

¿ES LA VIDA UNA CLASE NATURAL? *

IS LIFE A NATURAL KIND?

José TOMÁS ALVARADO

Instituto de Filosofía - Pontificia Universidad Católica de Chile
Santiago, Chile.

jose.tomas.alvarado@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2324-8458>



RESUMEN

En una serie de trabajos Carol Cleland ha argumentado por los últimos veinte años que la búsqueda de una definición de la vida es no solo inútil sino contraproducente. Una definición en términos de condiciones necesarias y suficientes nos podría cegar para la tarea mucho más importante de desarrollar una teoría universal de la vida. La principal justificación para este alegato es que la *vida* es una clase natural. Términos para clases naturales no poseen definiciones ideales, porque pretenden hacer referencia a rasgos objetivos del mundo y no hacer explícito el contenido de nuestro pensamiento o lenguaje. Se argumenta aquí que la *vida* es, en efecto, una clase natural y, luego, la semántica para el término vida no puede darse por una definición ideal con condiciones necesarias y suficientes. Sin embargo, la semántica del término *vida* no excluye la posibilidad de hallar una 'definición real' adecuada de la esencia de la vida, esto es, de *qué* es la vida. Una definición real no es la enunciación del significado de un término sino de una esencia.

Palabras clave: vida; definición de la vida; clases naturales; definición real; esencia.

* Este artículo se debe citar: Alvarado, José Tomás. "¿Es la vida una clase natural?". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.46 (2023): 289-322. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i46.4029>

ABSTRACT

In a series of works, Carol Cleland has argued for the last twenty years that the search for a definition of life is not only worthless, but counterproductive. A definition in terms of necessary and sufficient conditions could now blind us for the much more important task of developing a universal theory of *life*. The main justification for this contention is that life is a natural kind. Terms for natural kinds have no ideal definitions, because they purport to make reference to objective features of the world, not to make explicit the content of our thought or language. It is argued here that *life* is, in effect, a natural kind and, thus, the semantics for the term life cannot be given by an ideal definition with necessary and sufficient conditions. Nevertheless, the semantics of the term life does not exclude the possibility of finding an adequate ‘real definition’ of the essence of *life*, i. e., of *what* is life. A real definition is not the enunciation of the meaning of a term, but of an essence.

Keywords: life; definition of life; natural kinds; real definition; essence.

1. INTRODUCCIÓN

En varias áreas la cuestión acerca de qué es la vida —esto es, de cómo deba definirse la *vida*— ha llegado a ser importante. Se está buscando vida en otros planetas y se está considerando qué tipo de condiciones serían las que favorecerían su surgimiento. ¿Qué es, sin embargo, lo que se está buscando? ¿Solo deben considerarse planetas parecidos a la Tierra? ¿Qué debería cumplirse para que se pueda declarar que, por ejemplo, se ha encontrado vida en Marte o en Encélado? Estas cuestiones parecen presuponer cierta claridad acerca de qué es la vida. Algo semejante se ha producido en la investigación acerca del origen de la vida en la Tierra. Cualquier hipótesis sobre las primeras formas de vida exige que se pueda identificar algo como, en efecto, una forma de *vida*. Quienes se han empeñado, por otro lado, en el programa de generar *vida artificial* pretenden cruzar, en algún punto, un umbral crítico que sea

suficiente para que los artefactos de que se trate estén ‘vivos’. Todos estos desarrollos han impulsado a una pregunta filosófica sobre la naturaleza de la vida y, con ello, a una pregunta metafilosófica sobre cómo es que la cuestión podría ser contestada de un modo adecuado.¹

Algunas definiciones han puesto el énfasis en la existencia de alguna forma de ‘autonomía’. Lo propio de la vida sería, desde estas perspectivas, la aptitud de un ser vivo para ‘mantenerse’ a sí mismo como algo diferenciado. En un organismo viviente este proceso de autopreservación se hace manifiesto de manera especial con el metabolismo, por el que se hace un intercambio constante de materia y de energía con el ambiente para mantener el equilibrio homeostático. Una tradición filosófica que se puede rastrear desde Aristóteles (*cf.* Carreño 2020) caracteriza la vida como una forma de auto-causación por la cual la actividad que despliega el organismo está dirigida a su propia persistencia y desarrollo. Son continuación de esta tradición formulaciones en términos de ‘autopoiesis’.² La capacidad de ‘autopreservarse’, sin embargo, parece ser una característica que también puede atribuirse a procesos físicos como una tormenta o una llama. Muchas otras propuestas de definición han puesto el énfasis en otros aspectos como la conexión con la evolución darwiniana. Esto es lo que sucede con la conocida definición de la NASA de la vida como “un sistema químico auto-preservante capaz de evolución darwiniana” (Cleland 2019a 23). Para que se produzca evolución darwiniana se requiere que exista replicación de ciertas entidades en otras que han de ser suficientemente semejantes a sus ‘generadores’, pero admitiendo la posibilidad de mutaciones azarosas en los rasgos heredados. Un ser vivo debe ser algo cuyos rasgos son explicados por evolución darwiniana de una población anterior que ha estado sometida a variaciones y debe ser también algo que ha de entrar en esta deriva evolucionaria. Ningún organismo viviente ‘evoluciona’, sin embargo. La evolución es una atribución que se puede hacer de poblaciones

¹ *cf.* para discusiones generales, Luisi 1998; Kepa, Peretó & Moreno 2010; Trifonov 2011; Cleland 2019a 36-45; Amilburu, Moreno & Ruiz-Mirazo 2021.

² *cf.* Maturana & Varela 1994; Damiano & Luisi 2010; Capra & Luisi 2014.

completas distendidas en el tiempo entre las que se ha dado variación heredable. Un organismo que sea incapaz de reproducirse —como cualquier mamífero macho desconectado de una hembra o una abeja obrera— queda desconectado del proceso evolucionario. Procesos evolucionarios también parecen existir en entidades que no calificaríamos como ‘vivos’, como la reproducción y diseminación de patrones culturales o un software. Otras propuestas, conscientes de las dificultades que se han destacado para las concepciones en términos de autonomía y para las concepciones evolucionarias, han querido neutralizarlas al adoptar conjuntamente las dos características centrales indicadas,³ pero no es claro que, en vez de ‘compensar’ las dificultades, estas se vean acumuladas.

