

UNA INTERPRETACIÓN INFORMACIONAL DE LA “LEY DE CONFORMIDAD A PLAN” DE UEXKÜLL*

AN INFORMATIONAL INTERPRETATION OF UEXKÜLL'S "LAW OF CONFORMITY TO PLAN"

EUGENIO ANDRADE
Universidad El Bosque
Bogotá, Colombia.
landradep@unbosque.edu.co



RESUMEN

Uexküll propone la existencia de una ley funcional de acuerdo con la cual las células en los organismos y estos, en el sistema global de la naturaleza, se articulan entre sí mediante hilos invisibles dados por la significación. Esta ley, conformidad a plan -LCP- (Planmäßigkeit), riñe con la visión de un mundo mecánico compuesto por unidades independientes que se mueven impulsadas por fuerzas externas.

Comenzaré por mostrar como Uexküll naturaliza al sujeto kantiano, mostrando que las categorías de espacio tiempo que posibilitan el conocimiento, se deben a la estructura organizacional del ser vivo, la cual exige además la inclusión de los a priori de contenido como escalas cromáticas, tonales, táctiles, olfativas, etcétera. Tesis que coloca al cuerpo del sujeto en el centro de un espacio perceptivo y operativo descrito mediante los círculos funcionales (CF). Pero, además, Uexküll postula una LCP que asegura una correspondencia armoniosa entre los distintos medioambientes experimentados por la gran diversidad de sujetos encerrados dentro de la lógica de su CF.

* Este artículo se debe citar: Andrade, Eugenio. “Una Interpretación Informacional de la “Ley de Conformidad a Plan” de Uexküll”. Revista Colombiana de *Filosofía de la Ciencia* 21.43 (2021): 371-410. <https://doi.org/10.18270/rfc.v43i21.3794>

Mostraré que la noción de círculos funcionales (CF) de percepción (P) y acción (A) puede ser interpretada como procesamientos de información. Las percepciones serán consideradas como las entradas (inputs) dependientes de los órganos de los sentidos, y las respuestas (outputs) como ajustes y acciones, dependientes del plan corporal del organismo que media entre ellas de acuerdo con el significado (semántica) y valor de uso de la información (pragmática). El medio ambiente experimentado (*Umwelt*) es análogo a la interfaz entre el sujeto y el medio externo que permite operar acertadamente, proporcionando una perspectiva incompleta y parcial de la realidad objetiva. De esta manera, el cuerpo organizado del sujeto en cuanto usuario y creador de información, correlaciona inputs y outputs, encaja contrapuntísticamente con otros en la gran “composición musical” de la naturaleza.

Así mismo, mostraré como la LCP permitió concebir el papel de los genes y del protoplasma dentro de un esquema en el que la información epigenética coordina y regula la expresión de la información genética. Por último, mostraré como esta visión sustenta a un holismo monista neutral donde mente y materia se funden en un proceso dinámico y cambiante, en el que los diversos agentes generan una red interactiva en conformidad a leyes funcionales no mecánicas. Para terminar, sugiero que esta interpretación informacional aproxima las visiones biológicas y físicas que Uexküll consideraba como antagónicas.

Palabras clave: Uexküll; Kant; procesamiento de información; círculo funcional; Ley de conformidad a plan.

ABSTRACT

Uexküll proposes the existence of a functional law according to which cells in organisms, and these in the global system of nature, are articulated with each other through invisible threads given by signification. This law of conformity to a plan -LCP- (*Planmäßigkeit*), is at odds with the vision of a mechanical world composed of independent units that move driven by external forces.

I will begin by showing how this author naturalizes the Kantian subject, showing that the categories of space-time that make knowledge possible are due to the organizational structure of the living being, which also requires the a priori inclusion quality of content such as chromatic and tonal scales, tactile, olfactory, etc. Thesis that places the subject's body at the center of a perceptual and operational space described by functional circles (CF). But, in addition, Uexküll postulates the LCP that ensures an harmonious correspondence between the different environments experienced by the great diversity of subjects enclosed within the logic of its own FC.

I will show that the notion of functional circles (CF) of perception (P) and action (A) can be interpreted as information processing. The perceptions will be considered as the inputs dependent on the sense organs, and the responses (outputs) as adjustments and actions, dependent on an information processing system -the body plan of the organism- that mediates between them according to the meaning (semantics) and the value of information regarding use and utility (pragmatic). The experienced environment (*Umwelt*) is analogous to the interface between the subject and the external environment that allows to operate correctly, though providing a limited and restricted perspective of the external objective world. In this way, the body of the subject as a user and creator of information, correlates input and outputs, and adjust itself contrapuntally with others in the great "musical composition" of nature.

I will show how the LCP allowed to conceive the role of genes and protoplasm within a scheme in which epigenetic information coordinates and regulates the expression of genetic information. Finally, I will show how this vision supports a neutral monistic holism where mind and matter merge in a dynamic and changing process, in which the various agents generate an interactive network in accordance with non-mechanical functional laws. To conclude, I suggest that this informational interpretation approximates the biological and physical visions that Uexküll considered as antagonistic.

Keywords: Uexküll; Kant; information processing; functional circle; law of conformity to a plan.

1. INTRODUCCIÓN: LA NATURALIZACIÓN DEL SUJETO KANTIANO

Kant (1996) distinguió entre la “cosa en sí” (noumēno), que está más allá del dominio de la experiencia sensible y los objetos en cuanto los percibimos y experimentamos de un modo específico (*fenómeno*). Las características que predicamos de los objetos materiales son el producto de una confluencia de factores subjetivos y objetivos, de donde surge la dificultad de distinguir entre las “cosas en sí” (lo ontológico, lo real) y las “cosas en tanto experimentadas” (lo epistémico, lo construido por la mente) (Kant 2009). Esta indisolubilidad onto-epistémica implica atribuir a la naturaleza un esbozo de sensibilidad, actividad cognitiva, mental o potencial interactivo, puesto que podría actuar “como si” fuera un sujeto trascendental, convirtiéndose así en el punto de partida de subsiguientes cadenas causales que se entrelazan dando lugar a bucles intrincados.

En este trabajo mostraré que las tesis de Uexküll abren el camino para justificar que dicha actividad mental organizadora puede ser naturalizada al entenderse como procesamientos de información. Un modelo en el que la indisolubilidad entre lo ontológico y lo epistémico se manifiesta como caras de una misma realidad, rica en circuitos autorreferentes (Rosen 2000; Hoftstater 1979).

Por otra parte, es importante recordar que las tesis de Kant sobre la razón por la cual el conocimiento es posible reflejan la controversia dieciochesca entre los defensores del preformismo y de la epigénesis (Mensch 2013 125-153). Para los preformistas, la forma de los seres vivos preexistía en la semilla o huevo procedente de unos organismos anteriores; mientras que para los defensores de la epigénesis, la forma se generaba a partir de una materia homogénea que se diferenciaba de acuerdo con una tendencia organizadora presente en la semilla o el huevo. Es decir, para los primeros la forma era pasiva, invariante y el tiempo externo a su esencia, mientras que, para los segundos, la forma era una actividad cambiante en el tiempo. En consecuencia, la epigénesis exigía de un principio de organización, puesto que la materia organizada no pudo haber surgido mecánicamente a partir de una materia bruta que, por azar, o por milagro, adquirió el propósito de conservarse por sí misma. Es decir, para en-

tender la epigénesis debemos reconocer una causa final (Zammito 1992; Huneman 2007 75-100).

Esta propuesta implicaba que había que ver en los organismos los fines o propósitos de la naturaleza (*Naturzweck*) (Kant 1992 §79-82) en los que las partes están correlacionadas entre sí y subordinadas a un todo (totalidad organizada o sistema). En consecuencia, a diferencia de las máquinas impulsadas por una fuerza vital o motriz (vis viva o *Lebenskraft*), los organismos poseen una tendencia configurativa (*Bildungstrieb*) que organiza la materia para asegurar su mantenimiento y la propagación.

No obstante, la epigénesis y el preformismo serían teorías complementarias y no completamente antagónicas, puesto que el proceso de organización tiene lugar a partir de una pauta general inscrita en el huevo o la semilla, de modo semejante a como los datos de la experiencia sensible se organizan de acuerdo con un esquema dado por las categorías *a priori*, que hacen posible el conocimiento. En otras palabras, los individuos no adquieren empíricamente las categorías *a priori*, sino que estas son innatas o preformadas (Kant 2004 §36), así como preexisten en el huevo y en la semilla disposiciones y tendencias generales necesarias para el desarrollo del embrión (Zammito 1992). Estas disposiciones o tendencias son potencialidades puras virtuales que, dadas unas condiciones de entorno adecuadas, se realizan mediante procesos espontáneos y genuinos de generación y no únicamente mediante un despliegue de supuestos contenidos preformados. De esta manera se obtiene que los objetos de la experiencia posible serían productos de la razón, de la misma forma que los seres vivos son productos de otros seres vivos (Kant 1998 §27).

Pero, según Uexküll (1926), Kant se equivocó al sostener que las formas de intuición sensible (espacio y tiempo) son irreducibles a otros principios, desconociendo que la percepción del espacio y el tiempo dependen de la estructura corporal del sujeto. Sostiene pues, que la fisiología y la morfología animal deben explicar la construcción de las coordenadas mentales que sirven para ubicar las cualidades espaciotemporales del medioambiente como puntos de referencia en torno a los cuales se construye la experiencia de los miembros individuales de la especie. Además, considera que las categorías *a priori* no se limitan al espacio y tiempo, sino que deben incluir los contenidos elementales de la experiencia sensorial necesarios para construir

los mapas mentales, que se colorean por las sensaciones elementales dadas por una escala cromática en lo visual, de tonos en lo auditivo, de temperaturas y rugosidades en lo táctil, además de olores y sabores de acuerdo con los detectores químicos. Para cada tipo de cualidad existen formas *a priori* anteriores a la experiencia, puesto que los cinco sentidos son como los cinco dedos de una mano con la que el sujeto animal toca y explora el mundo exterior y a su vez, cada sentido sería otra mano cuyos dedos corresponden a las sensaciones elementales (Uexküll 2014).

