

Biosemiótica y evolución biológica

This manuscript ([permalink](#)) was automatically generated from [pascalin/biosemiotics@ed0cf34](#) on June 10, 2024.

Authors

- **C. David Suárez Pascal** 

 [0000-0003-2297-5856](#) ·  [pascalin](#) ·  [pascalin](#) ·  @pascalin@unam.social

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

✉ — Correspondence possible via [GitHub Issues](#) or email to C. David Suárez Pascal
<david.suarez@ciencias.unam-mx>.

Resumen

La biosemiótica contemporánea presenta un carácter polifacético, o plural, para expresarlo en términos más actuales. Al tratarse de un campo inter- o incluso transdisciplinario, tiene sentido plantearse la pregunta con respecto a la relación que mantiene con la biología. Tanto desde el punto de vista teórico, como desde el histórico o incluso del sociológico, esta pregunta resulta interesante. Aun más, dadas tanto su naturaleza peculiar en términos disciplinarios, como algunas de las tesis que sostiene, es necesario considerar si la *biosemiótica* es una nueva teoría biológica, propiamente dicha, si se trata más bien de una aplicación de la semiótica a la biología (algo similar a disciplinas como la *biofísica*, la *bioquímica*, la *bioestadística*, etc.), o si es una propuesta filosófica más que científica. Para responder a algunas de estas preguntas, este trabajo se centrará principalmente en el aspecto teórico a fin de analizar las tesis centrales de la biosemiótica, las implicaciones de su irrupción para la biología contemporánea y su relación con otras teorías biológicas.

Introducción

La biosemiótica es un campo de investigación relativamente reciente. Aunque sus antecedentes teóricos y filosóficos pueden rastrearse al menos hasta los trabajos de Charles S. Peirce y de Jakob von Uexküll, su articulación como un campo de investigación independiente no tiene mucho más de 40 años y no es sino hasta hace relativamente poco que se estableció la primera publicación científica enfocada específicamente en este tema[1], que se conformó una sociedad científica independiente alrededor de este campo de estudios (la International Society for Biosemiotic Studies), y que empezó a ser conocida dentro de un público más amplio tanto científico como no científico. No obstante, a pesar de la existencia de al menos dos volúmenes enfocados en ofrecer una panorámica del área[2,3], y del gran número de trabajos de diversa índole que han sido publicados sobre la biosemiótica, o que adoptan una perspectiva biosemiótica con respecto a algún problema biológico en particular, salta a la vista la falta de interés en la biosemiótica desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia y particularmente de la filosofía de la biología, así como de la historia de las ciencias y particularmente de la biología, y esto se aplica en general a todos los estudios sobre la ciencia y la tecnología.

No es demasiado difícil conjeturar cuáles podrían ser algunas de las causas de este desinterés, entre las que se encuentra cierta marginalización tanto de los personajes que constituyen antecedentes históricos para esta nueva disciplina, como también de algunas y algunos de sus actuales defensores. Sin embargo, tampoco es factible atribuir toda la responsabilidad de esta situación a factores sociológicos o incluso políticos; aunque estos sin duda han jugado un papel tanto en el abandono anterior como en la recuperación reciente de algunas de las tesis que sostiene la biosemiótica actualmente. Para explicar de manera más adecuada la situación peculiar en la que se encuentra la biosemiótica en relación con la biología actual es necesario examinar también sus propuestas teóricas, su relación con otras teorías biológicas y sus implicaciones de más largo alcance para la biología contemporánea.