En el marco de estas discusiones, Carol Cleland ha estado argumentando los últimos veinte años que el empeño por ‘definir’ la vida es no solo inútil sino contra-productivo para las cuestiones de abiogénesis, astrobiología y el programa de vida artificial que lo han motivado.⁴ A estas alegaciones de Cleland se han unido otros filósofos, como Edouard Machery⁵, aunque por razones diferentes.⁶ La idea central de Cleland es que cualquier definición va a buscar explicitar cuál es el contenido de nuestros conceptos —algo ‘producido’ o ‘generado’ por nosotros—, lo que no puede pretenderse que sea adecuado para especificar la naturaleza de una ‘clase natural’ objetiva. Lo que se requiere, en vez de una ‘definición’, es una ‘teoría universal de

³ *cf.* Ruiz-Mirazo, Peretó & Moreno, 2004, 2010; Bedau 1998.

⁴ *cf.* Cleland 2006, 2012, 2019a, 2019b; Cleland & Chyba 2002, 2007.

⁵ *cf.* 2012; también, Szostak 2012; Mariscal & Doolittle 2020.

⁶ Machery, en particular, ha sostenido que no hay algo así como un concepto de ‘vida’ que compartan todos y que esté asociado a las condiciones de uso de la expresión “vida” y otras semejantes en otros lenguajes naturales (*cf.* Machery 2012). Para Machery, esto no es un problema que afecte de manera específica al concepto de “vida”, sino que tiene un carácter general. No hay una única clase natural de entidades psicológicas que pueda ser calificada como la clase de los conceptos. Machery sostiene además que no sería verosímil postular una definición teórica basada en la ciencia empírica, pero este alegato resulta mucho más discutible por las razones que se expondrán más abajo. Mariscal y Doolittle, por su parte, sostienen que la ‘vida’ no es un tipo general de entidad, sino un particular, el linaje generado desde LUCA (last universal common ancestor; *cf.* Mariscal & Doolittle 2018).

la vida'. El objetivo de este trabajo es examinar esta alegación de Cleland con más detención. Si la vida es una 'clase natural' en el sentido que tiene en vista Cleland,⁷ debe suponerse un mecanismo semántico no trivial para la expresión *vida* y no es obvio que tal mecanismo —de por sí— excluya la posibilidad de dar definiciones de valor epistémico.

Por lo tanto, en lo que sigue se hará, en primer lugar, una exposición de la posición que ha sido defendida por Cleland. En segundo lugar, se explicará qué tipo de mecanismo semántico debería postularse para un concepto de 'vida' entendido como un concepto de 'clase natural'. En tercer lugar, se va a indicar cómo un mecanismo semántico de una clase natural no obsta para que se dé una definición 'real' de la esencia de tal clase natural.

2. TEORÍAS, NO DEFINICIONES

Como se ha indicado, Carol Cleland —junto con Christopher Chyba en varios trabajos— ha sostenido de manera insistente los últimos veinte años que el proyecto de 'definir' la vida, tal como se ha desarrollado en relación con la investigación abiógenética, astrobiológica, de biología sintética o en el programa de generación de vida artificial, es un obstáculo para su comprensión adecuada.⁸ Qué es una 'definición' ha sido entendido de diferentes maneras. Típicamente, la entrada de una voz en un diccionario ofrece la 'definición' de una expresión de un lenguaje (definiciones 'lexicales'). También lo puede hacer un procedimiento que permite detectar la exis-

⁷ Con la expresión "clase natural", que se traduce *natural kind*, se designa un tipo de cosas que poseen una naturaleza común no determinada por nuestra forma de concebirla o nuestros intereses. Al hablar de 'clase' podría darse la impresión de que se trata de algo cuya esencia está determinada, al menos en parte, por cuáles sean sus elementos, pero no debe hacerse tal asociación. Se trata de un 'tipo' o 'modo de ser' que poseen en común una pluralidad de cosas y que podrían poseer en común más o menos cosas.

⁸ cf. Cleland 2006, 2012, 2019a, 2019b; Cleland & Chyba 2002, 2007.

tencia de un ejemplar de la expresión definida (definiciones ‘operacionales’; *cf.* Bich & Green 2018). El tipo de ‘definición’ que se tiene en vista aquí, sin embargo, es lo que Cleland denomina una “definición ideal”:

Las definiciones ideales definen los términos analizando los conceptos asociados con ellos mediante conjunciones lógicas de propiedades. La conjunción de propiedades suplementan condiciones necesarias y suficientes para la aplicación del término que está siendo definido (una descripción identificatoria) y, luego, determina completamente si es que algo cae en la clase de ítems designados por él (Cleland 2019a 48).

Esta forma de definición es calificada como “ideal” porque rara vez se consiguen definiciones con este estándar. Los términos que utilizamos normalmente adolecen de vaguedad con múltiples casos ‘límite’ en los que no parece estar determinado si algo cae o no bajo ellos. El problema central que tienen las definiciones, incluso si satisfacen los estándares de una definición ‘ideal’, es que “Las definiciones, en el sentido lógico estándar, no tienen que ver con cosas independientes de la mente en el mundo natural. Tienen que ver con el lenguaje y el pensamiento” (Cleland 2019a 46). Es decir, una definición ‘ideal’ —si existe— es una especificación o explicitación del contenido de lo que es comprendido por un pensador o un hablante cuando ha adquirido competentemente la aptitud de usar correctamente un concepto o el término de un lenguaje. Se trata de la especificación o explicitación de algo que debe —en principio— ser accesible para el propio pensador o hablante, si es que este reflexiona acerca del contenido de sus propios estados mentales tal como le resultan evidentes desde una perspectiva de primera persona. Esta indagación clarificatoria es algo que —en principio— puede hacerse por reflexión *a priori*. Un procedimiento de este estilo claramente no sería adecuado para especificar qué es un fenómeno natural al que debemos acceder de manera empírica.