Para Kant (1998 § 2) (2009 A24/B39), el espacio era una forma pura e ilimitada de la sensibilidad, anterior a toda experiencia, condición de posibilidad de los fenómenos, intuición pura que al proyectarse al exterior hace que todo objeto y evento que pueda acontecer ocupe un lugar determinado. Pero, yendo más allá, Uexküll abogaba por la existencia de un espacio relacional o mundo experimentado por los sujetos, donde el orden de relaciones se establece con respecto a los signos de lugar. El espacio no es un vacío homogéneo que puede ser dividido en subregiones, sino una compleja red de relaciones dependiente de los sujetos que entran en interacción.

La tridimensionalidad del espacio operacional de los animales se debe a la existencia de canales semicirculares en el oído interno. Este órgano sitúa al sujeto en el centro de la cara interna de una esfera hueca y limitada desde donde percibe los objetos, permitiendo ubicar la fuente del estímulo en un punto preciso del espacio externo y favoreciendo una percepción definida de la extensión espacial del organismo mismo (Uexküll 2014 67). Mientras que el espacio kantiano es anterior a la experiencia y puede entenderse como el entorno físico (*Umgebung*), la extensión es característica del mundo vivido y surge en la interacción de los organismos con el mundo (*Umwelt*).

Los distintos objetos ubicados en este espacio relacional se unen y conectan por el movimiento y el desplazamiento corporal, dado que el propio cuerpo se convierte en la medida de la extensión de todas las cosas y en el centro de referencia de las coordenadas espaciales. Los sentidos son las ventanas abiertas hacia el exterior, con mayor o menor amplitud y sensibilidad, dependiendo de la estructura fisiológica de los órganos y la constitución corporal de los animales. Cuanto más sencillo sea el órgano perceptivo del animal, tanto menores serán los detalles de su mundo.

Por otra parte, siguiendo a Kant (1998 § 4-5), el tiempo como forma *a priori* es anterior a la experiencia y al ser proyectado por la mente al mundo exterior, la organiza del pasado al futuro. Pero, para Uexküll (2014 55-63) la percepción subjetiva del tiempo se debe a factores fisiológicos localizados en una suerte de hipotético órgano temporal que habilita a los organismos para percibir los ritmos internos mediante ondas de excitación química en el cerebro que, como un diapason interno, se acompañan con una diversidad de estímulos sonoros externos. En el caso de los humanos, cada decima de segundo el órgano sensorial de tiempo emite una excitación, provocando la sensación de momento, pero en estados de gran excitación se emiten más estímulos temporales alargando la percepción subjetiva de este.

La experiencia subjetiva de tiempo surge cuando una misma sensación tiene lugar a lo largo de una serie de experiencias separadas en momentos diferentes, haciendo real la existencia de un antes y un después. En referencia a los hechos del mundo externo, la duración puede ser más corta o larga según la estructura organizacional de reloj interno de cada especie en particular. La experiencia se vive como una unidad en la que distintos estímulos y excitaciones se integran, concediendo una unidad única e indivisible en excitaciones independientes.

Uexküll (1926 223) estudió la correspondencia entre objetos y sujetos desde la fisiología, investigando el papel del cuerpo, de los órganos de los sentidos y del sistema nervioso central en la construcción de los objetos, tanto en humanos como animales. Consideró los seres vivos como sujetos que moldean los objetos de acuerdo con sus propias reglas. Toda realidad es apariencia subjetiva. Es vano buscar causas independientes de los sujetos, puesto que siempre nos enfrentamos a objetos contruidos por ellos, pero mientras Kant se refería a sujetos humanos, Uexküll (1926 xv)¹ extrapola la subjetividad a los animales y, en general, a todos los seres vivos.

¹ "It is utterly vain to go through the world for causes that are independent of the subject; we always come up against objects; which owe their construction to the subject [...] When we admit that the objects owe their construction to the subject, we tread on firm and ancient ground, especially prepared by Kant. [He] set the subject, man, over against the objects, and discovered the fundamental principles according to which objects are built up by our mind" (Uexküll 1926 XV).

En consecuencia, desde el punto de vista de la biología, no existe una única realidad objetiva igual para todos (*Wirklichkeit*), sino innumerables “apariencias fenoménicas” subjetivas individuales (*Erscheinung*). Los sujetos poseen formas anteriores a la experiencia, de modo que las propiedades del mundo externo y de los objetos solamente se conforman a partir de la exteriorización de los contenidos internos. Esta situación reclama una explicación de la concordancia entre los factores subjetivos internos y la realidad externa objetiva. Postularé más adelante que dicha congruencia tiene que ver con procesamientos de información, en la medida que ambas esferas (la perceptiva y la operativa) involucran la actividad del sujeto que transforma las percepciones en acciones que moldean los objetos del medioambiente. Es decir, los objetos externos están codificados como contra estructura (*Gegenwelt*) en el plan corporal del animal, hecho que asegura la correspondencia entre sujetos (animales) y objetos del medio circundante, es decir, la ley de conformidad a plan (LCP).

Aunque el lenguaje utilizado por Uexküll fue acuñado en los debates del siglo XVIII y XIX, se refiere a problemas que todavía requieren precisión. La “fuerza de la vida” (*Lebenskraft*) sería entendible como una actividad, potencial de acción o fuente de impulsos que se transmiten mediante factores naturales (*Naturfaktor*) que dan lugar a la construcción de formas específicas. La LCP elimina la idea teleológica heredada de Aristóteles, centrada en la embriogénesis, dirigida al acabamiento del desarrollo ontogenético individual, para dirigir la atención a las acciones intencionales de los organismos que contribuyen al establecimiento de relaciones intra e interespecíficas que integran a los seres vivos en una totalidad a escala mucho mayor, por ejemplo, ecosistémica o planetaria. En consecuencia, la naturaleza constituye un todo integrado que coordina la expresión de los genes en las células, las interacciones entre las células y entre los organismos, y todos ellos con sus medioambientes en un proceso permanente de acciones y ajustes recíprocos. En este sentido la idea de finalidad no es válida por cuanto asume que hay un objetivo que debe ser alcanzado en un futuro, y se reemplaza con la idea de una ley de congruencia funcional que se cumple a cada instante.

Pero, si la naturalización del sujeto permite pensar que en los medioambientes solo aparece lo que se transforma en marcas perceptivas o imágenes equipadas con

un tono operativo que las convierte en objetos reales, ¿cómo explicar que seres que experimentan realidades diferentes, puedan conformar un todo armónico? (Uexküll 2010 125-126). En este punto propongo que una noción de información centrada en la actividad de los sujetos permite abordar esta inquietud. Pero antes es necesario examinar el modelo de círculos funcionales (CF).

2. CF Y PROCESAMIENTOS DE INFORMACIÓN

A principios del siglo xx los fisiólogos representaban el acto reflejo como una correspondencia uno a uno, entre estímulo (*input*) y respuesta (*output*), suscitando la discusión sobre su pertinencia para entender el comportamiento de los animales. El problema se trataba como una transmisión conservativa de una excitación nerviosa y, en consecuencia, se pretendía explicar la actividad de los organismos como la resultante de series conectadas de actos reflejos dependientes de estímulos externos, en los que la respuesta del primero se convierte en el estímulo del segundo, y así sucesivamente. Sin embargo, pronto se demostró que dicho modelo resultaba insuficiente a pesar de la complejidad de las series encadenadas, puesto que no tenía en cuenta que la relación entre *inputs* y *outputs* dependía de la estructura orgánica. Es decir, no todos los animales reaccionan del mismo modo ante un mismo estímulo externo y, por tanto, estos no deberían entenderse como causa inductora de acciones, sino como parte de un sistema conformado por el medioambiente y la organización corporal de los animales.

La alternativa que propuso Uexküll fue la de sustituir los modelos de integración de actos reflejos, por el de círculos funcionales (CF) (Brentari 2015). Este es un modelo teórico que explica la transformación de los estímulos sensoriales que el animal percibe del mundo externo (*inputs*) (Merkwelt), y la esfera de la acción efectiva del animal (*outputs*) (*Wirkungswelt*) sobre los objetos del mundo, mediada por la estructura de los órganos de los sentidos, del sistema nervioso y de los órganos efectores. De esta manera, se expresa la unidad estructural y funcional que todo animal establece con su medio ambiente (Uexküll 1957 5-80). La organización del

mundo habitado por los seres vivos se debe a ellos mismos en cuanto sujetos que perciben, sienten, actúan y moldean el mundo que los circunda (Uexküll 1982). La ley de conformidad a plan (LCP) abarca las fuerzas orgánicas e inorgánicas, aunque directamente moldea las formas vivas (Uexküll 1926 354).

Para explicar cómo las instancias subjetivas que constituyen la experiencia fenoménica pueden acomodarse en una imagen objetiva del mundo, es necesario considerar tres aspectos. 1) La existencia en el entorno de objetos portadores de cualidades sensibles que son captadas por los órganos sensoriales del organismo en cuestión. 2) Para que dichos objetos puedan ser captados, la forma correspondiente debe estar al menos esbozada o preparada con antelación en la mente del sujeto que ordena las cualidades percibidas (Uexküll 1926 xvi) y las valora como señales informativas conducentes a la elección de las respuestas a implementar. 3) La implementación efectiva de las respuestas en la forma de modificaciones fisio-morfológicas, y en las acciones apropiadas conducentes a la inserción al mundo externo mediante el moldeamiento de los objetos portadores de las mencionadas cualidades sensibles.