La biología del siglo XXI es un campo disciplinario sumamente diverso (o quizás, más bien, la suma de una diversidad de campos disciplinarios) cuyo objeto de estudio abarca toda la diversidad conocida de seres vivos y que incorpora metodologías sumamente disímiles, las cuales van desde la modelación matemática hasta la experimentación en ambientes tanto naturales como artificiales, pasando por la comparación, la clasificación y la reconstrucción histórica. Desde el punto de vista teórico, la biología actual tampoco presenta un panorama uniforme, sino que, muy lejos de los ideales del añejo programa de unidad de la ciencia, pareciera albergar teorías distintas y en algunos casos contradictorias. Aun más, las fronteras de la biología, como pasa frecuentemente en las ciencias empíricas, tienen un carácter difuso, de manera que para ciertos estudios o ciertos campos de investigación es difícil determinar con certeza si caen o no dentro de la biología. Esta situación es particularmente notoria con respecto a ciertos campos disciplinarios y ciertos fenómenos. En el primer caso se encuentran disciplinas como la biofísica, la bioquímica, o incluso la bioética, pues en términos tanto de su metodología como de su marco teórico bien podría uno cuestionarse con respecto a si se trata de subdisciplinas de la biología o si su lugar más adecuado sería dentro de la física, la química o la filosofía, respectivamente. Como ejemplo del segundo caso tenemos algunos campos de fenómenos, tales como el origen de la vida[4], las grandes transiciones evolutivas[5], o incluso aquello que se ha denominado vida artificial[6] y vida sintética, pues aunque cada una de estas áreas se relaciona de manera cercana con temas que competen a la investigación biológica, tanto la complejidad de estos problemas como las herramientas empleadas para abodarlos hacen que su estudio se distinga (y en algunos casos se separe radicalmente) de la biología entendida en su sentido más convencional.

Algo similar ocurre con respecto a la biosemiótica, dado que se trata de un campo que combina elementos tanto de la biología como de un área de las humanidades cercana a la lingüística o incluso

a la filosofía. Sin embargo, como veremos, un examen más detallado de la biosemiótica muestra que más que una mera aplicación de la semiótica a la biología (o viceversa), las tesis defendidas por ésta requieren una reconceptualización de ambos campos, por lo que es comprensible que se le haya descrito como una transdisciplina¹, más que como una interdisciplina[3, XVI]. El problema con esta denominación, además de su carácter polisémico, es que no especifica de manera precisa cuál es la relación que se plantea entre biología y semiótica, ni nos permite tampoco anticipar la naturaleza de los cambios a nivel teórico que la adopción de la biosemiótica demanda ni para la biología ni para la semiótica. En vista de esto, lo más conveniente para ponderar la contribución particular que la biosemiótica puede hacer a la biología será examinar en primer lugar sus propuestas teóricas, en segundo lugar, su papel como incorporaciones a la red teórica (o las redes teóricas) de la biología contemporánea, para, finalmente, considerar su carácter inter- o transdisciplinario, esperando que esta cuestión sea iluminada a su vez por las dos consideraciones previas a nivel metateórico.

¿Qué es lo que propone la biosemiótica?

No obstante su carácter multifacético, distintos autores han identificado la idea o tesis central de la biosemiótica que capturaría, hasta un cierto punto, la naturaleza de esta nueva disciplina. Por ejemplo, Hoffmeyer ubica esa tesis en la idea de que “la vida se basa fundamentalmente en procesos semióticos” [3]. Alternativamente, para Queiroz, Emmeche, Kull y El-Hani, la “biosemiótica podría ser vista como biología interpretada como el estudio de sistemas vivos de signos” [11]. En tanto que ambas enunciaciones expresan ideas similares, también plantean ciertas interrogantes con respecto a la naturaleza de esta disciplina y con respecto a sus relaciones con la biología. En primer lugar, la propuesta de Hoffmeyer pareciera sugerir un reacomodo con respecto a la estructura teórica asumida comúnmente en la biología, en donde la física y la química establecerían las bases sobre las que se funda el conocimiento biológico. Así, Hoffmeyer señala explícitamente su intención de reemplazar la creencia en que “la vida es solamente química y moléculas — con una filosofía mucho mejor, más contemporánea y más coherente” [3], en la cual la vida y los signos constituyan los fenómenos fundamentales. De acuerdo con esta modificación propuesta por Hoffmeyer, para la biosemiótica “la vida está compuesta por moléculas, que se manifiestan a sí mismas como signos” [3].

