

TESIS DOCTORAL

2021

**DEFINIR VIDA COMO GÉNERO NATURAL:
UN ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE
CONCEPTUALIZACIÓN DE VIDA DESDE LA FILOSOFÍA DE
LA BIOLOGÍA**

JAIME SOLER PARRA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN FILOSOFÍA

CRISTIAN SABORIDO ALEJANDRO, UNED

ALBA AMILBURU MARTÍNEZ, Universidad Pública de Navarra

*La naturaleza es siempre más sutil,
más compleja y más elegante
de lo que somos capaces de imaginar.*

Carl Sagan

Resumen

Desde finales del siglo XX la biología ha experimentado un desarrollo notable, surgiendo con ello nuevas disciplinas tales como la astrobiología, la vida sintética o la vida artificial. Sin embargo, la mejor comprensión de los procesos y mecanismos biológicos no ha supuesto un consenso hacia una pregunta básica de la biología como ¿qué es la vida?

Es cierto que el número de investigadores con propuestas para definir vida ha ido en aumento durante las últimas décadas. Sin embargo, lejos de encontrar un consenso, las propuestas se multiplican sin que parezca posible encontrar una definición lo suficientemente aceptada. Partiendo de esta situación, la presente tesis pretende mostrar cómo el estudio de las estrategias de conceptualización de vida, esto es, los compromisos metafísicos y epistémicos con los que se acercan los científicos al problema de vida, puede ser de utilidad tanto para los filósofos de la biología como para los mismos investigadores.

Para alcanzar este objetivo, esta tesis tiene en consideración dos cuestiones diferentes. En primer lugar se procede a estudiar las principales propuestas que tratan de definir vida, es decir, responder a la pregunta ¿qué es la vida? A esto se le llamará *problema científico de vida*. Conocer el estado actual de conocimientos sobre el tema es el punto de partida.

Sin embargo, el objetivo principal se centrará en el *problema filosófico de vida*, esto es, cuestiones tales como ¿es posible, y útil, definir vida? ¿Qué estrategias de conceptualización siguen los científicos para definir vida? ¿Qué estrategia es la más conveniente? Estas preguntas parten de los contenidos concretos de las diferentes propuestas (problema científico), pero tratan de analizar los compromisos metafísicos y epistémicos que se asumen en ellas. Tales compromisos rara vez son explicitados. Lo cual puede ser un inconveniente para el avance de la propia investigación, en la medida que no pueden ser evaluados, ni revisados.

Por ello, la presente tesis pretende explicitar y analizar estas estrategias de conceptualización. Habitualmente, estas estrategias son de tipo esencialista, algo poco compatible con los contextos propios de las ciencias de la vida. Pero más allá del esencialismo, existen otras maneras de entender vida: como agrupación homeostática de propiedades, como agrupación estable de propiedades, como género natural

promiscuo, o como individuo. Esta pluralidad de estrategias ha sido ampliamente discutida en otros debates, como el de las especies, pero apenas ha tenido presencia en el debate sobre vida, más allá de unas pocas aportaciones, la mayoría de ellas recientes.

De entre todas estas posibilidades, se considera que vida, entendida como género natural promiscuo es, a día de hoy, la propuesta más conveniente. Esto es debido a que la complejidad de vida, y nuestro limitado conocimiento sobre la misma, desaconsejan las propuestas con fuertes compromisos metafísicos. En lugar de ello, se consideran más convenientes aquellas que priman un acercamiento centrado en cuestiones epistémicas. Lo cual coincide, precisamente, con el enfoque de los géneros naturales promiscuos.

Abstract

Biology has undergone a remarkable development since the end of the 20th century. This development has made possible the emergence of new disciplines, such as artificial life, astrobiology or synthetic life. However, the better understanding of biological processes and mechanisms has not supposed a consensus towards a basic aspect of biology, that is: what is life?

It is true that the number of researchers with proposals to define life has increased in recent decades. However, far from finding a consensus, the proposals are multiplied without a sufficiently accepted definition. Starting from this situation, this thesis aims to show how the study of life conceptualization strategies, that is, the metaphysical and epistemic commitments with which scientists consider the problem of life, can be useful both for philosophers of biology and researchers.