El CF se cierra toda vez que las cosas presentes en el medioambiente del animal, a la vez que portan marcas perceptivas que estimulan a los órganos sensoriales, exhiben superficies de agarre que reciben el efecto de las acciones ejecutadas por los organismos. La estructura corporal conecta la red constituida por haces de nervios receptores de estímulos con el sistema nervioso central, y este con los órganos efectores. La experiencia sensorial es, por tanto, una traducción inmediata de las sensaciones a un código de excitaciones nerviosas que no tiene ninguna semejanza con la realidad externa. Las formas e imágenes con las que los animales experimentan el mundo no reflejan fielmente los objetos externos ni son calcos isomórficos, sino representaciones funcionalmente idóneas de ellos. Constituyen verdaderos signos del mundo y, como tales, tienen una función denotativa necesaria para la realización del CF. De acuerdo con Uexküll (1926) existen cuatro CF básicos necesarios para el cumplimiento del ciclo vital: 1. locomoción en un medio determinado (agua, tierra, aire). 2. Consecución de alimento (depredación). 3. protección y abrigo para evitar ser presa. 4. Consecución de la contraparte sexual para asegurar la reproducción. Consecuentemente, mostró abundantes ejemplos en invertebrados marinos (mo-

lucos y articulados) y además sugirió que los protozoos y microorganismos unicelulares perciben señales químicas, gracias a receptores de membrana sensibles a estímulos que les permiten construir una imagen química de su entorno inmediato.

Por consiguiente, la congruencia entre los signos percibidos y el mundo circundante se debe a que este último se configura proyectando o transponiendo hacia el entorno lo contenido en el campo perceptivo. Es así como, la riqueza del medio circundante de los animales no depende únicamente del espectro de la percepción sensorial sino de la capacidad de modificar, procesar y recombinar la excitación transmitida al sistema nervioso central antes de proyectarla al exterior. La actividad interna de los sujetos se extiende al medioambiente, confiriéndole colores y ritmos en la medida en que la excitación se traduce en signos o imágenes internas que se procesan de acuerdo con la significación y la funcionalidad.

En los albores del siglo xx abundaban diversas ideas sobre el *protoplasma*, el cual era considerado como la materia viviente, de naturaleza albuminoidea o proteica, que confería el poder de responder a los estímulos; siendo así, el soporte de la irritabilidad, el movimiento, y la capacidad de asimilar sustancias extrañas (Uexküll 1926 206). Esta materia residía en el interior de las células, y estaba dotada de un potencial formativo ilimitado, de manera que exhibe la estructura de una espuma muy sutil y microscópica que permitía a los microorganismos más simples y primitivos proyectar su acción al exterior moldeando el medio ambiente. Además, era la sede de los procesos metabólicos y fermentativos (enzimáticos) conducentes a la degradación y síntesis de materia orgánica, ejerciendo una verdadera actividad constructiva, de mantenimiento y reparación de la estructura celular (Welch & Clegg 2010). En consecuencia, el protoplasma moldeaba las estructuras orgánicas de acuerdo con el tipo de respuesta celular requerida como en el caso de los protozoos unicelulares que al responder al estímulo de alimento proyectan pseudópodos para engullirlos.

Por consiguiente, si los organismos unicelulares poseen la capacidad de interactuar coordinadamente, con mayor razón podríamos afirmar que el óvulo fecundado de los animales multicelulares, a medida que se subdivide da lugar a células que se diversifican e interactúan entre ellas mediante receptores y sensores moleculares que guían el desarrollo armónico del organismo en acuerdo con la LCP.

Es decir, la tesis de los CF no exige la existencia de una actividad cerebral cortical, sino de un plan corporal que participa en la estructuración del medioambiente. Mientras que existen animales que se mueven por una diversidad de funciones dadas por una secuencia de impulsos innatos que se manifiestan sin error ni control posterior (mecánicamente), otros actúan guiados por esquemas mentales que reconstruyen la serie completa de impulsos, permitiendo controlar de manera novedosa y creativa sus acciones. En ambos casos hay una intermediación dada por el plan corporal y una representación de los objetos del medioambiente. Esta representación es enteramente corporizada cuando los organismos en cuestión no poseen sistema nervioso central, y mucho más abstracta, como imagen mental, cuando lo poseen.

Pero si el protoplasma actuaba de acuerdo con LCP, era innecesario seguir recurriendo a la tendencia configurativa (*Bildungstrieb*) de Kant. En contra partida, el proceso regulado por la LCP sería análogo a un procesamiento de información, entendido como la autoconstrucción de la correspondiente estructura orgánica que reorienta el curso de la energía y define las acciones con las que se integran funcionalmente a los otros organismos en el mundo natural. Uexküll avanzó en este punto, lanzando una propuesta en la que, como veremos más adelante, la información epigenética regula la expresión de la información genética. Recuperamos, así, el sentido etimológico del vocablo información, el cual no es otro que el de colocar la forma en una materia informe, o como ontogenia, en el sentido propuesto por Oyama (2000). Pero la información como conocimiento de un sujeto sobre su entorno circundante también se mantiene, puesto que como expliqué anteriormente, la actividad organizadora depende de dicha actividad.

La aproximación informacional exige que la construcción trascendental del *Umwelt* tenga lugar mediante la integración de una diversidad de estímulos provenientes de la realidad externa que son traducidos a signos fisiológicos por el sistema nervioso, los cuales se transponen hacia afuera y finalmente se perciben como cualidades objetivas del mundo (Brentari 2013 17). La integración de estímulos constituye una experiencia única incomunicable, que al igual que la apercepción de Kant, conduce a la generación de los objetos representados, cuyo contenido semántico es impuesto por los organismos. Es decir, la significación está inscrita en la estructura

corpórea de los organismos y por tanto, constituye una característica ubicua en el mundo natural (Hoffmeyer 1996), quizás enraizada en la organización del cosmos como una totalidad (Brüntrup & Jaskolla 2016).

3. PROCESAMIENTOS DE INFORMACIÓN

Para Uexküll (1926 291) el factor natural que dirige y reorienta los impulsos se asemeja a las acciones de un timonel que debe maniobrar a cada momento, para mantenerse en la dirección señalada por la brújula, en unas ocasiones contrarrestando, y en otras aprovechando, el oleaje y el viento. En esta metáfora tenemos los tres elementos, 1) irritabilidad y percepción, en este caso mediante sensores que señalan la dirección e intensidad del viento; 2) la conducción de la excitación en el sistema sensorial del piloto para inducir las acciones motoras que se traducen en las maniobras que debe implementar, y 3) el efecto producido, en este caso los giros de timón necesarios para mantenerse en un equilibrio dinámico a lo largo de la ruta señalada. Es muy interesante señalar que Uexküll (1926 350) afirma que se trata de una triada que conforma una unidad irreducible, definitoria de la individualidad de las entidades biológicas. Salta a la vista, la analogía con el procesamiento de información, entendido como la transformación de un conjunto de *inputs* o datos de entrada, en una serie de *outputs* o respuestas, por acción de un sistema intermediario que interpreta, valora, sopesa y decide. Considerando que las respuestas inciden en el organismo (sujeto) y su medio ambiente, el proceso se itera indefinidamente. El procesamiento de información se puede esquematizar por tanto como: (1) *Input* → (2) Organismo → (3) Output. (véase figura 1).

Este modelo va mucho más allá de lo expuesto por Claude Shannon en la teoría matemática de la información, donde la señal parte de una fuente emisora y se transmite por un medio para ser decodificada por un sistema de recepción. El modelo de Shannon gira en torno a cómo lograr la codificación binaria más eficiente para transmitir la información mediante perturbaciones eléctricas. Se trata de un modelo que carece de instancias de interpretación y retroalimentación, puesto que se limita a estimar la fidelidad y eficiencia de la transmisión, una vez es captada por el sistema receptor, independientemente de la significación. En este caso, el valor de información está asociado a la probabilidad de que una determinada señal sea emitida por la fuente. Por el contrario, para la biología, las señales solo se consideran una vez que se han recibido, independientemente de la probabilidad de haber sido emitida. En este caso lo relevante es la significación que los mensajes recibidos (semántica) tienen para el agente que procesa la información, en cuanto a la utilidad (pragmática) para resolver una necesidad apremiante, en este caso el feliz cumplimiento del CF (Andrade 2003).

Input (1) = [Objeto portador de cualidad y emisor de fluctuaciones físicas o estímulos]

Las entradas al sistema procesador de información captan selectivamente un conjunto de estímulos procedentes de cosas portadoras de cualidades presentes en el entorno y que se transmiten en forma de perturbaciones físicas, vehiculadas por fotones, ondas electromagnéticas, vibraciones del aire, gradientes térmicos, presiones, sustancias químicas, entre otros. Una vez recibidos, estos estímulos se convierten en claves perceptuales o señales informativas dado que se refieren a la presencia de objetos, situaciones o eventos necesarios para la subsistencia, como alimento, acceso a pareja sexual, refugio, abrigo, protección, locomoción, etc.

se ilustra como la LCP rige la actividad del protoplasma, que orienta la acción de los genes desde los cuales surgen los impulsos químicos coordinados por epigénesis que dan lugar a la organización del ser viviente. (N.B.: La doble hélice cerrada que representa al ADN se adoptó en esta figura siendo consciente que la doble hélice fue propuesta en 1953, con posterioridad a Uexküll).

Cada órgano receptor sensorial es una entrada o filtro altamente selectivo que capta los estímulos y los codifica para enviarlos como series de excitaciones eléctricas discretas por la correspondiente vía nerviosa aferente. Una vez que se reciben los estímulos provenientes de cada órgano sensorial, estos se integran en la estructura interna del sujeto, dando lugar a los *qualia* o propiedades sensibles que dan lugar a la experiencia subjetiva. Esta experiencia permite construir una imagen referente del mundo externo en la que se reconocen ciertos elementos portadores de las señales como objetos significativos de dicho mundo. La percepción de continuidad reside en el procesamiento paralelo y simultáneo de una multiplicidad de perturbaciones discretas que son integradas dando lugar a una experiencia significativa. En cualquier caso, el estímulo sensorial percibido carece de significación por sí mismo, esta aparece cuando el organismo la integra como un signo de algo externo.

$$\text{Organismo (2)} = [\text{órganos receptores} \rightarrow] \leftrightarrow \{(\text{subjetividad} = \text{plan corporal}) \leftrightarrow [\text{Elección}]\} \rightarrow [\text{órganos motores}]$$

Todos los seres vivos se encuentran en el centro de un mundo que corresponde a todo lo que es significativo para ellos, por consiguiente, los objetos que tienen significado para un animal se presentan a la percepción en los primeros planos con una forma más definida y acabada (Uexküll 1982). En el plan corporal del animal se integran las distintas esferas sensoriales, de modo que las cosas portadoras de cualidades se convierten en objetos únicamente en el momento en que las marcas perceptuales han sido integradas por el sujeto. Es decir, la significación implica la existencia de relaciones funcionales entre lo interno y lo externo.