Cleland considera una situación análoga en la historia de la ciencia. Imagínese cómo sería una definición de *agua* con anterioridad a la revolución química que sentó las bases de la teoría molecular (*cf.* Cleland 2019a 50-53). El agua es una sus-

tancia que se identifica por tener ciertos rasgos que son característicos para nuestro acceso sensible, como ser líquida, incolora, inodora, insípida y un buen solvente. Los alquimistas pensaban que la característica central del *agua* era ser solvente, por lo que calificaron como formas de agua a otros compuestos como el ácido nítrico (HNO_3), que fue denominado *aqua fortis*, o el ácido hidrocórico (HCL), que fue denominado *aqua regia*. Si uno se atiene a las características más salientes, además, no es claro que el hielo o el vapor sean formas de *agua*. Fue solo con el desarrollo de la química molecular que se llegó a comprender que lo que tienen en común los ejemplares que hemos denominado *agua* es que están compuestos por moléculas de H_2O . El agua es una molécula y no un elemento ‘básico’, como lo había supuesto Aristóteles:

¿Pudo un químico-alquimista del siglo XVII haber descubierto que el agua salada y el agua destilada tienen en común moléculas de H_2O (y los iones asociados), o que el *aqua regia* posee una composición molecular diferente del agua? La respuesta es claramente no. Su comprensión científica del agua está basada en sus propiedades sensibles superficiales, y ninguna reflexión o investigación sobre estas propiedades fenomenales con el equipamiento entonces existente podría revelar que el agua consiste en dos átomos de hidrógeno químicamente enlazados a un átomo de oxígeno (Cleland 2019a 51).

La pretensión de ‘definir’ el agua antes de poseer una química molecular desarrollada hubiese sido no solo fútil, sino un estorbo para comprender de manera adecuada los fenómenos de que se trata. Para Cleland sucede algo análogo con el concepto de ‘vida’ según el estado actual de la investigación biológica. Cualquier intento por ‘definir’ la vida será dependiente de un conocimiento muy restringido de un único ejemplo de vida: el que se ha desarrollado en nuestro planeta (*cf.* Cleland 2019a 105-131). Este problema es denominado el problema del “ $N = 1$ ”, pues la base empírica que sirve para justificar cualquier generalización está constituida por un solo caso. Probablemente, una definición en la situación presente nos va a cegar para comprender formas de vida en otros planetas (*cf.* Cleland 2019a 172-194) u otras formas de vida en nuestro propio planeta (la ‘biósfera sombra’; *cf.*, Cleland 2019a,

195-215). De hecho, algo de este tipo ha sucedido cuando se ha ido descubriendo la amplitud de la vida microbiana, que se ha mostrado mucho más longeva y resistente que los metazoos con los que estamos familiarizados (*cf.* Cleland 2019a 132-159). Los estereotipos de vida en los que nos hemos concentrado por buena parte de nuestra historia son solo ejemplos recientes, minoritarios y frágiles de seres vivientes.

Para Cleland es central que la vida es una clase natural y, por lo tanto, el concepto de 'vida' pretende tener tal clase como referente. En los famosos trabajos de Hilary Putnam de los años setenta del siglo pasado⁹ se sostuvo que el significado de los términos de clases naturales "no está en la cabeza" (Putnam 1975 223). La justificación de esta tesis es bien conocida. Supóngase que se encuentra un planeta muy semejante a la Tierra, sea la Tierra-gemela. Los habitantes de este planeta hablan un lenguaje homofónico con el español. La sustancia que ellos llaman agua llena los mares, ríos y lagos, y es lo que beben ordinariamente. Tal sustancia posee los mismos rasgos sensibles que posee el agua. Los terrícolas que visitan la Tierra-gemela, sin embargo, luego de hacer los chequeos necesarios, se percatan de que ese líquido no está compuesto de moléculas de H_2O , sino de un compuesto químico diferente, sea xyz . La expedición visitante a la Tierra-gemela reportará a la Tierra que el término *agua* en la Tierra-gemela significa xyz y no H_2O . Considérense ahora dos hablantes de la Tierra y la Tierra-gemela, sean S_1 y S_2 , que sean réplicas exactas uno del otro en cuanto a sus estados mentales. Supóngase que viven en el siglo xvii antes del desarrollo de la revolución química. Si uno examina el contenido de los estados mentales de S_1 respecto a lo que denomina agua no se encontrará nada diferente de lo que se puede hallar en los estados mentales de S_2 respecto a lo que él denomina agua. La referencia del término agua, sin embargo, en boca de S_1 en la Tierra son moléculas de H_2O , mientras que la referencia del término agua en boca de S_2 en la Tierra-gemela son moléculas de xyz . Se puede apreciar, entonces, que el significado de una expre-

⁹ *cf.* Putnam 1975; también Kripke 1980 115-144.

sión de clase natural, como agua, no está fundado en los estados psicológicos de los hablantes, sino en la naturaleza de aquello que se quiere designar.¹⁰

La cuestión aquí, para Cleland, es que algo semejante vale para el término vida. Designa una clase natural —o, por lo menos, pretende hacerlo— y su significado es aquello en que consista la vida, no lo que asociemos nosotros con la expresión vida. Así como el examen de los estados psicológicos sobre el agua en el siglo xvii no es capaz de discriminar entre el agua (moléculas de H₂O) y lo que los habitantes de la Tierra-gemela llaman agua sin serlo, el examen de los estados psicológicos prevalentes sobre la vida estaría limitado a rasgos sensibles superficiales y sería ciego —o podría serlo— para aquello a lo que se hace referencia de manera objetiva. Estos rasgos superficiales pueden tener un carácter contingente, ser poco representativos del fenómeno en toda su amplitud y conducir la investigación por vías ciegas. Lo que se requiere no es una ‘definición’ del concepto de ‘vida’ que explicita el contenido que le asocian los hablantes, sino una teoría universal de la vida empíricamente informada. La posición defendida por Cleland ha recibido una importante confirmación en el trabajo de Claus Beisbart y Kevin Reuter (2021), quienes han realizado una investigación empírica acerca del concepto *folk* de ‘vida’ que poseen hablantes adultos occidentales sin especialización en ciencias biológicas. En este estudio se halló que, en general, los rasgos ‘salientes’ de la vida para un hablante común son las capacidades de crecer, nutrirse y reproducirse, pero los rasgos centrales son el estar compuesto o constituido por células o moléculas orgánicas, como la ciencia biológica lo ha enseñado. Los hablantes ordinarios, entonces, diferencian entre rasgos sensibles superficiales y la naturaleza subyacente que explica tales rasgos superficiales y a la que se debe acceder por investigación empírica.