To achieve this goal, this thesis tries to consider two different questions. In the first place, we proceed to study the main proposals trying to define life, that is, what is life? This will be called *the scientific life problem*. Knowing the current state of knowledge on the subject is the starting point.

However, the main target will focus on *the philosophical problem of defining life*. That is, questions such as: is it possible, and useful, to define life? What conceptualization strategies do scientists follow to define life? What strategy is more convenient? These questions start from the specific contents of the scientific proposals. But they try to analyze the metaphysical and epistemic commitments that are assumed. Such commitments are rarely explicit. Which can be an inconvenient for the advancement of the investigation itself, as they cannot be evaluated or reviewed.

For this reason, this thesis tries to make explicit these conceptualization strategies. They are frequently essentialist, something not compatible with biological contexts. But beyond essentialism, there are other ways of understanding life as a homeostatic property cluster, as a stable group of properties, as a promiscuous natural kind, or as an individual. This plurality of strategies has been widely discussed in other debates, such as that of species, but it has barely been present in the debate on life, beyond a few recent contributions.

Among all these possibilities, it is considered that life as a promiscuous natural kind is, nowadays, the most convenient proposal. This is because the complexity of life, and our limited knowledge about it, discourage proposals with strong metaphysical commitments. Instead, an epistemic-centered approach is considered more appropriate. Which coincides, precisely, with the approach of promiscuous natural kinds.

Agradecimientos

Escribir una tesis es una tarea exigente, y muchas veces solitaria. Precisamente por ello el apoyo de las personas que se tienen cerca resulta tan importante. Puedo decir que soy afortunado por la cantidad (y la calidad humana) de todas las personas que han estado a mi lado durante este tiempo.

En primer lugar quisiera mostrar mi agradecimiento a mis tutores, Cristian y Alba. Sin vuestro apoyo constante esta tesis no hubiera sido posible. Vuestras aportaciones, comentarios y críticas constructivas han sido de lo más valiosas. Pero, sobre todo, habéis estado a mi lado en todo momento, especialmente cuando las dificultades complicaban avanzar. Por eso quiero destacar vuestro excelente apoyo académico, pero más aún, vuestro apoyo a nivel personal.

Esta tesis se ha realizado con el marco del proyecto MECABIOSOC, con el apoyo de la Unión Europea, el Ministerio de Economía y la Agencia Estatal de Investigación. Agradecer a todos sus componentes su apoyo. También a alumnos y profesores de la UNED que me han acompañado en este camino, como Emilio Cáceres, Giorgio Arioldi o David Teira.

En el desarrollo de las ideas de esta tesis han colaborado muchas personas con las que he podido intercambiar impresiones en diferentes congresos y seminarios. Destacar, de la Universidad de Valencia, a Marc Artiga, y muy especialmente a Saúl Pérez-González. De la Universidad de Bristol, a Margarida Hermida y Vanessa Seifert. A Félix Lozano, de la Universidad Politécnica de Valencia, por guiarme en mis primeros pasos en filosofía. También agradecer los comentarios de Iago Méndez, excelente investigador, y a Mari Carmen García, por su ayuda con las presentaciones y traducciones del inglés.

Gracias a mis padres, y a Fernando. A vuestro lado aprendí, entre otras muchas cosas, algunas que han hecho posible esta tesis: la curiosidad por aquello que se desconoce, la importancia del esfuerzo desinteresado, el creer en uno mismo, el gusto por aprender, el placer de la lectura. Ojalá pueda aportar yo también este legado a mis hijos, Jaime y Pablo. Gracias por vuestras risas, juegos, las horas en la playa o la montaña, por vuestra naturalidad. Esta tesis también va dedicada a vosotros.

Otras personas también pusieron su grano de arena en el camino que ahora culmina, sin saberlo en aquel momento. Como Amparo (nunca olvidaré que me regalaste los primeros fósiles y minerales que tuve cuando era niño), Trinín, don Aníbal o más tarde Pepe y Carles, ejemplos de perseverancia y amor por el trabajo bien hecho.