Veíamos que la interpretación de señales no opera bajo un esquema mecánico del tipo “un estímulo, una respuesta”, sino que está mediada por la organización del sistema perceptivo y motor del animal en cuestión. Se trata de un proceso asociado a la creación de una imagen interna o representación del mundo percibido que permite evaluar, valorar y sopesar distintos aspectos en un momento y lugar determinados a fin de elegir la respuesta a implementar.

La interpretación requiere de lo que Kant denominaba la apercepción,³ es decir, la facultad que tienen los sujetos para integrar un conjunto disperso de percepciones en una única experiencia subjetiva. En la estructura interna de los sujetos transcurren los flujos de la excitación, transmitidos por el sistema nervioso, los cuales se convierten en signo de algo externo. La única manera en la que un signo puede ser referente de una cosa externa, sin constituir una imagen mimética o especular de ella, es mediante una codificación de impulsos en un lenguaje digital que se transmite como perturbaciones eléctricas a través de las fibras nerviosas, es decir, el flujo de excitaciones que realmente circula en la estructura corporal es digital, pero las imágenes mentales construidas son análogas. En otras palabras, la correspondencia entre los objetos de la realidad externa, el entorno físico (*Umgebung*) y los centros del sistema nervioso, es formal, puesto que se funda en una traducción de la excitación nerviosa en señales. En consecuencia, las imágenes internas (representaciones) que conforman el medio ambiente experimentado (*Umwelt*) evocan instantáneamente imágenes asociadas a experiencias pasadas y almacenadas en la memoria, las cuales son reinterpretadas para anticipar respuestas acordes con situaciones semejantes a las ya vividas. En consecuencia, la definición de la respuesta apropiada resulta de una ponderación entre el valor que se les asigna a las señales captadas en el presente, contra lo registrado en la memoria y fijado como hábitos de experiencias pasadas, mediante un proceso de inferencia de la mejor opción semejante a la abducción (Andrade 2011).

Es así como en el mundo percibido como continuo o construcción subjetiva virtual, se superponen diversas imágenes que se experimentan como fenoménicas y que permiten actuar en el mundo procesando la información. En consecuencia, la definición de las respuestas u *outputs* está influida por dos factores, la interpretación

³ Término de Kant (1998 § 17) que se refiere a una conciencia apriorística, anterior a toda experiencia y que da fundamento a la identidad del "yo". La apercepción sería primaria, pura e inmutable, y constituye la condición de la unidad del mundo de los fenómenos, el cual recibe de ella sus formas y leyes.

de los *inputs* digitales percibidos que dan lugar a las representaciones mentales, y la evocación de estados previos asociados a situaciones semejantes a la presente.

Outputs (3) = [(1) ajuste interno + (2) acción sobre objetos del entorno circundante]

Las respuestas o salidas del sistema que procesa información son de dos tipos. En una primera fase organizativa, las respuestas se equiparán a los acomodamientos fisiológicos y estructurales que el sistema adopta en cada una de las etapas de su ontogenia o individuación. En una segunda fase, las respuestas corresponden a las acciones que se implementan transformando el medio externo de acuerdo con sus exigencias funcionales, estableciendo interacciones con otros organismos, y perturbándolo más allá del ámbito de acción directa. La respuesta 1) ejerce un control (retroalimentación) sobre el organismo o sistema procesador de la información, incidiendo en su modificación a lo largo del proceso de morfogénesis; y 2) cierra el ciclo a incidir sobre el objeto, el cual, además, puede convertirse en un portador de características para otro organismo que vive dentro de la lógica de otro CF; es decir, hay una retroalimentación permanente de los *outputs* en los *inputs* que estabiliza los nodos que entrelazan la red interactiva.

Los organismos construyen el ambiente y conforman una unidad contrapuntística con él, en su accionar descubren posibilidades favorables para su mantenimiento y propagación, aunque algunas modificaciones del entorno eventualmente podrían afectarlos a largo plazo. Por esta razón el procesamiento de la información debe darse permanentemente, produciendo ajustes recíprocos y coordinados a todas las escalas de la organización. Un mismo proceso puede ser visto como el ambiente adaptándose a las necesidades subjetivas de los organismos, o como un esfuerzo de los organismos para acoplarse a él, modificándolo.

Resumiendo, las perturbaciones físicas del medio son discretas y discontinuas, y una vez percibidas se convierten en la información digitalizada que se procesa en los centros nerviosos aferentes (*inputs*) para transformarse en estímulos eferentes (*outputs*) que mueven los músculos que actúan sobre el mundo circundante, mol-

deándolo y utilizándolo. Pero el paso entre el momento de la apercepción y el de la definición de la respuesta o decisión, mediatizado por la estructura corporal, opera como una interfaz análoga donde se ubican los objetos virtuales y todas las entidades que hacen parte de su espacio de relaciones. Es así como dentro de esta interfaz caben otros tipos de agentes procesadores de información con los cuales se interactúa, sin que eso quiera decir que se pueda acceder a la experiencia de su mundo interno. Así mismo, el procesamiento de información digital a nivel de la conducción nerviosa es comparable con la transducción de señales derivadas de alteraciones o permutaciones discretas, y en lo genético, con la secuencia de símbolos de un programa codificado que afecta la organización una vez que la información almacenada se lee, decodifica y traduce. En este sentido, la información se experimenta al procesarse como imágenes en la interfaz operativa de los seres vivos, lo que induce ajustes estructurales internos y acciones externas. En los procesamientos de información, los efectos provocados por los niveles inferiores tratados tradicionalmente como causalidades ascendentes (de las perturbaciones físicas del mundo externo a los órganos sensores y de integración perceptual), se conjugan con los provenientes de los niveles superiores, tratados como causas descendentes (de las instancias subjetivas y el momento de decisión a las acciones sobre el mundo externo). Por esta razón, afirmo que el procesamiento de información es una transacción entre ambas que conduce a inferir las respuestas apropiadas.

Es importante no olvidar que los objetos portan una gran diversidad de estímulos potencialmente capaces de convertirse en señales significativas, y que para cada señal hay más de una manera de responder, hacia adentro (ajuste estructural) y hacia el exterior (acción sobre el entorno). Por lo tanto, los *Umwelten* no son estáticos sino flexibles y cambiantes, pueden incorporar nuevos elementos significativos, borrar elementos que fueron significativos en los ancestros y fundirse con otros, compaginándose con los cambios generados por simbiosis, mutación genética, herencia epigenética, modificaciones conductuales y perturbaciones del medioambiente a lo largo de la historia evolutiva de los organismos. Los cambios en los *Umwelten* de diferentes organismos estarían correlacionados. Más aun, dado que los procesamientos de la información tienen lugar en todas las escalas de organización del

mundo natural y en interrelación constante, la congruencia funcional que Uexküll justificaba mediante la LCP, se mantiene y asegura en cada momento y lugar.

Los objetos integrados a los CF son proyecciones de la mente animal y poseen una significación en la medida que permiten la satisfacción de sus necesidades más apremiantes. Pero fuera del Umwelt existe un entorno físico externo (*Umgebung*) en el que tienen sede procesos de diversa índole que potencian la manifestación de formas diferenciadas que, aunque no hagan parte del mundo de significados de algunos seres vivos en específico, a medida que entren en proximidad a consecuencia de una actividad exploratoria, podrían ser integrados, enriqueciendo así el mundo experimentado de los organismos correspondientes.

Por consiguiente, el *Umwelt*, se puede entender mejor como la interfaz operativa que permite manipular iconos en una pantalla para implementar una tarea específica. Cada animal vive encerrado en su propio *Umwelt* como manera de mantenerse en acople con el medio circundante. El cerramiento consiste en que, para un agente determinado, los otros solo interesan en cuanto portadores de señales significativas, no en otros aspectos que para el otro puedan ser de gran importancia. Es decir, la experiencia interna es incomunicable incluso con aquellos con los que se interactúa. Por tanto, todo organismo sería como una caja negra para otros organismos, en cuanto guarda algo incomunicable (nouménico), pero, aun así, entre ellos conforman una red multidimensional que se ajusta y reacomoda con flexibilidad en todo momento y lugar. La integración entre la diversidad de *Umwelten* se favorece cuando aparecen nuevos propósitos que se comparten por distintos organismos con el fin de propagar la vida de otros modos, mediante la asociación simbiótica, comunitaria, ecológica etc.

Los seres vivos, en cuanto agentes procesadores de información, eligen los ajustes estructurales internos y las acciones externas que en su evaluación interna consideran pertinentes. Estas elecciones resultan de transacciones entre los procesamientos de información tanto analógicos (el paso de las instancias subjetivas y el momento de decisión a las acciones sobre el mundo externo) como digitales (el paso de las perturbaciones físicas del mundo externo a los órganos sensores y de integración perceptual). Hoffmeyer (2001) anunciaba que la vida podría ser definida desde una

perspectiva informacional como la integración estable de un sistema de codificación digital genético interiorizado evolutivamente, con otro codificado fenotípicamente en modo análogo, que define las relaciones funcionales con objetos externos. Pero esta afirmación merece aclaración, puesto que ha prevalecido la interpretación genética y epigenética que restringe el componente digital a la información codificada en el ADN, y el analógico, a la información que en efecto se utiliza para diversas tareas como las mediadas por proteínas, la organización fenotípica, etc. Pero la analogía con los sistemas de procesamiento de información sugiere que las perturbaciones físicas al impresionar los órganos receptores se digitalizan de acuerdo con códigos internos específicos de la organización corporal de cada especie viviente. Igualmente, una vez tomada la decisión, una respuesta codificada digitalmente controla los músculos motores generando acciones que repercuten en el mundo externo del ser vivo. La información analógica es interna y tiene lugar entre el momento en que las percepciones se integran y el momento de la decisión, suscitando imágenes mentales y evocando imágenes pasadas que permiten sopesar situaciones alternativas. Es decir, experimentamos un mundo analógico, virtual pero no menos real, que requiere de códigos de información digital que no constituyen en sí mismos la experiencia, pero la hacen posible y la condicionan.