¹⁰ Hay diversas variaciones de estos argumentos. Lo que Putnam presenta como variaciones en el significado de una misma secuencia de fonemas en un único mundo posible con dos comunidades de hablantes desconectados entre sí puede también presentarse como el contraste entre dos mundos posibles diferentes o como el contraste entre estados psicológicos de hablantes respecto al mismo término en la misma comunidad lingüística. Así, un hablante que no esté versado en la química asociada puede tener los mismos estados mentales respecto al significado de “aluminio” y el de “molibdeno” (cf. Putnam 1975 225-227).

3. LA SEMÁNTICA DEL TÉRMINO DE CLASE NATURAL *VIDA*

Si realmente la vida conforma una clase natural, existen ciertas peculiaridades para la semántica de la expresión *vida* y el contenido del concepto de ‘vida’ que no resultan triviales. Estas peculiaridades y restricciones deben ser consideradas con detención. No se va a poner en cuestión aquí si la vida conforma, en efecto, una clase natural, aunque se trata de algo que algunos han puesto en duda (*cf.* Keller 2002). Se va a sostener que, al contrario de lo que ha afirmado Cleland, si la vida es una clase natural, nada obsta para que se llegue a poseer una definición apropiada teóricamente informada. Una ‘definición real’, comprendida de este modo, no se debe postular *antes* de la investigación empírica y el desarrollo de una teoría universal de la vida, sino *después* de tal desarrollo y como su resultado.

Se ha indicado que el significado de un término de clase natural ‘no está en la cabeza’. Esto puede resultar sorprendente pues se supone que un hablante que es capaz de usar correctamente la expresión de un lenguaje, incluyendo un término de clase natural, debe comprender su significado. Si el significado ‘no está en la cabeza’, sin embargo, lo que sea accesible para un hablante no determina tal significado. Pero el mecanismo semántico que ha sido postulado para estos términos permite acomodar estas exigencias. Un término de clase natural es usado con la pretensión de mantener la referencia a la misma clase natural —comoquiera que sea entendida— aunque la concepción que se tenga de cuál sea su naturaleza vaya variando en el tiempo. En la medida en que un hablante pretenda mantener la referencia fija a lo ‘mismo’, podrá usar de manera competente el término en cuestión, aun cuando tenga un completo desconocimiento de cuál es su naturaleza profunda. Considérese, por ejemplo, la palabra en español *agua*, continuando con el ejemplo de Putnam. Se ha traducido como agua la expresión griega *hydor*. Aristóteles sostenía que *hydor* es esencialmente uno de los cuatro elementos básicos de la realidad —al que se debe sumar un quinto, el éter, que es el elemento que conforma las esferas celestes— que se caracteriza por poseer una tendencia intrínseca de dirigirse a su ‘lugar natural’ en dirección hacia el centro del mundo, como el elemento tierra, y, cualitativamente, por ser húmeda y fría. Hoy día pensamos que el agua es esencialmente una sustancia

compuesta por moléculas de H_2O (con sus iones asociados) y no uno de los ‘cuatro elementos’ básicos del mundo material. Si el significado de *hydor* es ser un elemento básico húmedo y frío, ¿con qué derecho pretendemos traducir esa expresión por *agua*? La expresión agua no sería equivalente de *hydor*. La semántica de los términos de clases naturales, sin embargo, permite explicar cómo es que Aristóteles y nosotros estamos hablando de ‘lo mismo’, lo que autoriza a atribuirles el mismo significado a *hydor* y *agua*.

El significado de un término de clase natural, sea el predicado “*T*”, queda determinado por la referencia a un ‘tipo’ natural de entidad, de modo que será correcto decir que “es *T*” de cualquier entidad del ‘mismo’ tipo en cualquier mundo posible.¹¹ La referencia a este único tipo natural de entidades se hace, al menos para el bautismo inicial, por una demostración deíctica. Se trata de esta clase natural con la que tenemos o hemos tenido contacto perceptivo. Claramente esto es lo que ha sucedido con el agua o con la vida. Los usos lingüísticos posteriores son correctos en la medida en que mantengan la referencia a este mismo tipo.¹² De un modo más preciso, se puede formular el principio semántico de este modo:

[N] Para todo w , para todo x : x es T en w si y solo si x en w
es-lo-mismo_L-que *esto* en wA .

Aquí ‘ w ’ es una variable que tiene como rango mundos posibles y ‘ x ’ es una variable que tiene como rango objetos. La expresión ‘ wA ’ designa el mundo actual. La expresión ‘*esto*’ es un indexical que tiene como contenido a la entidad perteneciente a la clase natural de que se trate en el mundo actual —ha de tratarse, por lo tanto, de

¹¹ Por “mundo posible” se entiende aquí una forma en que podrían ser todas las cosas. Por supuesto, hay una forma en que son las cosas —el mundo actual—, pero esta es solo una de las infinitas formas en que las cosas podrían ser aunque no lo sean de hecho. No se hace ninguna presuposición acerca de cuál es la naturaleza ontológica de tales ‘mundos’.

¹² cf. Putnam 1975 229-235; Soames 2002 241-311; Salmon 2005 93-157; Beebe & Sabbar-ton-Leary 2010; Alvarado 2012.

una entidad con la que se ha podido tener contacto perceptivo—. La relación de ‘ser-el-mismo_L-que’ es una relación entre objetos de cualquier mundo posible que poseen el mismo tipo natural. Se trata, por lo tanto, de una relación de equivalencia entre objetos de diferentes mundos.¹³ La semántica de términos de clases naturales tiene, como se puede apreciar, un elemento indexical o deíctico, pues es la demostración de una clase natural en una de sus ejemplificaciones lo que permite fijar la referencia del término. Este último es, luego, un ‘designador rígido’ de la clase natural, pues en todo mundo posible hace referencia al mismo tipo de entidad a la que se ha hecho referencia indexical actualmente. Esta semántica guarda una analogía estrecha con la semántica para nombres propios desarrollada por Kripke (*cf.* 1980 22-105) y, de un modo más general, con la teoría de la referencia directa postulada de manera paralela esos mismos años.

Esta semántica contrasta, por ejemplo, con una según la cual la extensión de un término T quedase fijada del siguiente modo:

[N*] Para todo w , para todo x : x es T en w si y solo si x en w
es-lo-mismo_L-que *esto* en w .