Manolo y Cati, sin vuestra ayuda en el día a día todo hubiera sido mucho más difícil. También quisiera recordar a Javi y María Luisa, y a Jose y Nuria. Gracias por los momentos compartidos.

Por último, esta tesis hubiera sido imposible sin el apoyo de Yolanda. La paciencia que has tenido todos estos años, y el apoyo constante, es poca cosa comparada con todo lo que tengo que agradecerle. Gracias por estar a mi lado, siempre.

Torrent, 15 de diciembre de 2020

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	19
1.1	Vida como objeto de estudio de la biología.....	19
1.2	Objetivos del presente trabajo. Vida como problema científico y como problema filosófico.....	22
1.3	Estructura del presente trabajo.....	28
1.4	Conclusiones.....	31
	SECCIÓN I: VIDA COMO PROBLEMA CIENTÍFICO.....	32
2.	LA FÍSICA Y LO VIVO. VIDA SEGÚN SCHRÖDINGER.....	33
2.1	Introducción.....	33
2.2	La física y lo vivo. Aportaciones previas a Schrödinger.....	35
2.3	La física y lo vivo en la obra de Schrödinger.....	39
2.4	La paradoja de lo vivo y la termodinámica. Orden basado en orden.....	41
2.5	Recepción y crítica de la obra de Schrödinger.....	45
2.6	Conclusiones.....	48
3.	DEFINICIONES DE VIDA COMO SISTEMA AUTOSOSTENIBLE.....	50
3.1	Introducción.....	50
3.2	Vida como sistema autopoietico.....	52
3.2.1	El concepto de autopoiesis.....	52
3.2.2	Autopoiesis molecular.....	55
3.2.3	La autopoiesis más allá de Maturana y Varela.....	56
3.3	Tibor Gánti. El quimiotón.....	58
3.3.1	Caracterización de los sistemas vivos y los potencialmente vivos.....	59
3.3.2	Propiedades mínimas de sistema vivo. El quimiotón.....	61
3.4	Conclusiones.....	64
4.	DEFINICIONES DE VIDA A PARTIR DEL CONCEPTO DE EVOLUCIÓN.....	66

4.1	Introducción	66
4.2	Marc Bedau. La vida como flexibilidad adaptativa	68
4.2.1	La vida como adaptación flexible	68
4.2.2	La respuesta de la flexibilidad adaptativa a algunos problemas sobre vida	70
4.3	Benner y la definición de vida de la NASA	73
4.3.1	Definiciones de vida y evolución darwiniana	73
4.3.2	Estructura bioquímica y evolución darwiniana	75
4.4	Conclusiones.....	79
5.	DEFINICIONES DE VIDA A PARTIR DE LISTADOS DE PROPIEDADES	81
5.1	Introducción	81
5.2	Khosland, la vida como PICERAS	82
5.3	El concepto de vida en Ernst Mayr	85
5.4	Trifonov y la controversia sobre las definiciones a partir de los listados de propiedades	89
5.5	Conclusiones.....	97
6.	DEFINICIONES HÍBRIDAS	100
6.1	Introducción	100
6.2	La propuesta híbrida de Ruiz-Mirazo, Peretó y Moreno	102
6.3	Weber y Deacon. Vida como complejidad emergente	107
6.4	Conclusiones.....	110
SECCIÓN II. VIDA COMO PROBLEMA FILOSÓFICO.....		112
7.	DIFICULTADES PARA DEFINIR VIDA. POSICIONES CRÍTICAS	113
7.1	Introducción	113
7.2	Dificultades para definir el concepto de vida.....	114
7.3	Autores críticos con la posibilidad de definir vida	118
7.3.1	Evelyn Fox Keller: la vida como concepto convencional	118
7.3.2	Tirard, Morange y Lazcano. La vida como concepto histórico	120
7.3.3	Eduard Machery. O la vida no es definible, o no tiene sentido definirla	124
7.3.4	Críticas al concepto de vida según Cleland.....	126