En conclusión, la unidad *organismo-medio ambiente* se debe al plan corporal del animal, e implica una correlación formal no mimética entre los centros que están activados por el estímulo y la forma exterior de los objetos, es decir, un procesamiento de información. El medio ambiente no instruye a los organismos sobre cómo deben actuar, sino que ellos definen su accionar como resultado de una interpretación de las señales del medio ambiente. Los seres vivos no son máquinas que reaccionan a factores externos, sino sujetos u organizaciones materiales que llevan inscrito en el plan corporal la contra estructura de los indicadores del medioambiente a los que deben responder.

4. LA LEY BIOLÓGICA DE LA CONGRUENCIA FUNCIONAL (LCP)

En el capítulo de la biología teórica, Uexküll (1926 22) sostiene que la explicación de los seres vivos debe prescindir de las explicaciones finalistas de Aristóteles y de las de Hans Driesch, siempre y cuando se acepte que la vida se rige por una ley funcional supra mecánica que regula los impulsos, dando lugar a la estructura organizada característica de las distintas especies; es decir, Uexküll estaba buscando un principio explicativo semejante a lo que conocemos como procesamientos de información.

Los procesos supra mecánicos no se explican por las propiedades que los componentes involucrados en el ciclo vital tengan por separado, sino por la actividad del conjunto como un todo integrado. Todas estas características se derivan de un principio de coordinación que va de lo global a lo local, del todo a la parte, de lo orgánico a lo inorgánico, y cuya consecuencia es el mantenimiento de la coordinación funcional.

Hemos visto que no existe un mundo objetivo presumiblemente infinito, sino un número inconmensurable de mundos subjetivos experimentados, “cerrados” o incomprensibles en gran medida para sujetos pertenecientes a especies diferentes, aunque entre ellos hay transmisión de estímulos que para algunos constituyen señales informativas dentro de la lógica de su respectivo CF. Ahora bien, los mundos experimentados son impenetrables por cuanto ningún observador podrá acceder a la experiencia vivida de los otros, menos aún a las imágenes internas que han elaborado. Como diría Thomas Nagel (1974), no podemos vivenciar el mundo del murciélago a pesar de que con dispositivos y técnicas electrónicas de realidad virtual creamos que nos aproximamos, puesto que no podríamos integrar dichas experiencias de la misma manera que lo hacen los murciélagos.

Del modelo de CF se sigue que, entre más compleja sea la organización estructural de los animales, más elementos del medio ambiente serán significativos para ellos, haciendo más rica la experiencia vital. Los humanos poseemos un CF mucho más amplio, que incluye elementos del medioambiente de los animales debido a que la ciencia ha permitido incorporar una gran cantidad de nuevos elementos a nuestro Umwelt. Los cuatro CF arquetípicos (alimentación, defensa, reproducción y locomoción) equivaldrían a los cuatro grandes tipos de significados que deben de

estar presentes en cualquier existencia animal y que rigen la articulación sincrónica y diacrónica de sus vidas. Pero esta solución tiene el peligro de ver la invarianza de los roles funcionales como factores determinantes que conducen a un fijismo de las especies y de sus mundos circundantes, colocando en segundo plano la autonomía de los sujetos sensibles y actuantes. Peligro que se esquivo mediante una interpretación informativa que, como vimos, articula los CF con la LCP.

Además, los CF no implican un cerramiento completo, sino que son los puntos desde donde se establecen relaciones con otros sujetos y objetos, afectándose entre ellos en la construcción de un tejido coordinado de interacciones. Las especies evolucionan estableciendo vínculos directos e indirectos con otras, aunque las *Umwelt* son cerradas, se tocan en algunos puntos dados por la presencia de un elemento común portador de señales para al menos dos especies distintas, aunque el significado sea diferente. Igualmente, cuando el objeto portador de las marcas perceptivas significativas para una especie determinada depende de la acción que otra haya efectuado sobre él, tenemos un acople entre círculos funcionales de dos especies distintas. De modo que una especie A que interactúa con otra especie B puede verse influida indirectamente por una tercera C, que interactúa con B y no A. Con el fin de evitar que las relaciones arquetípicas entre los seres vivos se interpreten como invariantes arquetípicas es necesario, por el contrario, motivar una interpretación informativa que explique la coordinación entre los organismos y sus respectivos medioambientes.

La integración entre los diferentes medioambientes subjetivos sería el resultado del hecho de que los seres vivos solo pueden vivir en relación con otros así pertenezcan a categorías taxonómicas diferentes. Al respecto, Uexküll postuló metafóricamente una interacción contrapuntística entre los medioambientes de sujetos diferentes. La metáfora de la coordinación mantenida por una melodía musical sugiere que existe algo así como un campo vibratorio externo y modulable en consonancia con el cual, las células vibran y danzan de acuerdo a sus estados de ánimo (tonos), los cuales resuenan con las vibraciones de las demás para generar las melodías a nivel de tejido y órganos, repercutiendo a nivel de los organismos y de las comunidades o poblaciones como una totalidad que regula a todos los agentes que ejecutan la gran composición musical de la naturaleza. El plan, entendido de esta

manera, no sería equiparable a una partitura que se repite casi monotonamente, sino que como el jazz, se renueva permanentemente, acompasando la improvisación dada por la creatividad individual con la experiencia colectiva que garantiza la coordinación. Esta es quizá la mejor manera de entender la LCP, que tiene la importancia de motivar la formulación de explicaciones que no caigan en los extremos de la absolutización del azar, y menos aún, de caer en la tentación del determinismo causal. En consecuencia, todos los CF de los individuos que tejen la trama de la vida están en proceso de acomodación permanente de modo reciproco y multidireccional.

Por otra parte, para explicar esta ley, Uexküll (2016 71) también recurrió a la metáfora de los seres vivos encerrados en pompas de jabón que delimitan su campo visual, cada una brillando con diversos colores de acuerdo con un tono subjetivo particular. Esta solución recuerda la propuesta por Leibniz (1889 § 60-62) cuando afirmó que cada monada (sujeto metafísico) expresa un punto de vista específico del mundo, de modo que la armonía universal se pone de manifiesto en las diferentes imágenes reflejadas por los sujetos. El problema radica en que la coordinación entre ellas supone un sujeto trascendental que coordina y armoniza los CF contenidos en su interior, idea discutible dado que no parece suficiente atribuir ese papel a la organización ecosistémica que coordina y armoniza las relaciones entre las especies que se desempeñan dentro de su dominio.

La idea de que hay unas reglas generales que son introyectadas por cada una de las entidades que se desenvuelven en su campo de influencia puede entenderse desde la perspectiva de agentes procesadores de información. Hoy en día, en la era de la información, experimentamos una situación análoga cuando constatamos que cada cual vive encerrado en un mundo virtual, coordinándose con otros, no necesariamente a través del diálogo o la interacción directa, sino mediante el acceso a la información presente en la red global, que dictamina unas reglas colectivas y registra unos contenidos redundantes y de fácil acceso a pesar de la experiencia individualizada que cada uno hace en su navegación. Dicha red informática, creada por los mismos usuarios y puesta al día en sus contenidos permanentemente sería un como un supra sujeto que va ganado en autonomía a medida que evoluciona. Igualmente, los organismos, al actuar en el medioambiente dentro de la lógica de su respectivos

CF pueden, no obstante, afectar el CF de otros; en consecuencia, se requiere que la información se procese constantemente en todo momento y lugar. Es decir, los ajustes estructurales y las acciones se afinan permanentemente, de manera que la LCP nos induce a pensar la naturaleza como un suprasistema procesador de información.

5. UEXKÜLL Y LA INFORMACIÓN GENÉTICA Y EPIGÉNÉTICA

Uexküll (1926 218) en su estudio sobre la embriogénesis equipara la LCP con una melodía de formación, constituida por subreglas que regulan los ritmos e impulsos, justificando una postura a favor de la epigénesis, en contra del preformismo. Pero en su defensa de la epigénesis, veremos cómo se vio obligado a modificar la explicación dada por Driesch. Para los defensores de la epigénesis a principios del siglo xx, el huevo era pensado como una estructura capaz de modificarse y diferenciarse gradualmente en el tiempo, mientras que, para los preformistas existía una microestructura invisible presente desde el principio, en el cigoto, en la forma de un micro mosaico cuya disposición o arreglo era homólogo a la estructura final del adulto.

De acuerdo con August Weissman, los factores hereditarios que determinaban el desarrollo de los tejidos se distribuían desigualmente en las células fertilizadas y, en consecuencia, las células provenientes de la primera división celular diferían entre ellas en cuanto poseían los determinantes correspondientes para la formación de cada parte o región del cuerpo. El destino final de las células ya estaba determinado desde el estado de blastómero; al respecto, Wilhelm Roux experimentó, en 1888, con óvulos de rana fertilizados, demostrando que al eliminar uno de los blastómeros, el remanente continuaba su división, dando lugar a la mitad del embrión (Nordenskiöld 1935 578-583). En consecuencia, la ontogénesis se explicaba por una estructura invisible material y espacialmente presente en el embrión.

Por el contrario, Driesch mostró, en 1891, que al cortar en dos mitades el huevo fertilizado de un erizo de mar no se perturbaba el proceso de desarrollo, sino que continuaba en ambas partes (Radl 1988 387-402). Si hubiera una microestructura invisible en el embrión, como pensaban los preformistas, esta debería dividirse

cuando el embrión lo hace; pero la mitad de un embrión en una etapa todavía muy temprana del desarrollo no produce dos mitades de animales, sino dos animales completos de mitad de tamaño. Este hecho sugería la presencia activa de una regla inmaterial de formación. Considerando que la separación física de las partes del embrión no afectaba la capacidad de autoorganización dado que en cada fase del desarrollo embrionario las células conservan el mismo potencial, postuló que el embrión era un sistema regulado por un principio organizador que denominó, inspirado en Aristóteles, *entelequia*.