Esto es, la extensión del término T queda fijada en cada mundo posible por la clase natural a la que se haga referencia indexical en ese mundo. Por supuesto, en diferentes mundos esa referencia indexical a esto puede estar seleccionando diferentes clases naturales. Probablemente, sin embargo, el tipo de semántica que tiene en vista Cleland podría formularse de este modo:

[N**] Para todo w , para todo x : x es T en w si y solo si x es C_1, C_2, \dots y C_n en w .

Aquí, las condiciones C_1, C_2, \dots, C_n son cada una de ellas necesarias para que algo sea T y son conjuntamente suficientes para que algo sea T . Se puede conside-

¹³ Una relación se dice de ‘equivalencia’ si es que es reflexiva, simétrica y transitiva.

rar cómo funcionan estos mecanismos $[N]$, $[N^*]$ y $[N^{**}]$ volviendo al ejemplo del término agua. Supóngase que su significado se determina por el mecanismo $[N^*]$. Entonces agua en un mundo posible es lo que quiera que tenga la misma naturaleza que un ejemplar al que se haya hecho referencia indexical en ese mismo mundo. Si se trata de un mundo en el que esa referencia se ha hecho a XYZ, entonces será agua en ese mundo XYZ y no H_2O . Si, en cambio, el mecanismo es $[N]$, entonces el agua, en un mundo posible en el que los hablantes han hecho referencia indexical a XYZ en vez de hacerlo a moléculas de H_2O , sigue siendo moléculas de H_2O pues lo que fija la referencia del término agua en todos los mundos posibles es a lo que se ha hecho referencia en el mundo actual.

Considérese ahora que la semántica fuese fijada por el mecanismo $[N^{**}]$. La referencia de T queda determinada por lo que quiera que sea que satisfaga las condiciones C_1, C_2, \dots, C_n en cualquier mundo posible. En la medida en que tales condiciones no varíen de mundo a mundo se estará designando al mismo tipo de entidad en todos ellos. En esto, el mecanismo $[N^{**}]$ está más cerca de $[N]$ que de $[N^*]$. Tiene la peculiaridad, sin embargo, de ser mucho más frágil respecto a variaciones en nuestra concepción epistemológica de la naturaleza de T . Si, por ejemplo, se llegase a pensar —por la aparición de nueva evidencia— que un T no es, después de todo, algo que satisface C_1, C_2, \dots, C_n , sino que el rol teórico que se supone que satisface T es explicado más bien por las condiciones D_1, D_2, \dots, D_n , esto traería la consecuencia de que no hay T s. Dado que el valor semántico de “ T ” es precisamente la conjunción de las condiciones C_1, C_2, \dots, C_n , nada podría contar como un T sin satisfacerlas. En contraste, tanto $[N]$ y $[N^*]$ permiten mantener la referencia a la misma clase natural a pesar de variaciones en la concepción que se tenga de la naturaleza de tal tipo de entidades. Si volvemos al ejemplo del término “agua” su significado sería, según $[N^{**}]$, ser uno de los cuatro elementos básicos. Desde esta perspectiva, el hallazgo de que el agua no es uno de los elementos básicos es el hallazgo de que no existe el agua, no de que el agua es otra cosa. En cambio, si el mecanismo semántico operando es $[N]$, descubrir que el agua es un compuesto molecular en vez de un elemento básico es simplemente el hallazgo de que estábamos equivocados en nuestras creencias acerca de la naturaleza del agua, no de que no hay agua.

Si el término *vida* designa una clase natural, entonces, debemos suponer que el mecanismo semántico por el que el término adquiere significado es $[M]$. De este modo, en algún momento en el pasado nuestros antepasados han denominado una clase natural de entidades —y han supuesto que existe tal clase natural— que les ha resultado especialmente saliente entre las cosas de su ambiente. Esta clase natural, de manera estereotípica (cf. Putnam 1975 247-252), está compuesta por objetos que manifiestan crecimiento, la capacidad de nutrirse de material que obtienen del exterior y que hacen ‘propio’, y, en muchos casos, la capacidad de moverse localmente. Estos rasgos son los que permiten ordinariamente ‘detectar’ un organismo vivo, pero se trata de rasgos defectibles. Si la ‘vida’ es un concepto de clase natural, entonces la vida es aquello que explica por qué los organismos vivos presentan tales rasgos ordinariamente. El término vida designa aquello que cumple tales funciones explicativas aunque desconozcamos cuál sea su naturaleza y aunque estemos equivocados acerca de su naturaleza. En algún momento se ha pensado que la naturaleza de la vida es ser un ‘hálito’ o ‘espíritu’ que se extiende y permea el organismo completo. En otros momentos se ha pensado que un organismo vivo es una máquina. En otros momentos se ha pensado que es el producto de un principio vital primitivo —un élan vital o una *Entelechie*—. Hoy día suponemos que todas esas son concepciones falsas. Sin embargo, ninguna de las variaciones epistemológicas que se han producido en nuestra concepción de cuál sea la naturaleza de la vida ha hecho que varíe el significado del término vida. Nadie tiene ninguna duda razonable de traducir el griego βίος por vida, aunque las creencias de Homero sobre biología nos puedan parecer de lo más curiosas. La forma en que hemos usado la expresión *vida*, “viviente” y otros sinónimos en otras lenguas, por lo tanto, parecen confirmar la suposición de Cleland de que se trata de un término de clase natural, como lo han también expuesto Beisbart y Reuter (2021). Si se estuviese utilizando un mecanismo semántico como $[N^{**}]$, esta estabilidad en el tiempo no sería explicable.

4. DEFINICIONES REALES

Hasta este momento todo está vindicando la posición de Cleland, como se ha visto. El mecanismo semántico que parece determinar la referencia del término *vida* es $[N]$ y no $[N^{**}]$. La búsqueda de condiciones necesarias y suficientes para ‘definir’ el significado de vida sería aplicar un mecanismo $[N^{**}]$ que no concuerda con la forma en que hemos usado y usamos la expresión *vida*. Una ‘definición’, sin embargo, no solo puede tomarse como la enunciación del contenido semántico de un término —mediante la especificación de condiciones necesarias y suficientes—, sino que también se ha denominado ‘definición’ en la tradición filosófica a la *enunciación del contenido de la esencia* de una entidad. Esto es lo que se ha denominado usualmente una “definición real” por oposición a una “definición nominal”. No es la expresión del significado de un término, sino de *qué* es algo. Aristóteles sostiene que ‘definición’ (*horismós*) es “el enunciado de la esencia de cada cosa” (*lógos tou ti en einai ekásto*; *Metafísica* VII 4 1029b 20), esto es, el enunciado de qué es aquello en que consiste ser el tipo de entidad de que se trate.