7.4	Conclusiones: el esencialismo inherente en las críticas al concepto de vida.....	133
8.	POSIBILIDAD Y UTILIDAD DE DEFINIR EL CONCEPTO DE VIDA	137
8.1	Introducción	137
8.2	Es posible definir vida, en un sentido operacional	139
8.3	Respuestas a las objeciones sobre la posibilidad de definir la vida	143
8.4	Utilidad de definir el concepto de vida en la práctica científica	147
8.4.1	El concepto de vida en Luisi y su influencia en la praxis científica.....	147
8.4.2	Los costes epistémicos de no asumir una definición instrumental: el caso Viking	152
8.5	Conclusiones.....	157
9.	ESTRATEGIAS DE CONCEPTUALIZACIÓN DE VIDA	160
9.1	Introducción	160
9.2	Pertinencia de abordar las estrategias de conceptualización de vida	163
9.3	Estrategias de conceptualización del concepto vida.....	166
9.4	Diferentes modos de entender el concepto vida.....	169
9.5	Conclusiones.....	173
SECCIÓN III. VIDA COMO GÉNERO NATURAL.....		175
10.	GÉNEROS NATURALES Y BIOLOGÍA	176
10.1	Introducción. Modos de entender los géneros naturales.....	176
10.2	Teorías unitarias sobre los géneros naturales	179
10.3	Teorías integradoras sobre los géneros naturales	184
10.4	Dificultades de las teorías integradoras.....	189
10.5	Una alternativa a los mecanismos: la estabilidad relevante.....	195
10.6	Teorías promíscuas. Dupré y Brigrant.....	198
10.7	Conclusiones: especificidad de lo biológico respecto a los géneros naturales.....	203
11.	VIDA COMO GÉNERO NATURAL INTEGRADOR	205
11.1	Introducción	205

11.2	La vida como AHP.....	206
11.3	Objeciones a la vida como AHP.....	217
11.4	Variaciones de vida como AHP: vida como AEP.....	222
11.5	Dificultades de vida como AEP.....	228
11.6	Conclusiones: respuestas integradoras al problema de vida.....	230
12.	VIDA COMO GÉNERO NATURAL PROMISCOU.....	233
12.1	Introducción.....	233
12.2	¿Responden los géneros naturales promiscuos a las exigencias de vida?.....	235
12.3	Mecanismos y vida como género natural promiscuo.....	243
12.4	Dificultades de vida como género natural promiscuo. La dicotomía entre el realismo y el antirrealismo.....	246
12.5	Conclusiones.....	250
13.	VIDA COMO INDIVIDUO.....	252
13.1	Introducción. El concepto de individuo.....	252
13.2	Vida como individuo, en un sentido débil.....	256
13.3	Vida como entidad individual, en un sentido fuerte.....	259
13.4	Problemas de considerar vida como una entidad individual.....	262
13.5	Conclusiones.....	265
14.	RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES.....	268
14.1	Recapitulación de las ideas principales.....	268
14.2	Vida como género natural promiscuo: definir a partir de las limitaciones.....	275
	ANEXO. DEFINICIONES DE VIDA.....	281
	BIBLIOGRAFÍA.....	285

LISTADO DE ABREVIATURAS

AEP: agrupación estable de propiedades

AHP: agrupación homeostática de propiedades

ATP: adenosín trifosfato

GC: cromatógrafo de gases (del inglés gass chromatographer)

GeX: experimento de intercambio de gas (del inglés gas exchange experiment)

LR: experimento de detección de emisiones (del inglés labeled release experiment)

LUCA: último antepasado común universal (del inglés last ultimate common ancestor)

MS: espectrómetro de masas (del inglés, mass expectrometer)

p.e.: por ejemplo

PPI: pirofostato inorgánico

PR: experimento de emisión pirolítica (del inglés pyrolitic release experiment)