De acuerdo con Amudson (2005 170-175), Hans Spemann demostró que a partir de la formación de las tres capas embrionarias, las células inician un proceso de especificación y diferenciación estructural y funcional, disminuyendo su poder ilimitado de formación, hasta que se especializan y estabilizan formando órganos definidos (Uexküll 1926 210-215). La pérdida de la potencia formativa en las células a medida que se diferencian y especializan, implica que el efecto de los impulsos y excitaciones sobre las células individuales es cada vez más limitado. En consecuencia, el argumento a favor de la finalidad intrínseca de las células a diferenciarse en la ontogenia debería replantearse, puesto que las células no parecían obedecer a un impulso propio que las oriente durante los primeros estadios del proceso ontogenético, sino que lo hacen de modo semejante a las limaduras de hierro que, bajo la influencia de un imán, adoptan un arreglo conforme a las líneas del campo que actúa sobre ellas, es decir, una finalidad extrínseca. La independencia de los procesos formativos de los distintos sistemas orgánicos sugiere que el organismo estaría compuesto por varias melodías de formación independientes u organizadores diferentes, aunque la melodía de formación inicial haya sido la misma.

Es decir, los “impulsos” se coordinaban por la acción de una regla que da lugar a las formas organizadas de los seres vivos. La coordinación de las células durante la epigénesis pudiera deberse a campos electromagnéticos, como si cada blastómero fuera un imán provisto de cargas positivas y negativas (Jahn, Lothar & Senglaub 1990 439). Igualmente consideró que la inducción podría ser provocada por contactos célula-célula o por acción quimioenzimática. Todos estos factores naturales, no obstante, deberían estar coordinados por un principio de organización.

Con el auge de la genética en las primeras décadas del siglo xx, Uexküll consideró que los genes llevan una regla inmaterial que rige la construcción de las características somáticas, y los cromosomas serían como los soportes materiales desde donde operan para dar lugar a la mitosis y la diferenciación de tejidos. Pero para poder guiar el desarrollo del fenotipo adulto, los genes deben contrarrestar una amalgama increíble de fuerzas y sustancias químicas presentes en el protoplasma del huevo; es decir, los genes operan de acuerdo con la LCP, ley que además actuaría a nivel celular, organísmico, comunitario y poblacional, dando lugar a totalidades supra organísmicas a escala planetaria.

Esta idea estaba muy cerca de la interpretación de los factores hereditarios como un código informacional (inmaterial) soportado por el ADN, que constituye el sustrato material que lo porta en su secuencia de nucleótidos. La organización celular es un proceso de interpretación de signos, ya que las secuencias de ADN poseen un significado (información semántica), el cual se expresa mediante un sistema de decodificación representado por el citoplasma celular, que provee los factores necesarios para poner en marcha el mecanismo de traducción y síntesis de las proteínas responsables de la ejecución de funciones y tareas específicas.

Ahora bien, a lo largo del siglo xx, el genoma pasó a ser entendido como un conjunto de instrucciones que no requería de la LCP ni de ninguna acción mental para imprimir la forma en la materia viviente. La idea de una regla inmaterial que coordina la morfogénesis no tuvo éxito, entre otras cosas, porque se abrió paso una idea semejante conocida como programación genética. Para Uexküll (2014) el programa genético era como un rollo de papel perforado que lleva codificada una partitura, la cual al articularse al teclado de un piano reproduce mecánicamente una melodía. La melodía está incorporada a la máquina puesto que el sujeto constructor ha colocado de un modo exacto las lengüetas de los rodillos, para que encajen con precisión en las perforaciones del rollo de papel que contiene el registro informacional. No obstante, el tono y la creatividad con que se interpreta supone que la melodía de formación vibra de acuerdo con la experiencia vivida. Además, las diferentes melodías de formación correspondientes a cada órgano se coordinan para generar al organismo.

Con el descubrimiento de la codificación genética en el ADN en la década de los 60, la tesis de la existencia de un programa genético ganó amplia aceptación, y el reconocimiento de la consiguiente capacidad autónoma de las células para decodificar dicha información, motivó la formulación de una perspectiva informacional que explica el desarrollo embriológico como el resultado de un proceso de interpretación de señales químicas responsables del crecimiento y diferenciación celular, mediante la regulación de la expresión de los genes. La investigación sobre cómo se coordina y regula la expresión de los genes es el tema central de una disciplina conocida como epigenética. Los genes, al expresarse, permiten la síntesis de enzimas y proteínas estructurales. Las células embrionarias en interacción permanente en el contexto de un entorno muy específico conforman el sistema que regula y coordina la expresión de los genes. Uno de los temas centrales de investigación que aborda la epigenética contemporánea.

Para Uexküll, la epigénesis implica que todas las melodías de la formación animal parten de una única fuente. Metafóricamente, imagina una fuente de agua que se reparte en muchos chorros que corren rápido hacia abajo, perdiendo potencia a medida que surgen formas diferenciadas; mientras que otros toman un curso ascendente hacia arriba para potenciarse como semillas y así continuar la propagación de las formas vivientes. Cada chorro manifiesta la melodía de formación de cada órgano en particular, aun si comparte los primeros compases con muchas otras (Uexküll 2014 100).

El ciclo de vida de los animales pasa por dos momentos: 1) la formación de los órganos, regulada por la regla de formación (finalidad interior); y 2) la utilización de los órganos, regulada por una regla de funcionamiento (finalidad exterior). El paso del primero al segundo es un punto crítico que corresponde al nacimiento, la eclosión del huevo o la superación del periodo larvario en el que el sujeto, una vez formado, súbitamente se encuentra en posesión de una estructura completamente desarrollada y capaz de funcionar (Uexküll 1926 220). No obstante, el proceso de desarrollo y maduración continúa, puesto que la utilización de los órganos contribuye a su afinamiento estructural, y al mismo tiempo, al moldeamiento del medioambiente. Es así, como la melodía funcional se convierte en la dominante puesto que es la responsable de tender hilos elásticos e invisibles entre el entorno y el cuerpo del animal.

En este punto debemos recordar, lo explicado anteriormente frente a que las respuestas son de dos clases en los sistemas procesadores de información; una primera, como restricciones que se ejercen sobre el propio sistema, lo cual contribuye a su proceso formativo u ontogénico; y una segunda, como acciones que se implementan hacia afuera y que contribuyen a la inserción del organismo en su mundo circundante. Ambas se deben a procesamientos de información que dan lugar a la conformación del entramado de la vida mediante significaciones o interacciones funcionales. No hay, por tanto, impulsos teleológicos orientados a fines específicos, sino una ley que favorece y regula el encajamiento de unas partes con otras en la conformación de una totalidad organizada supra organizmica.

6. LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA ES UNA EXPRESIÓN DE LA LCP

La LCP contradice la teoría de la evolución gradual adaptativa por selección natural por cuanto esta última asume que los seres vivos varían al azar y poco a poco se van afinando adaptativamente para integrarse mediante la competición, al entramado de las interacciones ecológicas. Pero para Uexküll no hay adaptación y menos aún variación azarosa de individuos independientemente del contexto de las interacciones, puesto que destruiría la armonía por la irrupción de cacofonías, disonancias y ruidos. Existir, así sea transitoriamente, implica estar integrado a la gran composición orquestal de la naturaleza. La realidad es un entramado de relaciones altamente complejo que se estabiliza y renueva manifestandose de maneras diversas.

La inserción adaptativa (*Einpassung*) al medio externo se hace mediante la construcción que hacen los organismos de su medio ambiente (*Umwelt*) o nicho ecológico. Organismos y medio ambiente constituyen una unidad estructural y funcional, razón por la cual no se puede hablar de la adaptación como un ajuste a las condiciones externas. Así mismo, la adaptación va más allá de la retención de ventajas para los individuos mejor dotados, y debe entenderse como un mantenimiento de la coordinación entre células, organismos y especies en el ámbito de la naturaleza viviente en su totalidad. Los acoplamientos funcionales tienen lugar en el organis-

mo, entre los órganos; en el medioambiente, entre los distintos organismos; y entre los diferentes medioambientes del planeta. Lo que es beneficioso para una especie también lo es para otras, reconociendo, así, un papel importante en el establecimiento de relaciones simbióticas, mutualistas y cooperativas en la evolución. Por tanto, la adaptación debería concebirse como una manifestación de la LCP que, al involucrar la actividad subjetiva de los organismos, los lleva a responder adecuadamente a sus propias exigencias y a las del medio circundante con el cual conforma una unidad. De hecho, los organismos prevén o anticipan situaciones antes de elegir las estrategias para el cumplimiento de sus CF.

En esta perspectiva, la evolución no ocurre por azar, pero tampoco estaría predeterminada ni orientada teleológicamente hacia la producción de formas específicas; es decir, la especiación no depende de la aparición de características surgidas por mutaciones genéticas aleatorias, sino más bien por una reorganización coordinada del plan corporal. La aparición de una nueva especie implica un nuevo modo de relacionarse con el entorno y, en este sentido, supone la aparición de un nuevo modo de experimentar y vivir el mundo.

La especiación sería el resultado de la generación de lazos entre individuos de una misma especie, a partir de los sistemas de reconocimiento necesarios para el apareamiento y la reproducción. En este punto, Uexküll (1926 246) anticipó la tesis de la realidad de las especies propuesta por Michel Ghiselin (1974, 2002), dado que más que constituir una clase taxonómica, se trata de supra individuos conformados por las diferentes variantes de los organismos individuales que la integran. Los individuos pertenecientes a una misma especie poseen funciones y propósitos comunes, en la medida en que comparten un mismo sistema de signos que al ser interpretados por los organismos, los ligan con su entorno (Salthe 2001). Si el *nicho ecológico* es el conjunto de condiciones objetivas, como espacio físico, alimento, temperatura, etc., que los organismos de una especie determinada requieren para proveerse de los recursos necesarios, entonces, la *Umwelt* es el nicho ecológico construido, percibido y experimentado por el animal (Hoffmeyer 1996 54). Con el ánimo de evitar un relativismo subjetivista, Uexküll subrayó que los miembros de una misma especie comparten un mismo plan corporal, de manera que la constitución de los elemen-

tos del medioambiente, empezando con las cualidades sensoriales, depende de los esquemas trascendentales característicos de cada especie. Si cada especie constituye una unidad cerrada y funcional con su medio ambiente, el concepto de competición interespecífica pierde significado. La competición se daría únicamente entre miembros de una misma especie por el acceso a nuevos recursos en el establecimiento de nuevas relaciones con el medio ambiente. La LCP se expresa a través del plan corporal propio de cada especie y regula las relaciones entre los diferentes medioambientes, estableciéndose entre las especies una relación de determinación recíproca, como si las presas y depredadores estuvieran predispuestos los unos para los otros.