Esta misma idea de una ‘definición real’ que sea expresión de la esencia de algo ha sido defendida más recientemente por Kit Fine (1994). Después del desarrollo de la lógica modal el siglo pasado, fue frecuente pensar en la esencia de un objeto como la colección de propiedades que posee ese objeto en todos los mundos posibles en que existe.¹⁴ Esto implicaba incluir en la esencia de un objeto propiedades extrínsecas que no tienen que ver con la especificación de su identidad, esto es, de qué es lo que ese objeto es. Sería parte de la esencia de un gato, por ejemplo, ser tal que $2 + 3 = 5$, pues, dado que es necesario que $2 + 3 = 5$, en todos los mundos posibles en que ese gato exista, $2 + 3 = 5$. Esto no sucede porque, de algún modo, tal verdad matemática sea ontológicamente constitutiva del ser del gato, sino que es un resultado de

¹⁴ Esto es, conforma la esencia de un objeto a la colección de todas las propiedades que satisfacen la siguiente implicación estricta en donde ‘X’ es una variable que tiene como rango propiedades:
Es necesario que: si a existe, entonces a es X

que las verdades aritméticas son necesarias por sí mismas. La ‘esencia’ de una entidad debe estar constituida por las propiedades que son estrictamente determinantes de su ‘identidad’, esto es, que determinan por qué tal entidad es precisamente esa y no otra. Desde la perspectiva defendida por Fine, el que una propiedad sea constitutiva de la esencia de un objeto es un hecho primitivo, no derivable o reducible a otro u otros hechos ontológicamente más básicos. No es, en especial, algo que pueda derivarse de la distribución de hechos modales acerca de qué es efectivo en diferentes mundos posibles. Al revés, los hechos modales están fundados en cuál sea la esencia de las distintas entidades. Interesa notar que la esencia cumple también una función explicativa de los rasgos estereotípicos de un objeto de cierto tipo. Hay propiedades que un objeto, dada cual sea su esencia, poseerá en la mayoría de los casos. Si las circunstancias ambientales no son favorables, sin embargo, tales propiedades podrían no manifestarse. Existe un contraste, por lo tanto, entre la esencia y las propiedades de carácter más superficial que se derivan explicativamente de tal esencia y que pueden ser más evidentes a nuestra percepción ordinaria. Este contraste es precisamente el que se está presuponiendo por el mecanismo semántico [M].

Una definición ‘real’, entonces, es una enunciación de cuál es el contenido de la esencia de un tipo de objetos, lo que no implica que ese contenido sea el significado del término que designa a las entidades de ese tipo. Si se trata de un término que designa una clase natural cuyo significado queda fijado por un mecanismo semántico como [N], su significado es ser una designación de una clase natural a la que se ha hecho en algún momento una referencia indexical. Nada obsta para que tal clase natural esté, a su vez, determinada por ser la clase de todos los objetos que comparten una misma naturaleza o esencia. Esa esencia puede ser enunciada por una definición real y esto no modifica el contenido semántico del término que designa la clase natural. Por esto, aunque se den variaciones en nuestra comprensión de cuál es tal naturaleza —lo que va a implicar, eventualmente, sustituir una definición real por otra—, el significado del término en cuestión es estable a través de todas estas variaciones.

Se puede ahora apreciar qué valor debe darse a las alegaciones de Cleland. Tiene razón al sostener que el concepto de *vida* es un concepto de clase natural, lo

que impone una semántica de tipo $[N]$. No es razonable, entonces, postular una semántica de tipo $[N^{**}]$. Esto hace, efectivamente, que no se pueda dar una definición ‘ideal’ mediante condiciones necesarias y suficientes para especificar el *significado* del concepto de *vida*. Pero esto es independiente de la cuestión de cuál es la esencia de la vida y de si se puede enunciar el contenido de tal esencia mediante una definición ‘real’. Cleland también ha sostenido que la base de evidencia que poseemos en este momento es demasiado restringida para postular con suficiente confianza una teoría universal de la vida. Esto, sin embargo, no es una razón para no buscar una definición real de la esencia de la vida —buscar tal cosa es buscar simplemente saber qué es la vida—, sino una razón para tener una cautela especial respecto a la evidencia que podamos tener para ella. No hay aquí una oposición entre una ‘definición’ de la vida versus una ‘teoría’ de la vida. Una teoría adecuada permitirá, eventualmente, formular una definición real del fenómeno.¹⁵

Varios trabajos recientes han defendido también la importancia de la búsqueda de una definición de la vida,¹⁶ pero por razones diferentes a las aquí indicadas. Estas respuestas al desafío planteado por Cleland han puesto de relieve que las definiciones no solo tienen funciones clasificatorias sino también operacionales (*cf.* Bich & Green 2018), interdisciplinarias, diagnósticas (*cf.* Knuuttila & Loettgens 2017)

¹⁵ Una teoría acerca de un campo de hechos en la que se trate de la clase natural T puede no ser adecuada para entregar una definición real de qué es ser un T . La teoría en cuestión puede estar solamente especificando, por ejemplo, una serie de leyes que T debe satisfacer. Estas leyes pueden ser necesarias para T , pero no suficientes. También se puede dar la situación inversa, según la cual solo se logren especificar condiciones suficientes pero no necesarias para T . Una teoría que no consiga una definición real, sin embargo, sigue entregando información acerca de los hechos en cuestión y de T en particular. Se ha descrito una ‘definición implícita’ de un término teórico θ como lo que resulta de sustituir todas las ocurrencias de θ en una teoría θ por una variable X , sea $\theta(X)$ (*cf.* Lewis 1970). Si aquello que pretende designar θ es una clase natural, entonces se puede sostener que la esencia de tal clase natural es satisfacer $\theta(X)$. La cuestión aquí es que no necesariamente hay una única clase natural que satisfaga $\theta(X)$, por lo que la mera existencia de θ no es garantía de que se pueda derivar de ella una definición real.