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Definiciones de vida como sistema autosostenible.Popa (2004)	51
Figura 1: esquema del quimiotón. Fuente:Gánti (2003)	63
Tabla 2: definiciones de vida como sistema evolutivo.Popa (2004),.....	67
Tabla 3. Listado de términos empleados para definir vida. Fuente:Trifonov (2011).....	91
Tabla 4: Definiciones fuertes y operacionales. Fuente: Bich y Green (2018)	140
Tabla 5: Modificación de la tabla de Bich y Green.	142
Tabla 6: Definiciones de vida de Luisi.	149
Tabla 7: Definiciones de vida. Popa (2004).....	165
Tabla 8: Estrategias de conceptualización del concepto de vida.....	171

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Vida como objeto de estudio de la biología

¿Cuál es la definición de vida? Recuerdo una conferencia de la élite científica que buscaba responder esa pregunta. ¿Está viva una enzima? ¿Está vivo un virus? ¿Está viva una célula? Después de muchas horas de lanzar definiciones prometedoras de vida en una frase como si fueran globos, seguidas de pinchazos igualmente concluyentes de estos globos, parecía haberse llegado a una solución: "La capacidad de reproducirse, esa es la esencia característica de la vida", dijo un científico. Todos asintieron con la cabeza, estando de acuerdo en que la esencia de una vida era la capacidad de reproducirse, hasta que se escuchó una pequeña voz. "Entonces un conejo está muerto. Dos conejos, un macho y una hembra, están vivos, pero cualquiera de los dos está muerto". En ese momento, todos nos convencimos de que, aunque todo el mundo sabe qué es la vida, no existe una definición simple de vida¹. (Koshland, 2002, p. 2215)

La pregunta sobre qué es la vida ha desafiado a científicos y filósofos durante siglos, al menos desde Aristóteles². Sin embargo, a pesar del espectacular desarrollo de la biología en las últimas décadas, la cuestión no parece menos escurridiza hoy en día que en tiempos del estagirita. En el párrafo con el que se abre este trabajo se pone de manifiesto esta incómoda realidad. Si bien los biólogos, en el curso de sus

¹ Los textos en inglés del presente trabajo han sido traducidos por el autor, salvo mención expresa de lo contrario.

² Estudiar el concepto de vida en Aristóteles excede los objetivos del presente trabajo. En cualquier caso, las preocupaciones de Aristóteles por lo vivo son bien conocidas, y aparecen de forma explícita en obras como *De Anima*. Estas preocupaciones deben ser entendidas en el contexto general de la filosofía aristotélica. Es decir, lo vivo debe ser visto en relación con las causas material, eficiente, formal y final. En la medida que en vida están presentes las causas finales, Aristóteles aboga por una visión teleológica de la misma. Lo vivo se caracteriza, en este contexto, por la posesión de un cierto tipo de alma (en un sentido aristotélico). El alma se sustancia mediante el desarrollo de determinadas capacidades, entre las que destacan la nutrición, percepción, locomoción y pensamiento. En la medida que la complejidad de los seres vivos sea mayor, poseerá más capacidades. Véase Bedau y Cleland (2010), para más detalles de la biología aristotélica véase Marcos (1996).

investigaciones, no parecen tener dudas acerca de si algo está o no vivo, concretar este conocimiento en una definición precisa no parece tarea fácil.

Resulta obvio decir que el concepto de vida es consustancial a la biología. De hecho, esta ciencia puede definirse, en una primera aproximación, como el estudio de la vida y los seres vivos. Esta definición es la que puede encontrarse en el diccionario de la RAE, esto es, la biología se define como “ciencia que trata de los seres vivos considerando su estructura, funcionamiento, evolución, distribución y relaciones” (Real Academia Española, 2019). En los manuales de biología las definiciones también hacen referencia al estudio de la vida, de los seres vivos, o de ambos³. Etimológicamente el término biología hace referencia a –bio (vida), y –logía (ciencia). No es extraño que la biología se pregunte acerca de su propio objeto de estudio.

El interés por lo vivo se encuentra, por tanto, en el núcleo central de la biología, y es lo que marca su especificidad frente a otras ciencias. Sin embargo, históricamente la relación de los biólogos con el concepto de vida ha sufrido diversos vaivenes. Con frecuencia lo vivo ha sido considerado como algo dado. Tal y como muestran Tirard, Morange y Lazcano (2010) científicos como Darwin, Lamarck⁴ u Oparin carecían de una definición del concepto de vida. A pesar de lo cual, sí tenían una idea, más o menos precisa, de la misma.