Al contrario de lo que parecería sugerir el lenguaje empleado ocasionalmente por autores como los mencionados, la biosemiótica no es una propuesta estrictamente filosófica ni tampoco conlleva simplemente una reinterpretación o reformulación del conocimiento biológico empleando la terminología de la semiótica, sino que también hace propuestas teóricas propias cuyo examen es esencial para esclarecer la relación que plantea tanto entre la biología y la semiótica como con otras teorías biológicas. Entre esas propuestas teóricas dos que resaltan y que examinaremos a continuación son la *dualidad de código* y la *causalidad semiótica*, aunque considero que un mejor nombre para la segunda tesis podría ser el de interpretación orgánica.

La primera tesis, defendida originalmente por Hoffmeyer y posteriormente en colaboración con Claus Emmeche [3,12], consiste en señalar la existencia de dos naturalezas, o dos partes, complementarias en los sistemas biológicos, una analógica y otra digital. De acuerdo con estos autores, esta condición constituye la base de la capacidad de los sistemas vivos de “seleccionar y responder a diferencias en su entorno” [12] al permitir la auto-referencia, esto es, una descripción digital de sus componentes analógicos que a pesar de ser parcial dota al sistema de cierta memoria y continuidad temporal. De acuerdo con esta categorización, todo sistema vivo estaría conformado por una parte “analógica” que es la que interactúa con el entorno y en la que predominan procesos *análogos* a aquellos que tienen lugar en otros sistemas físicos. La relación entre una enzima y su sustrato, esto es, las interacciones electroquímicas entre estas moléculas, así como la incidencia mecánica de un pico o una garra sobre un material, ya sea de origen biótico o abiótico, forman parte de esa naturaleza analógica. En cambio, otro tipo de relaciones o procesos serían, de acuerdo con esta tesis, de naturaleza digital y giran en torno al establecimiento de códigos biológicos, esto es, de relaciones con un cierto grado de convencionalidad y que requeriría otras formas de explicación, distintas a las empleadas para dar cuenta de la parte analógica.

Aunque Stjernfelt señala que, estrictamente hablando, solamente podríamos hablar de códigos en el ámbito digital y que, por lo tanto, el término de “dualidad de código” sería inadecuado [13], la dualidad a la que se refiere esta tesis constituye una parte medular de distintas propuestas al interior de la biosemiótica. En particular, en el caso de Uexküll (y quizás también de von Baer [14]) la dimensión digital estaría expresada en términos del plan de organización (o *Bauplan*), más que de un código genético. Sin embargo, el rol teórico de la distinción sería el mismo en tanto que permite formular un tipo de explicación que se distingue de la forma en que explicamos de manera común los procesos pertenecientes a la dimensión analógica de los sistemas biológicos.

De manera independiente tanto a la biosemiótica como al trabajo de Uexküll, o incluso al de Peirce, Michael Polanyi apuntó también hacia esta dualidad presente en los seres vivos, al igual que en las máquinas, la cual relacionó tanto con la organización, o la estructura, como con el concepto de información [15], por lo que se encuentra cercano tanto a la posición de Hoffmeyer como a la de Uexküll. Para Polanyi, las máquinas, al igual que los seres vivos, operan bajo el control de dos principios: 1) el diseño, y 2) los procesos físico-químicos. El primero de estos principios opera estableciendo condiciones de frontera (*boundary conditions*) sobre las leyes de la física y la química, que constituyen el segundo principio ². De esta manera, Polanyi coincide con Hoffmeyer al señalar que los organismos son sistemas de los cuales se podría afirmar que están bajo un control dual, no solamente en términos de los procesos físico-químicos que en ellos operan, sino en términos también de su estructura, que funciona como condición de frontera para los primeros.