¹⁶ *cf.* Smith 2016; Knuuttila & Loettgens 2017; Bich & Green 2018; Amilburu, Moreno & Ruiz-Mirazo 2021.

y teóricas para el desarrollo de programas de investigación.¹⁷ Conuerdo con todo ello pero con la prevención de que una ‘definición’ aquí debe tomarse como una definición ‘real’ que pretende especificar el contenido de la esencia de la vida, no el significado del término *vida*. Esa definición real posee, también, funciones clasificatorias. Esa definición buscada, además, debe postularse *después* del desarrollo de una teoría biológica y como su resultado, no como una restricción *a priori* acerca de qué pueda o no tratar tal teoría.

Por lo tanto, sucede que, si la vida es una clase natural, ello no implica que no exista una esencia de la vida —esto es, aquello en que consiste estar vivo para un organismo— y que no pueda darse una definición real de tal esencia. El término vida tiene una semántica determinada por el mecanismo [N], pero esto no afecta la pertinencia de una definición real. Puede suceder que la evidencia ahora disponible para una teoría universal de la vida sea insuficiente, pero esto no es una razón para no buscar una definición real, como se ha indicado. Interesa destacar, sin embargo, que así como no se puede desechar *a priori* una definición real adecuada de la vida, tampoco se puede desechar *a priori* cuál pueda ser —a fin de cuentas— el contenido de tal esencia. Por ejemplo, podría resultar vindicada la tradición filosófica que ha sostenido que lo característico de la vida es la aptitud para desplegar operaciones que tienen al viviente como principio y que se dirigen al mismo viviente como un fin (*cf.* Carreño 2020 23-61; también descrita en diferentes formas de fenomenología de la vida, Barbaras 2018). Podría resultar que la vida deba ser comprendida, después de todo, como un tipo de ‘proceso’ y no como una característica o un conjunto de características de objetos (*cf.* Torres de Farias, Prosdomici & Caponi 2021). Podría resultar, en fin, que aunque la vida sea efectivamente una clase natural, no exista un conjunto determinado de propiedades que deban ser poseídas por todos y solo los seres vivientes, sino un ‘racimo homeostático de propiedades’ (*homeostatic property cluster*), las cuales tienden a instanciarse de manera conjunta, pero no necesariamente deben ejemplificarse todas ellas en conjunto (*cf.* Diéguez 2013). Cualquiera de estas alternativas está abierta todavía dado el estado de nuestro conocimiento empírico de los fenómenos biológicos.

5. CONCLUSIONES

Se han presentado en este trabajo las razones que Carol Cleland ha dado para evitar la búsqueda de una definición del concepto de vida. Lo que debe hacerse es desarrollar una teoría universal de la vida. Es crucial para este alegato que vida es un concepto de clase natural. El significado del término vida, por lo tanto, no está fijado por condiciones necesarias y suficientes. Como se ha explicado, el mecanismo semántico que fija su significado es $[N]$, esto es, vida designa a la clase natural de entidades a las que se ha hecho referencia indexicalmente en el mundo actual en algún tiempo de bautismo inicial. Los usos lingüísticos posteriores han pretendido mantener la referencia a esa misma clase natural. Este mecanismo semántico explica por qué la referencia se mantiene estable en diferentes mundos posibles y por qué, también, se mantiene estable dadas variaciones en nuestra concepción epistemológica de cuál sea la naturaleza de la clase natural de que se trate.

Contra lo que ha sostenido Cleland, se argumenta aquí que el desarrollo de una teoría universal de la vida empíricamente justificada no es incompatible con que se pueda dar una definición ‘real’ de la vida. Una definición real no pretende ser la especificación del significado de un término —en este caso, tal significado está fijado por el mecanismo $[M]$ —, sino que es la enunciación del contenido de la esencia de la entidad de que se trate. Una definición real de este tipo no es una suerte de restricción a priori de la investigación empírica, sino que se trata de algo que debe resultar de ella. Una adecuada teoría universal de la vida podrá arrojar, eventualmente, tal definición. Podría también no arrojarla, si es que la evidencia no fuese suficiente, pero esto no hace que no sea conveniente buscarla.

Un mecanismo semántico del tipo de $[M]$ presupone que existe, en efecto, una única clase natural que sea aquello a lo que se pretende hacer referencia. Esta presuposición podría mostrarse falsa. Podría suceder que no hubiese una clase natural en lo absoluto o que hubiese más de una. El hecho de que un término tenga la pretensión de designar una clase natural no es garantía de su existencia. Del mismo

modo, la operación de un mecanismo [N] no debe verse como prejuzgando cuál es la naturaleza de la clase natural en cuestión.¹⁸

REFERENCIAS

- Alvarado, José Tomás. “Referencia directa en los términos de clases naturales. Reflexiones ontológicas”. *Areté. Revista de filosofía* 24.2 (2012): 231-262. <<https://doi.org/10.18800/arete.201202.001>>
- Amilburu, Alba., Moreno, Álvaro y Ruiz-Mirazo, Kepa. “Definitions of Life as Epistemic Tools that Reflect and Foster the Advance of Biological Knowledge”. *Synthese* 198.1 (2021): 10565–10585. <<https://doi.org/10.1007/s11229-020-02736-7>>
- Aristóteles, *Metafísica*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo. Madrid: Gredos, 1994.
- Aristotelis. *Metaphysica. Recognovit brevique adnotatione critica instruxit*. Ed. W. Jaeger. Oxonii: E Typographeo Clarendoniano, 1957. Barbaras, Renaud. Introduction à une phénoménologie de la vie. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin 2018.
- Bedau, Mark A. “Four Puzzles About Life. *Artificial Life* 4 (1998): 125-140”. Reimpreso en: *The Nature of Life. Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*. Eds. Bedau, Mark A. y Cleland, Carol E. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 392-404.
- Beebe, Helen., y Sabbarton-Leary, Nigel. “Introduction”. *The Semantics and Metaphysics of Natural Kinds*. Eds. Beebe, Helen., y Sabbarton-Leary, Nigel. London: Routledge, 2010. 1-24.

