque-Desde Abajo
- Maldonado, C. E., (2018a) "Biological Hypercomputation and Degrees of Freedom", en: *Complexity in Biological and Physical Systems - Bifurcations, Solitons and Fractals*, R. en: López-Ruiz (Ed.), London, IntechOpen, ISBN 978-1-78923-051-2, pp. 83-93, doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73179>
- Maldonado, C. E., (2018b) "Quantum Physics and Consciousness: A (Strong) Defense of Panpsychism", en: *Trans/from/acao, Edicao especial*, Vol. 41, pp. 101-118, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-3173.2018.v41esp.07.p101>
- Maldonado, C. E., Gómez-Cruz, N., (2015) "Biological Hypercomputation: A New Research Problem in Complexity Theory", en: *Complexity*, Vol. 20, Issue 4, págs. 8-18
- Marais, A., Adams, B., Ringsmith, A. K., Ferretti, M., Gruber, J. M., Hendrikx, R., Schuld, M., Smith, S. L., Sinayskiy, I., Krüger, T. P. J., Petruccione, F., and van Grondelle, R., (2018). "The Future of Quantum Biology", en: *Journal of the Royal Society Interface*, 14 de noviembre, vol. 15, issue 148, 20180640; doi: <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0640>
- Margulis, L., Sagan, D., (2003). *Captando genomas. Una teoría sobre el origen de las especies*. Barcelona: Kairós
- Meyers, R. A., (Ed.), (2009). *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. Vols. 1-10. Springer Verlag
- Moore, D. S., (2017). *The Developing Genome. An Introduction to Behavioral Epigenetics*. Oxford: Oxford University Press
- Sebeok, T. A., (1994). *Signs: An Introduction to Semiotics*. Toronto: University of Toronto Press
- Sharov, A. A., (1992). "Biosemiotics: Functional-Evolutionary Approach to the Analysis of the Sense of Information", en: Sebeok, T. A., and Umiker-Sebeok, J., (eds.), *Biosemiotics: The Semiotic Web*, New York: Mouton de Gruyter, págs. 345-373
- Smethan, G., (2010). *Quantum Buddhism. Dancing in Emptiness. Reality Revealed at the Interface of Quantum Physics and Buddhist Philosophy*. Lulu.Com
- Solé, R., and Goodwin, B., (2000). *Signs of Life. How Complexity Pervades Biology*. New York: Perseus Books
- Stewart, J., Gapenne, O., & Di Paolo, E. A., (Eds.), (2014). *Enaction : Toward a New Paradigm for Cognitive Science*. A Bradford Book

- Thom, R., (1990). Esbozo de una semiofísica. Física aristotélica y la teoría de la catástrofes. Barcelona: Gedisa
- Varela, F., (2000). El fenómeno de la vida. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones
- Varela, F., Thompson, E., Rosch, E., (1992). The Embodied Mind. Massachusetts: The MIT Press
- Watson, P., (2017). Convergencias. El orden subyacente en el corazón de la ciencia. Barcelona: Crítica
- Wheeler, W., (2006). The Whole Creature. Complexity, Biosemiotics and the Evolution of Culture. London: Lawrence & Wishart