7. DEL NUDO ONTO-EPISTÉMICO A UN HOLISMO MONISTA NEUTRAL

A lo largo de este trabajo he utilizado la noción de *información* como el proceso mediante el cual la forma se impone en las organizaciones materiales, y en el caso de las formas vivas, el ejemplo más representativo la epigénesis. Tesis que como vimos, le sirvió a Kant para proponer un principio responsable de una serie de cambios conducentes a la producción de las formas existentes, como si hubieran sido generadas por su sujeto trascendental. Uexküll eliminó las fuerzas vitales para explicar estos procesos y propuso en su lugar la LCP, que mediante factores naturales regula, compagina, concatena y armoniza unas entidades con otras. Para Uexküll, esta ley biológica tenía que ver con lo general, lo universal, lo que puede quizás haber existido desde siempre, toda vez que el universo se debía regir por parámetros globales y no existía ninguna entidad o sistema completamente aislado que estuviera libre de interacciones.

Lo universal no está representado por leyes mecánicas deterministas sino por una regla de congruencia funcional, aplicable al entendimiento de la organización de los seres vivos e incluso de las formaciones moleculares muy complejas como el protoplasma. El filósofo de la ciencia Charles S. Peirce (CP 7.515) había expresado un punto de vista similar cuando sostenía que las tendencias más generales de la naturaleza se detectan en las estructuras más plásticas capaces de evolucionar, como la

mente humana y el protoplasma. Él afirmaba que todo protoplasma no solo siente, sino que ejercita todas las funciones de la mente (Peirce 1892/1992).

La prevalencia de la LCP como un principio generalizante implica repensar nuestra imagen de la naturaleza en términos de procesamientos de información, como una vía para evitar caer en especulaciones sobre un hipotético sujeto trascendental. Para Uexküll, esta ley opera sobre factores naturales dentro de una perspectiva holista radical que se distancia por igual, tanto del idealismo, como del materialismo clásico. La metafísica de Uexküll es compatible con las tesis que reconocen una continuidad ontológica entre mente y materia como condición para una teoría inteligible del universo, dado que abordó las grandes preguntas de la filosofía natural a la luz de la ciencia de su época y propuso, influenciado por el romanticismo, una imagen del mundo que incluyera la subjetividad, la vida, el sentimiento, la acción, el cuerpo y la integración funcional entre diferentes niveles de organización. El sujeto trascendental de Kant debería ser sustituido por una red de agentes procesadores de información, siempre en proceso de construcción y nunca totalmente realizada.

Las regularidades de la naturaleza se deben a la confluencia, en cada nodo, de la red de una gran cantidad de factores tanto internos como externos. Esta confluencia subjetiva en un instante presente es lo que William James definió como la *experiencia pura* (James 1904 353-354), la existencia misma, anterior a los sujetos (modo mental) y los objetos (modo material), es decir, la sustancia original del universo. Este enfoque conduce a ver en la experiencia una noción primitiva e irreducible asociada a la energía, que se manifiesta como una capacidad de excitarse, vibrar y transmitir el impulso en la interacción con otros agentes, dando lugar a la aparición de sujetos y objetos, inextricablemente asociados.

Todas las formas de vida constituyen una agencia constructora y moldeadora del medioambiente significativo, el cual delimita un espacio y tiempo subjetivo, que como un mapa dinámico permite que los organismos se orienten en su mundo, ubicando unos objetos con respecto a otros y ordenando las experiencias de un pasado a un futuro. La funcionalidad del *Umwelt* nos mueve a aceptar la realidad de la experiencia del mundo que vivimos y experimentamos. Las operaciones mentales confieren significación, no reflejan la realidad objetiva del mundo sino expresan

una experiencia vivida. Un mapa plano de una región geográfica permite el desplazamiento y la orientación en un territorio definido, así el planeta tenga una forma aproximadamente esférica. Pero para los seres que se desplazan sobre su superficie y no se pueden despegar de ella, la imagen plana sería verdadera ya que es la que les posibilita la experiencia de vivir. Existe una realidad objetiva natural nouménica que rebasa a cualquiera de los sistemas individualizados o sujetos que viven sumergidos en ella, no obstante, los hace posibles y condiciona. La subjetividad es objetiva y lo objetivo es subjetivo. El nómeno sería la potencialidad no actualizada, es decir, las formas matemáticas puras entrelazadas y superpuestas, accesibles a la intuición, que se van manifestando de modo congruente a medida que se ejecuta la gran composición musical de la naturaleza.

Hay cuatro puntos inspirados en el pensamiento de Uexküll que servirían para justificar un monismo neutral, ni idealista, ni materialista. 1) *Existe un mundo real independiente de cualquier observador particular, el cual se puede entender como una compleja red de agentes procesadores de información.* Aunque hay aspectos de la realidad que son inaccesibles a la experiencia sensorial y perceptual de los humanos, dicha realidad posibilita, afecta y condiciona la existencia de individuos particulares que experimentan la realidad fenoménica. En consecuencia, todo sujeto constituye una instanciación en proceso de individuación del potencial inherente a la realidad en sí, lo cual permite tratar los sujetos como sistemas procesadores de información que integran, de acuerdo con su estructura, los estímulos sensoriales, dando lugar a una unidad de experiencia única e irrepetible. Ahora bien, el Umwelt constituye para cada sujeto una realidad fenoménica que, al incluir a otros sujetos como portadores de características, permite crear vínculos con ellos. La infinitud de los mundos fenoménicos revela el inmenso potencial de una realidad que se manifiesta como un tejido de interacciones funcionales en el que cada nodo, representado por un organismo o sistema procesador de información, vivencia un conjunto de experiencias sensoriales y construye un mundo propio. Cualquier correlación que pueda existir entre la estructura interna de los sujetos y el mundo externo resulta de los procesamientos de información.

2) *La evolución por selección natural ha favorecido la diversificación de los Umwelten, pero, aunque los cerebros no han evolucionado para percibir el mundo en cuanto tal, sino para sobrevivir, en los humanos la organización neuro cerebral permite intuir los principios y leyes generales que no se revelan directamente a la experiencia sensible.* De acuerdo con el darwinismo, el medioambiente selecciona los individuos adaptados que poseen las estructuras cognitivas más adecuadas para vivir. La evolución favorece la diversificación de las experiencias fenoménicas (formas de vivenciar el mundo), lo cual se ve reflejado en una mayor diversidad de especies. Pero, me atrevo a pensar que el conocimiento útil, funcional, local, limitado y necesario para el desempeño de las actividades vitales favorecido por la selección natural, contribuye a una visión objetiva de la realidad en cuanto corresponde a una de las innumerables posibilidades latentes de la realidad en sí. En este punto, habría que postular que los mundos fenoménicos vividos en las pantallas neurosensoriales y en el cuerpo de cada organismo manifiestan y revelan, en efecto, aspectos muy profundos de la realidad circundante. Pero, además, de acuerdo con Ernst Mach (1942, en Sorensen 1991), el hecho de que el razonamiento matemático conduzca a conclusiones que corresponden a la realidad física es un resultado de nuestro pasado evolutivo, puesto que la fuente de toda intuición es la realidad misma (Hintikka 2003). En este sentido, la intuición es un proceso natural que puede revelar aspectos de lo que en efecto tiene lugar en la naturaleza.

3) *Existe un principio onto-epistémico constitutivo del universo, el cual no sería otro que el procesamiento de información.* Lo objetivo es la construcción permanente y continuada de los mundos internos fenoménicos, que se convierten en nodos de una red interconectada en la medida que vibran al unísono de acuerdo con una ley funcional que regula la dinámica cambiante del mundo natural. De esta manera, queda allanado el camino hacia la naturalización de los sujetos que se caracterizan por excitarse, sentir, percibir, experimentar, decidir y actuar, para moldearse a sí mismos y al mundo circundante. Así como, el mundo circundante es una construcción del sujeto, este se estructura en consonancia con su mundo. En conclusión, la realidad es un entramado de relaciones de significación que se tejen en todas las escalas a raíz de los procesamientos de información.

4) *Por último, desde una perspectiva informacional me atrevo a hipotetizar que las miradas de la física y la biología, que Uexküll veía tan antagónicas, parecen converger de acuerdo con algunas interpretaciones de la mecánica cuántica.* La existencia de una ley biológica de congruencia y coordinación funcional fue mal recibida por parte de una comunidad científica que se obstinó en explicar la evolución en términos de variación genética azarosa y selección natural. Pero autores como David Bohm (1951) señalan, que la representación del universo como un conjunto de entidades constitutivas "reales", separadas unas de otras en diferentes regiones del espacio tiempo, que interactúan por la acción de fuerzas locales sin afectar su naturaleza esencial ha entrado en franca crisis; y crece el consenso a favor del universo como una totalidad indivisible en la que todas las partículas se correlacionan de acuerdo con parámetros globales. De acuerdo con David Bohm (1980, 1990), la gran mayoría de las paradojas de la física cuántica surgen de la imposibilidad de captar el fenómeno en su totalidad.

Una nueva concepción de la naturaleza debería derribar, de una vez por todas, la frontera entre lo biológico y lo físico para poder tratar el universo como una totalidad inseparable. Al respecto, Bohm (1951, 1980) postuló la existencia de un "orden implicado o subyacente" que correspondería a la función de onda universal que describe todas las potencialidades del universo, incluyendo no solo las potencialidades asociadas al entorno que experimentamos, sino también al que perciben la gran diversidad de seres sensibles con quienes compartimos el mundo.