¹⁸ Este trabajo ha sido redactado en ejecución del proyecto de investigación *El origen de la vida. Perspectivas científicas, filosóficas y teológicas*, de la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Una versión preliminar fue presentada en el workshop *El origen y la naturaleza de la vida*, ocurrido del 16 al 18 de marzo del 2022 en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Agradezco las observaciones y sugerencias recibidas en esa ocasión. Agradezco también las observaciones de un par de evaluadores anónimos de la *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*.

- Beisbart, Claus., y Reuter, Kevin. "What is the Folk Concept of Life?" *Australasian Journal of Philosophy* (2021): Online. <<https://doi.org/10.1080/00048402.2021.1995449>>
- Bich, Leonardo., y Green, Sara. "Is Defining Life Pointless? Operational Definitions at the Frontiers of Biology". *Origins of Life and Evolution of Biosphere* 195.1 (2018): 3919-3946. <<https://doi.org/10.1007/s11229-017-1397-9>> Capra, Fritjof y Luisi, Pier Luigi. *The Systems View of Life. A Unifying Vision*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- Carreño Pavez, Juan Eduardo. *Vivere viventibus est esse: El vivir como perfección del ser en la obra de Tomás de Aquino*, Pamplona: Eunsa, 2020.
- Cleland, Carol E. "Understanding the Nature of Life: A Matter of Definition or Theory?" *Life as We Know It*. Ed. J. Seckbach. New York: Springer, 2006. 589-600.
- _____. "Life Without Definitions" *Synthese* 185.1 (2012): 125-144. <<https://doi.org/10.1007/s11229-011-9879-7>>
- _____. *The Quest for a Universal Theory of Life. Searching for Life as We Don't Know It*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019a.
- _____. "Moving Beyond Definitions in the Search for Extraterrestrial Life". *Astrobiology* 19.6 (2019b): 722-729. <<https://doi.org/10.1089/ast.2018.1980>>
- Cleland, Carol E. y Chyba, Christopher F. "Defining Life". *Origins of Life and Evolution of Biosphere* 32.4 (2002): 387-393. <<https://doi.org/10.1023/a:1020503324273>>
- _____. "Does 'Life' Have a Definition? *Planets and Life: The Emerging Science of Astrobiology*. Eds. W. T. Sullivan y J. A. Baross. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 119-131". Reimpreso en: *The Nature of Life. Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*. Eds. Bedau, Mark A. y Cleland, Carol E. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 326-339.
- Damiano, Luisa y Luisi, Pier Luigi. "Towards an Autopoietic Redefinition of Life". *Origins of Life and Evolution of Biosphere* 40.2 (2010): 145-149. <<https://doi.org/10.1007/s11084-010-9193-2>>

- Diéguez, Antonio. "Life as a Homeostatic Property Cluster". *Biological Theory* 7.1 (2013): 180-186. <<https://doi.org/10.1007/s13752-012-0052-4>>
- Fine, Kit. "Essence and Modality". *Philosophical Perspectives* 8.1 (1994): 1-16. <<https://doi.org/10.2307/2214160>>
- Keller, Evelyn Fox. *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors, and Machines*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2002.
- Knuuttila, Tarja., y Loettgens, Andrea. "What Are Definitions of Life Good for? Transdisciplinary and other Definitions in Astrobiology". *Biology and Philosophy* 32.1 (2017): 1185-1203. <<https://doi.org/10.1007/s10539-017-9600-4>>
- Kripke, Saul. *Naming and Necessity*. Oxford: Blackwell, 1980.
- Lewis, David. "How to Define Theoretical Terms". *The Journal of Philosophy* 67 (1970): 427-446". Reimpreso en: *Philosophical Papers* Volume I. New York: Oxford University Press, 1983. 78-95.
- Luisi, Pier Luigi. "About Various Definitions of Life". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28.1 (1998): 613-622. <<https://doi.org/10.1023/A:1006517315105>>
- Machery, Edouard. "Why I Stopped Worrying About the Definition of Life ... and Why You Should as Well". *Synthese* 185.1 (2012): 145-164. <<https://doi.org/10.1007/s11229-011-9880-1>>
- Mariscal, Carlos y Doolittle, W. Ford. "Life and Life Only: A Radical Alternative to Life Definitionism". *Synthese* 197.1 (2020): 2975-2989. <<https://doi.org/10.1007/s11229-018-1852-2>>
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco. *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*, Santiago: Editorial Universitaria. 2º edición, 1994.
- Ruiz-Mirazo, Kepa., Peretó, Juli y Moreno, Álvaro. "A Universal Definition of Life: Autonomy and Open-Ended Evolution". *Origins of Life and Evolution of Biosphere* 34 (2004): 323-346". Reimpreso en: *The Nature of Life. Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 310-325.

- Ruiz-Mirazo, Kepa., Peretó, Juli y Moreno, Álvaro. “Defining Life or Bringing Biology to Life”. *Origins of Life and Evolution of Biosphere* 40.1 (2010): 203-213. <<https://doi.org/10.1007/s11084-010-9201-6>>
- Putnam, Hilary. “The Meaning of ‘Meaning’”. *Language, Mind, and Knowledge*. Ed. K. Gunderson. Minneapolis: University of Minnesota Press”. Reimpreso en: “Mind, Language, and Reality”. *Philosophical Papers Volume 2*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. 215-271.
- Smith, Kelly C. “Life is Hard: Countering Definitional Pessimism Concerning the Definition of Life”. *International Journal of Astrobiology* 15.4 (2016): 277-289. <<https://doi.org/10.1017/S1473550416000021>>
- Salmon, Nathan. *Reference and Essence*. 2nd Edition. Amherst: Prometheus Books, 2005.
- Soames, Scott. *Beyond Rigidity. The Unfinished Semantic Agenda of Naming and Necessity*. New York: Oxford University Press, 2002.
- Szostak, Jack. “Attempts to Define Life Do Not Help to Understand the Origin of Life”. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* 29.4 (2012): 599-600. <<https://doi.org/10.1080/073911012010524998>>
- Torres de Farias, Savio., Prosdomici, Francisco y Caponi, Gustavo. “Organic Codes: A Unifying Concept for Life”. *Acta Biotheoretica* 69.1 (2021): 769-782. <<https://doi.org/10.1007/s10441-021-09422-2>>
- Trifonov, Edward N. “Vocabulary of Definitions of Life Suggests a Definition”. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* 29.2 (2011): 259-266. <<https://doi.org/10.1080/073911011010524992>>