Esta situación es, por otro lado, habitual en diferentes ciencias. Los conceptos de salud y enfermedad no están exentos de controversia, lo cual no ha impedido el desarrollo de la medicina. Lo mismo ocurre con términos como conducta, percepción o actividad mental, en psicología. Estos ejemplos muestran que una ciencia puede desarrollarse aunque sus fundamentos teóricos no estén del todo explicitados. Algunos biólogos van incluso más lejos, señalando que la pregunta sobre la vida no es en sí una pregunta pertinente, o relevante, empleando diversas argumentaciones para ello, por ejemplo Machery (2012), o Szostak (2012).

En lo referente a vida, el interés de los biólogos por dicho concepto durante buena parte del siglo XX ha variado notablemente, especialmente en las últimas décadas⁵. El avance

³ Véase, por ejemplo, Campbell y Reece (2007), o Solomon et al. (2011).

⁴ Amilburu, Moreno y Ruiz-Mirazo (2020), discrepan con Tirard et al. (2010) en lo referente a Lamarck, señalando que para este autor los seres vivos son sistemas orgánicos, lo cual puede entenderse como una definición bastante precisa.

⁵ Un ejemplo de cómo ha variado el interés por la cuestión puede verse a través el trabajo de Luisi. En fecha tan próxima como 1998 escribe “en realidad las definiciones de vida son raras (...) y las que hay no

de la biología en múltiples campos, muchos de ellos limítrofes con otras disciplinas, ha llevado a cuestionarse qué es, y si es posible, definir vida. En contraposición a las disciplinas enmarcadas dentro de la biología tradicional, las nuevas disciplinas interesadas en definir lo vivo se mueven en sus fronteras. Por ello definir vida es, en su caso, mucho más acuciante.

Es fácil entender que la cuestión sobre qué define lo vivo no tiene la misma relevancia en botánica o etología que en biología sintética o astrobiología. Por ejemplo, algunas alternativas consideradas por Benner, Alonso y Carrigan (2004) respecto a la vida en otros planetas tienen en consideración escenarios alternativos al de la vida en la Tierra. Además de considerar el debate acerca de la posibilidad de vida basada en silicio en vez de carbono, estos autores desarrollan en profundidad la idea según la cual el amoníaco jugaría un papel similar al agua, en determinadas circunstancias.

Respecto al número de definiciones de vida, diversos autores como Trifonov (2011) o Diéguez (2013) toman como referencia el estudio realizado por Popa (2004), quien recoge cerca de un centenar propuestas diferentes. A pesar de lo cual no recopila todas las existentes hasta ese momento. Por otro lado, debe considerarse que Popa recoge 17 definiciones hasta los años 70 del siglo XX, 18 definiciones entre los setenta y los ochenta, 12 definiciones en los años 90, y 46 entre los años 2000 y 2002. Lo que confirma que el interés por definir vida ha aumentado desde finales del siglo XX, así como a inicios del presente. Algo que se puede corroborar en los intensos debates que hay actualmente sobre este tema.

De hecho nuevas propuestas, así como reelaboraciones de otras anteriores, se han venido sucediendo desde entonces. Por citar algunos de los autores más influyentes y que no han sido recogidos por Popa, destacar a Bedau (1998), Ruiz-Mirazo et al. (2004), Benner (2010), Damiano y Luisi (2010), Trifonov (2011), Diéguez (2008, 2013), Root-Bernstein (2012a, 2012b), Kompanichenko (2012a, 2012b), Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013), Luisi (2015) y Smith (2018). El número de propuestas, por tanto, supera con creces el centenar⁶.

son muy populares” (Luisi, 1998, p. 613). Sin embargo, doce años después afirma que “hay un creciente número de trabajos dedicados a definir vida”, (Damiano y Luisi, 2010, p. 145).