Aunado al reconocimiento de esta dualidad, Polanyi plantea una diferencia complementaria en cuanto a dos tipos de fronteras, una que llama “de tubo de ensaye” y otra que denomina de tipo “máquina”, en función de los intereses (pragmáticos, en el sentido de van Fraassen [16]) que llevan asociados. En el primer caso lo que más nos interesa son los procesos que están siendo controlados por la frontera, mientras que en el segundo tipo lo que más nos interesa son precisamente las fronteras, o, de manera todavía más precisa, los efectos producidos por ellas. De acuerdo con Polanyi, tanto la estructura u organización de los seres vivos, como el fenómeno de la comunicación pertenecen al segundo tipo de frontera:

The same thing holds for machine-like boundaries; their structure cannot be defined in terms of the laws which they harness. Nor can a vocabulary determine the content of a text, and so on. Therefore, if the structure of living things is a set of boundary conditions, this structure is extraneous to the laws of physics and chemistry which the organism is harnessing. Thus the morphology of living things transcends the laws of physics and chemistry. [15]

Es interesante que tanto para Hoffmeyer como para Polanyi la tesis con respecto a la dualidad podría entenderse como una tesis ontológica, que marcaría la separación entre los sistemas inertes y los sistemas vivos, de manera que más que tratarse de la postulación de un principio que conecte dos disciplinas distintas, tales como la biología y la semiótica, se trata de una característica que nos permitiría delimitar el objeto de estudios propio de la biología y debería encontrarse, por lo tanto, formando parte de sus leyes o principios fundamentales. Sin embargo, a pesar de la posición sostenida por estos autores, en este trabajo se sugerirá que la tesis con respecto a la dualidad puede interpretarse no solamente como una tesis ontológica, sino como una tesis epistemológica o incluso como una tesis pragmática, sin que esto implique necesariamente una pérdida de relevancia teórica para la biología contemporánea.

Una segunda tesis, defendida de manera implícita o explícita por múltiples proponentes en la biosemiótica, es la tesis de la causalidad semiótica, aunque, como veremos, un mejor nombre podría ser quizás el de interpretación orgánica, para evitar ciertos conflictos relacionados con la idea de causalidad. De manera sucinta, Hoffmeyer la resume como una tesis según la cual existen procesos orgánicos de interpretación que serían causalmente eficaces en los seres vivos [3, xiv]. Aunque esta tesis requiere para su esclarecimiento de un análisis más profundo del que podemos emprender en este trabajo, a grandes rasgos lo que afirma, en su sentido más débil, es la legitimidad de explicaciones que consideren el estado del organismo bajo estudio como uno de sus componentes esenciales. En su sentido más fuerte, la tesis de la interpretación orgánica afirma la independencia parcial o total del ser vivo con respecto a aquellos procesos físicos y químicos subyacentes. Hoffmeyer describe esta tesis de manera más extensa en los siguientes términos:

This other kind of causality alluded to by Peirce is exactly what I have suggested we call semiotic causality, i.e., bringing about things under guidance of interpretation in a local context. Semiotic causality cannot be reduced to efficient causality but, on the contrary, is dependent upon the workings of efficient causality, since interpretation, even in its most primitive modes, is of no need if not followed by habit formation, or, in other words, by anticipatory action—and action unquestionably depends on efficient causality. Semiotic causality thus gives direction to efficient causality, while efficient causality gives power to semiotic causality. Their reciprocal relation is one of inter dependence, not one of exclusion. [3]

De la misma manera que en relación con la primera tesis nos podemos cuestionar con respecto a la naturaleza de la dualidad planteada, en el caso de la tesis de la interpretación orgánica tendría sentido distinguir aquellos aspectos que establecen las principales diferencias entre las distintas posturas, los cuales son, en primer lugar, 1) si se entiende como una tesis ontológica, epistemológica, o pragmática (por mencionar tres de las posibilidades más relevantes para la biología); en segundo lugar, 2) cuál es el rol que desempeña esta interpretación o este tipo de causalidad en relación con la explicación de los fenómenos biológicos; y, finalmente, 3) qué tan radical es la separación o independencia que se plantea entre los procesos orgánicos de interpretación y los procesos a nivel físico-químico.

Aunque se podría cuestionar hasta qué punto las tesis de dualidad de código y de interpretación orgánica son independientes, o si se trata más bien de dos partes de la misma tesis, considero que tiene sentido distinguirlas a fin de mostrar las diferentes maneras en que se pueden interpretar para dar lugar a distintas posturas al interior de la biosemiótica y podrían servir de base para caracterizar la posición defendida por diferentes exponentes, lo cual, a su vez, podría servir para examinar qué tan interrelacionadas están ambas tesis.