Para ilustrar cómo las potencialidades se despliegan como actualizaciones experimentadas en el mundo clásico, Bohm comparó esta situación con el espectro de ondas electromagnéticas de radio que transmiten mensajes en un rango de frecuencias definido, pero cuyo contenido solo se manifiesta sintonizando la frecuencia portadora apropiada a cada emisora. El medioambiente global estaría compuesto por una inmensa diversidad de frecuencias de radio superpuestas que cubren dicho espectro, las cuales constituyen el potencial informativo que puede ser actualizado mediante la sintonización de la frecuencia escogida por el sistema receptor. Evocando a Uexküll, diríamos que a cada especie le correspondería una determinada frecuencia y sistema receptor. En este sentido, se podría hablar de la existencia de un gran número de seres sensibles u observadores, atrapados dentro de la función de

onda global, cada uno de los cuales actualiza las potencialidades que subyacen a la “frecuencia” que les corresponde en la realidad experimentada.

Para explicar las potencialidades de la función de onda, Piet Hut, Mark Alford y Max Tegmark (2006) distinguieron entre perspectivas internalistas y externalistas. La primera fue imaginada como un animal de una especie cualquiera, atrapado al interior de la función de onda para señalar que habría tantas perspectivas internalistas como especies vivientes existen, ya que cada ser sensible u observador sería una estructura cuántica subjetiva que se mueve y desplaza a través de la función de onda universal. La segunda, estaría congelada en el tiempo (Lockwood 2005), dado que se refiere a un estado universal atemporal consistente de una mega superposición de estados de todos los subsistemas contenidos en el universo, donde algunos observables de ciertos subsistemas estarían correlacionados con observables de otros subsistemas. Mientras que el internalismo reivindica la subjetividad de los agentes individuales que procesan información, el observador externalista no experimenta los resultados de las interacciones y solo ve la continuidad de las ondas. Los seres vivos serían los agentes a través de los cuales el universo percibe sus propias potencialidades, creando el flujo del tiempo que caracteriza el modo clásico de existencia; es decir, los seres vivos serían los agentes mediante los cuales las potencialidades de la función de onda universal se despliegan. Esta propuesta, aún bastante atrevida, resolvería el problema metafísico de Uexküll que discutíamos anteriormente: los múltiples mundos cerrados, correspondientes a cada uno de los círculos funcionales que caracterizan a las especies, se integran entre ellos, así como las múltiples y distintas ondas informaciones se funden en la superposición de una hipotética ecuación de Schrödinger universal.

TRABAJOS CITADOS

- Andrade, Eugenio. *Los demonios de Darwin. Semiótica y Termodinámica de la Evolución Biológica*. Bogotá, Colombia: UNIBIBLOS, 2003.
- _____. "Natural Abduction: the Bridge between Individuals Choices and the Production of Evolutionary Innovations". *Signs* 5.1 (2011): 121-155. <<https://tidsskrift.dk/signs/article/view/26865>>
- Amudson, Ron. *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought. Structure and Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 170-175. <<https://doi.org/10.1017/CBO9781139164856>>
- Bohm, David. *Quantum Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1951.
- _____. *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge and Kegan Paul, 1980.
- _____. "ANewTheoryoftheRelationshipofMindandMatter". *Philosophical Psychology* 3.2 (1990): 271-286. <<https://doi.org/10.1080/09515089008573004>>
- Brentari, Carlo. *Jakob von Uexküll. The Discovery of the Umwelt between Biosemiotics and Theoretical Biology*. Trad. Catriona Graciet. Dordrecht/Heidelberg/New York/London: Springer, 2015. <<https://doi.org/10.1007/978-94-017-9688-0>>
- Brüntrup, Godehard y Ludwig Jaskolla. Eds. *Panpsychism*. Oxford: Oxford University Press, 2016).
- Ghiselin, Michel. "A Radical Solution to the Species Problem". *Systematic Zoology* 23.4 (1974): 536-544. <<https://doi.org/10.2307/2412471>>
- _____. "Species Concepts: the Basis for Controversy and Reconciliation". *Fish and Fisheries* 3.3 (2002): 151-160 <<https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2002.00084.x>>
- Hintikka, Jaakko. "The Notion of Intuition in Husserl". *Revue Internationale de Philosophie* 224.3 (2003): 57 – 79. <<https://n9.cl/b0vw3>>
- Hoffmeyer, Jesper. *Signs of Meaning in the Universe*. Bloomington, Indianapolis: Indiana University Press, 1996.
- _____. "Life and Reference". *Biosystems* 60.1/3 (2001): 123-130. <[https://doi.org/10.1016/S0303-2647\(01\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S0303-2647(01)00111-3)>

- Hofstadter, Douglas. *Escher Gödel y Bach. Un Eterno y Grácil Bucle*. Barcelona: Tusquet, 1979.
- Huneman, Philippe. "Understanding Purpose Kant and the Philosophy of Biology". *Reflexive Judgment and Wolffian Embryology Kant's Shift between the First and the Third Critiques* 8. Ed. Philippe Huneman. NY: Univ. of Rochester Press, 2007. 75-100. <<http://www.jstor.org/stable/10.7722/j.ctt1f89rzn.8>>
- Hut, Piet, Alford, Mark, y Tegmark, Max. "On Math, Matter and Mind". *Foundations of Physics* 36.6 (2006): 765-794. <<https://doi.org/10.1007/s10701-006-9048-x>>
- Jahn, Ilse, Lothar, Ralf, y Senglaub, Konrad. *Historia de la Biología Teorías, métodos, instituciones y biografías breves*. Trad. José Luis Gil Arístu. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1990.
- James William. "A World of Pure Experience". *The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods* 1.20 (1904) 533-543. <<https://doi.org/10.2307/2011912>>
- Kant, Immanuel. *Crítica de la capacidad de juzgar*. Traducción, introducción, notas e índices Pablo Oyarzún. Caracas, Venezuela: Monte Avila Editores, 1992. §79-§82.
- _____. *Critique of Pure Reason: Unified Edition (with all variants from the 1781 and 1787 editions) (Hackett Classics)*. 1st Edition Edición. Ed. James W. Ellington Trad. Werner S. Pluhar. Indianapolis IN: B 307 Hackett Publishing Company, Inc., 1996.
- _____. *Crítica de la razón pura*. Estudio introductorio y análisis de la obra por Francisco Larroyo. México: Porrúa, 1998. §27 P: 93.
- _____. *Prolegomena to any Future Metaphysics With Selections of the Critique of Pure Judgement*. New York: Gary Hatfield Cambridge University Press, 2004. §36 69-71.
- _____. *Metaphysical Foundations of Natural Science 1786*. Cambridge MA: Cambridge University Press, 2009. B341.
- Leibnitz, Gottfried. *La Monadología*. Trad. A. Zozaya. Madrid: Biblioteca Económica Filosófica, 1889.

- Lockwood, Michael. *The Labyrinth of Time: Introducing the Universe*. Oxford: Oxford University Press, 2005. 350-353.
- Mach, Ernst. *The Science of Mechanics: a Critical and Historical Account of its Development*. First published 1893. La Salle, III: Open Court, 1942.
- Mensch, Jennifer. *Kant's Organicism: Epigenesis and the Development of Critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 2013. 125-53.
- Nagel, Thomas. "What Is It Like to Be a Bat?". *The Philosophical Review* 83.4 (1974): 435-450. <<https://doi.org/10.2307/2183914>>
- Nordenskiöld, Erik. *The History of Biology: A Survey*. New York: Alfred A. Knopf, 1935. 578-583.
- Oyama, Susan. *The Ontogeny of Information. Developmental Systems and Evolution, 2da Ed.* Durham: Duke University Press, 2000.
- Peirce, Charles S. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Eds. Hartshorne Charles, Paul Weiss, and A. W. Burks. Cambridge: Harvard University Press, 1931-1958.
- _____. "Man's Glassy Essence. *Monist* 3.1. Reprinted in *The Essential Peirce* 1. Eds. N. House & C. Kloesel. Bloomington: Indiana University Press, 1892/1992.
- Radl, Emanuel. *Historia de las teorías biológicas. 2. Desde Lamarck y Cuvier*. Versión española de F. García del Cid y de Arias. Madrid: Alianza Editorial, 1988. 387-402.
- Rosen, Robert. *Essays on Life Itself*. New York: Columbia University Press, 2000.
- Salthe, Stanley N. "Theoretical Biology as an Anticipatory Text: the Relevance of Uexküll to Current Issues in Evolutionary Biology". *Semiotica* 134.1/4 (2001): 359-380.
- Sorensen, Roy A. "Thought Experiments". *American Scientist* 79.1 (1991): 250-263. <<https://www.doi.org/10.2307/2220252>>
- Uexküll, Jakob von. "A Stroll Through the Worlds of Animals and Men: A Picture Book of Invisible Worlds". *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept*. Edited and translated by Claire H. Schiller. New York: International Universities Press, 1957. 5-80.

- _____. *Theoretical Biology*. Trad. D. I. Mackinnon. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., Ltd., 1926.
- _____. “The Theory of Meaning”. *Semiotica* 42.1 (1982): 25-82.
- _____. *A Foray into the Worlds of Animals and Humans*. Trad. O’Neil, Joseph D. Londres: The University of Minnesota Press, 2010. 125–126.
- _____. *Cartas biológicas a una dama. Prólogo de Juan Manuel Heredia*. Buenos Aires: Editorial Cactus Perenne, 2014.
- Welch Rickey, y Clegg, James S. “From Protoplasmic Theory to Cellular Systems Biology: a 150-Year Reflection”. *American Journal Physiology. Cell Physiology* 298.6 (2010): 1280-1290. <<https://doi.org/10.1152/ajpcell.00016.2010>>
- Zammito, John H. *The Genesis of Kant’s Critique of Judgment*. Chicago: The University of Chicago Press, 1992.