⁶ Véase, en este sentido, el anexo de la presente tesis, donde se recogen las definiciones de estos y otros autores.

Así pues, existe un interés creciente por definir el concepto de vida en nuevas disciplinas como la astrobiología, la biología sintética o la vida artificial (Bedau, 2003; Deplazes-Zemp, 2012; Machery, 2012). Este interés tiene una doble motivación. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que estas disciplinas se mueven en los límites de lo vivo. En segundo lugar, se trata de disciplinas jóvenes, que carecen de un corpus teórico y práctico bien establecido.

Estas son cuestiones que están relacionadas entre sí. No existe un consenso acerca de cómo considerar tales límites, en tanto en cuanto se trata de disciplinas cuyo incipiente desarrollo aún no ha alcanzado un grado suficiente de madurez. Ambas cuestiones son buenos motivos para tratar de encontrar una definición de lo vivo.

Sin embargo, junto con tal interés, la situación actual recoge una multiplicidad cada vez mayor de teorías. Lo cual, sin ser en sí una prueba concluyente en contra de la posibilidad de definir la vida, supone al menos una cuestión a considerar. Aún más preocupante que la multiplicidad de propuestas es el hecho de que no exista un mínimo consenso entre ellas (Machery, 2012). Lejos de ello, las diferentes teorías se encuentran frecuentemente enfrentadas entre sí, incidiendo en aspectos diferentes, en ocasiones incluso incompatibles.

1.2 Objetivos del presente trabajo. Vida como problema científico y como problema filosófico

El punto de partida del presente trabajo es, precisamente, la multiplicidad de propuestas que pretenden definir vida. Como se ha señalado, existe un contraste entre el notable desarrollo de la biología y las dificultades para encontrar una definición consensuada de vida. Al menos en un principio, cabría suponerse que la mejor comprensión sobre el funcionamiento de los aspectos fundamentales de la biología (bioquímica, genética molecular, síntesis evolutiva moderna, ecología, etc.) podría arrojar algo de luz sobre el objeto de la misma. Y si bien es cierto que se ha avanzado bastante en el conocimiento de los límites entre lo vivo y lo no vivo, este conocimiento no se traduce en un mayor

consenso entre los científicos respecto a lo que es la vida. Lo cual ha llevado a muchos autores al escepticismo.

En el presente estudio se considera que son los biólogos, o los investigadores sobre las ciencias de la vida en general, quienes han de definir vida. Para poder llegar a una definición se precisa conocer en profundidad los fundamentos propios de la biología. Incluso si la respuesta es negativa, es decir, si no puede definirse vida, dicha respuesta no puede quedar al margen de los desarrollos de la biología. A esta cuestión se le llamará **problema científico sobre vida**, cuya pregunta central sería **¿qué es la vida?**

Ahora bien, también es cierto que el objeto de estudio de una ciencia puede abordarse filosóficamente. Lo vivo no es solo el objeto de las ciencias biológicas, sino también un prerrequisito. Y como tal se presta al análisis filosófico. El modo de abordar los problemas, el análisis de los conceptos, tal y como lo hace la filosofía, puede ser relevante no sólo para la filosofía de la biología, sino también para la propia práctica científica. A esta cuestión se le llamará **el problema filosófico sobre vida**. En este caso, las preguntas centrales serían **¿qué estrategias de conceptualización siguen los científicos para definir vida? ¿qué criterios explícitos e implícitos se siguen para tomar una u otra, y qué implicaciones metafísicas y epistémicas tienen tales estrategias?** Esta cuestión es, precisamente, el objeto de la presente tesis.