Para finalizar esta sección y para ejemplificar esta interrelación convendrá examinar, aunque sea de manera somera, la teoría de Jakob von Uexküll sobre el Umwelt, o mundo circundante, lo cual nos permitirá tanto conocer algunas de las propuestas de este representante de la biosemiótica como analizar su relación con las dos tesis básicas que acabamos de exponer. De manera muy conveniente para nosotros, Hoffmeyer vincula su propia propuesta con el trabajo de Uexküll de la siguiente manera, permitiéndonos apreciar las relaciones entre el concepto de Umwelt y la tesis de dualidad de código que él mismo propone:

The realization in space and time of the structural relations specified in the digital code determines what kind of differences in its surroundings the system will actually select and respond to. In Uexküllian terms, these specifications determine not just the anatomical and physiological buildup of the organism but also the kind of Umwelt the organism will get through this realization. [3]

Como se puede intuir a partir de la cita anterior, la dualidad que plantea Uexküll es aquella que existe entre la organización, o el *Bauplan* (plan de construcción) del organismo y aquello que lo rodea, que constituye su entorno, y a partir de cuya selección se construye el mundo particular de cada especie, o Umwelt. En términos de Hoffmeyer, el primer componente de esta dualidad se relaciona particularmente con la codificación digital, pues sería el DNA, esto es, la codificación (digital) de las relaciones estructurales presente en el material genético, el que daría lugar al Umwelt de cada organismo al especificar tanto sus componentes anatómicos como fisiológicos. En términos de Polanyi, el *Bauplan* de cada organismo tiene una relación directa con su concepto de frontera, en tanto que correspondería al tipo de organización que los seres vivos comparten con las máquinas y que, para Polanyi, establecería uno de los ámbitos del control dual que caracteriza a ambos tipos de sistemas. Sin embargo, con respecto al segundo componente en la propuesta de Uexküll hay una diferencia importante entre Hoffmeyer y Polanyi, la cual podría ayudarnos a iluminar algunos aspectos peculiares de la biosemiótica frente a otras teorías biológicas. Mientras que para Polanyi la contraparte de la estructura de un sistema bajo control dual, tal como las máquinas y los seres vivos,

lo forman los principios físico-químicos, para Hoffmeyer se trataría más bien de una codificación analógica de las relaciones entre el organismo y su entorno.

Así, mientras que la teoría del Umwelt de Uexküll podría analizarse en términos ya sea de la dualidad planteada por Polanyi o por Hoffmeyer, para reconstruirla de manera más precisa lo más adecuado sería apelar a la noción de frontera de Polanyi, para dar cuenta de la función que Uexküll le asigna al *Bauplan*, mientras que para dar cuenta de la relación con el entorno sería conveniente entenderla en términos de la codificación analógica planteada por Hoffmeyer, pues es precisamente en esos términos que Uexküll plantea la operación tanto de los órganos perceptuales como de los órganos efectores. Si bien existe cierta correspondencia entre la idea de frontera de Polanyi y la idea de codificación digital planteada por Hoffmeyer, este último considera la organización correspondiente al Bauplan como un aspecto secundario, que sería especificado de manera primaria por la codificación digital en términos genéticos, lo cual crea cierta discrepancia con respecto a la unidad de análisis entre las propuestas de Uexküll y de Polanyi, por un lado, y la de Hoffmeyer, por el otro, pues mientras que Uexküll se centra en el organismo, Hoffmeyer pareciera estar mucho más interesado en el sistema genético y de hecho señala en alguna ocasión, reformulando un trabajo previo con Claus Emmeche [12], que tanto las proteínas como el organismo son las formas análogas correspondientes a la codificación digital [3]. En cambio, tanto Uexküll como Polanyi ven, en el simple hecho de la organización, la posibilidad, e incluso la necesidad, de incorporar formas de explicación diferentes a las que se requieren para dar cuenta de sistemas que no se encuentran bajo lo que Polanyi denomina como control dual. La posición de Uexküll a este respecto es lo suficientemente explícita como para justificar su reconstrucción combinada en términos de las propuestas de condiciones de frontera y de codificación analógica, de Polanyi y de Hoffmeyer, respectivamente, como lo muestra la siguiente cita [17]:

El tratamiento biológico de los círculos funcionales requiere que también consideremos desde la perspectiva de la concordancia a un plan la parte del círculo que transcurre en el Umwelt en el exterior del cuerpo. Y esto es nuevo e inusual. Estamos acostumbrados a tratar las cosas que están fuera del sujeto puramente según reglas de causalidad. Sin embargo, así no haríamos justicia a la estructura biológica que se extiende a lo largo de todo el círculo.

Si queremos construir por nosotros mismos el circuito funcional completo de una máquina, en el que podamos, por ejemplo, dotar a una locomotora automática con un aparato óptico que se estimule con las características verdes y rojas de unas señales, e influir así en el control de la locomotora, entonces tenemos que construir también el Umwelt, esto es, en este caso, las vías, tan en concordancia con un plan como la locomotora misma.

Como vemos, en Uexküll ya aparecen combinadas las dos tesis que examinamos anteriormente. Por un lado, la dualidad referida tanto por Hoffmeyer como por Polanyi está presente de diversas maneras en la propuesta de Uexküll, aunque quizás de forma más representativa en su distinción entre mundo perceptual (*Merkwelt*) y mundo efectual (*Wirkwelt*). Por otro lado, la tesis de la interpretación orgánica aparece de manera explícita vinculada a su propuesta del círculo funcional (*Funktionskreis*), en donde Uexküll muestra cómo la integración perceptual de las características de aquellos elementos del entorno de un organismo que son significativos para su especie estimula su análisis en términos de acciones particulares dirigidas hacia ciertas estructuras del entorno. Como ya se ha argumentado previamente [18], en el esquema planteado por el círculo funcional las acciones desplegadas por el organismo son explicadas en términos del significado de los estímulos para el organismo, con base en su organización anatómica y fisiológica particular, más que en función de su naturaleza físico-química. Así, si bien la tesis de la dualidad pareciera tener, en Uexküll, un carácter ontológico, la tesis de la interpretación orgánica podría entenderse, en principio, en un sentido tanto pragmático como epistémico.

No obstante, independientemente del sentido preciso en que se entiendan, las dos tesis descritas aquí pretenden contribuir teóricamente a la biología, esto es, son propuestas que buscan ayudar a configurar nuestro conocimiento con respecto a un ámbito de la realidad que coincide con los sistemas biológicos en su sentido más amplio, desde los organismos más simples hasta los ecosistemas. Es más, dada su generalidad, y a diferencia de lo que podría sugerir el nombre de biosemiótica, las tesis de dualidad de código y de interpretación orgánica no se restringen al ámbito de la comunicación animal, ni mucho menos al de la comunicación humana, sino que pretenden reconfigurar de manera profunda la manera en que entendemos a los seres vivos y, particularmente, su relación con el entorno, por lo que la teoría biosemiótica podría equipararse en cuanto a su importancia para la biología con la teoría celular, con la teoría evolutiva o incluso con la genética, sin que pretenda reemplazar a ninguna de estas. En su lugar, las tesis propuestas por la biosemiótica se articulan de manera natural, como veremos a continuación, con otras teorías biológicas, incorporando esta nueva perspectiva en distintas áreas de la biología.

¿Qué es lo que aporta la biosemiótica a la biología contemporánea?

Genética

Ecología

Evolución

Eventually, the system will survive long enough to pass on its own copy of the digitalized memory (or part of it) to a new generation; this corresponds to a back-translation of the message to the digitalform. But this latter process takes on its true significance only when seen at the level of the population. For it is the population (rather than the single organism) that passes on messages about conditions of life to the memory of the collective (the gene pool). The population could in this sense be considered a codification that itself expresses a message. This codification, however, is necessarily analog—since it has to interact with the physical surroundings, and thus must share with these surroundings the properties of physical extension and contiguity. (Hoffmeyer, 2008, p. 103)

References

1. **Introduction: An Evolutionary History of Biosemiotics**
Donald Favareau
Biosemiotics (2009) <https://doi.org/d47w45>
DOI: [10.1007/978-1-4020-9650-1_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9650-1_1)
2. **Essential readings in biosemiotics: anthology and commentary**
Donald Favareau (editor)
Springer (2010)
ISBN: 9781402096495
3. **Biosemiotics: an examination into the signs of life and the life of signs**
Jesper Hoffmeyer, Jesper Hoffmeyer
University of Scranton Press (2008)
ISBN: 9781589661691
4. **The origin of life**
Aleksandr I Oparin, Sergius Morgulis, Aleksandr I Oparin
Dover (1965)
ISBN: 9780486602134
5. **The major transitions in evolution**
John Maynard Smith, Eörs Szathmáry
Oxford Univ. Press (2010)
ISBN: 9780198502944
6. **Artificial life: an overview**
Christopher G Langton (editor)
MIT Press (2000)
ISBN: 9780262621120
7. <https://jrp.icaap.org/index.php/jrp/article/view/510/412>
8. **Science avec conscience**
Edgar Morin
Fayard (1982)
ISBN: 9782213011516
9. **La transdisciplinarité: manifeste**
Basarab Nicolescu
Editions du Rocher (1996)
ISBN: 9782268022086
10. **The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies**
Michael Gibbons
SAGE Publications (1994)
ISBN: 9781446221853
11. **Information and living systems: philosophical and scientific perspectives**
George Terzis, Robert Arp (editores)
MIT Press (2011)
ISBN: 9780262201742

12. **On semiotic modeling**
Myrdene Anderson, Floyd Merrell (editores)
Mouton de Gruyter (1991)
ISBN: 9780899256429
13. **CEEOL - Error** <https://www.ceeol.com/error-pages/object-not-found>
14. **The Explanatory Role of Umwelt in Evolutionary Theory: Introducing von Baer's Reflections on Teleological Development**
Tiago Rama
Biosemitotics (2024-05-15) <https://doi.org/gtw386>
DOI: [10.1007/s12304-024-09569-8](https://doi.org/10.1007/s12304-024-09569-8)
15. **Life's Irreducible Structure**
Michael Polanyi
Science (1968-06-21) <https://doi.org/dwr4bt>
DOI: [10.1126/science.160.3834.1308](https://doi.org/10.1126/science.160.3834.1308) · PMID: [5651890](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5651890/)
16. **The scientific image**
Bas C Van Fraassen
Clarendon Press ; Oxford University Press (1980)
ISBN: 9780198244240
17. **Theoretische Biologie**
J von Uexküll
Springer Berlin Heidelberg (1928) <https://doi.org/gtx2bg>
DOI: [10.1007/978-3-662-36634-9](https://doi.org/10.1007/978-3-662-36634-9)
18. **N. R. Hanson and von Uexküll: A Biosemiotic and Evolutionary Account of Theories**
CDavid Suárez Pascal
Journal for General Philosophy of Science (2021-02-05) <https://doi.org/gtx2bm>
DOI: [10.1007/s10838-021-09552-8](https://doi.org/10.1007/s10838-021-09552-8)

-
1. El concepto de transdisciplina fue propuesto originalmente por Piaget[7] y fue desarrollado por Morin[8] y por Nicolescu[9] como una ambiciosa propuesta metateórica (o meta-metateórica), y por Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott & Trow[10] como una propuesta también metateórica pero más enfocada en las condiciones actuales de producción del conocimiento.↵
 2. En contra de lo señalado por Stjernfelt, Hoffmeyer argumenta, en su libro de 2008, a favor de entender el componente analógico de los seres vivos no solamente en términos de procesos físico-químicos, sino en términos de códigos análogos. Si bien se trata de una diferencia sutil con respecto a la posición de Polanyi y de otros autores, este señalamiento de Hoffmeyer colocaría su versión de la dualidad de código más cerca de la propuesta de Uexküll, como señalaremos más adelante.↵