Es importante no olvidar que ambos problemas, el científico y el filosófico, tienen el mismo objeto de estudio. Esto supone que no puede abordarse el problema filosófico sin antes conocer qué teorías existen sobre vida, algo que pertenece al ámbito de la biología. Pero dichos contenidos se sustentan, o toman como dados, determinados marcos conceptuales.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que esta situación no es exclusiva de la biología. El concepto de tiempo y espacio newtoniano es un prerrequisito sobre el que se fundamentan numerosas teorías físicas. Como prerrequisitos, son algo dado. Pero pueden ser prerrequisitos no válidos en otros contextos (en mecánica relativista o cuántica, por ejemplo). El análisis filosófico puede ser pertinente, y relevante, en la medida que ayude a clarificar qué tipo de estrategias de conceptualización se están empleando en la teoría y la práctica científica. De esta manera, se puede facilitar la evaluación de las propias definiciones de vida, y explicitar su repercusión en la praxis investigadora. También puede ayudar a considerar las propias definiciones más allá de

sí mismas, esto es, dentro de los marcos conceptuales generales empleados en las respectivas disciplinas.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el análisis filosófico ya ha sido empleado en relación con otros conceptos biológicos distintos al de vida. Entre ellos cabe destacar el problema de las especies. El concepto de especie ha sido analizado en detalle por múltiples autores, desde muy diferentes perspectivas. Los biólogos, y los filósofos de la biología, se han preguntado sobre el tipo de entidad que son las especies. Esta cuestión no es meramente científica, en tanto en cuanto remite a problemas tales como si las especies se definen a partir de esencia, por relaciones causales, o si son entidades individuales. Las cuestiones relacionadas con las esencias, relaciones causales, o las entidades individuales forman parte, precisamente, de la filosofía de la ciencia.

Partiendo del debate filosófico sobre el concepto de especie algunos, como Devitt (2008), mantienen una posición cercana al esencialismo metafísico⁷. Esta posición, sin embargo, resulta minoritaria entre los filósofos de la biología. Como se verá más adelante, la teoría evolutiva no parece compatible con la rigidez metafísica de las esencias, entendidas en un sentido necesario y suficiente. Respecto al problema de las especies, otros autores debilitan los presupuestos metafísicos del esencialismo intrínseco para adoptar una visión más abierta. Para filósofos como Boyd (1999) o Khalidi (2013) las especies son reales e independientes de los investigadores, pero no vienen definidas por esencias. En su lugar, estos autores consideran la relevancia de los mecanismos homeostáticos y/o causales a la hora de definir el concepto de especie.

El debilitamiento metafísico es llevado al extremo por autores promiscuos como Dupré (1999), Brigandt (2011) o Magnus (2012) quienes, a pesar de declararse realistas, precinden de todo compromiso esencialista o causal para centrarse en cuestiones epistémicas. Por último, una teoría muy popular entre biólogos y filósofos de la biología

⁷ El esencialismo metafísico caracteriza a los géneros naturales a partir de esencias necesarias y suficientes, independientes de los seres humanos. El que un individuo concreto posea dichas esencias garantiza su pertenencia al género, y a la inversa, su carencia excluye la pertenencia al mismo. Esto supone un fuerte compromiso metafísico, en la medida que se excluyen situaciones intermedias o graduales, como la posesión parcial de las esencias. También excluye la posibilidad de considerar diferentes modos de clasificación, en función de intereses y valores diversos. Existe, según estos autores, una única descripción correcta y verdadera del mundo, lo que Putnam (1981) ha venido a llamar el punto de vista del ojo de Dios. Más adelante se considerará este tipo de propuestas con más detalle.

considera que las especies no son géneros naturales, sino individuos (Ghiselin, 1974; Hull, 1976).

Este debate, como puede verse, trasciende los márgenes de la biología como disciplina científica, para adentrarse en los dominios de la filosofía de la ciencia. Pero no puede prescindir del conocimiento científico. De hecho, la teoría de la evolución juega un papel primordial en el debilitamiento metafísico de las teorías que explican qué son las especies biológicas. Es cierto que algunos autores consideran estas discusiones como debates bizantinos sobre cuestiones marginales (Hacking, 2007). Quienes defienden esta postura opinan que, en última instancia, la ciencia avanza tanto si se entienden las especies en un sentido como si se consideran en otro diferente. Sin embargo, el interés por determinar cómo considerar las especies (géneros naturales, individuos o convenciones) trasciende los intereses de la propia filosofía de biología. Entre diferentes ejemplos que podrían darse, es fácil entender que la taxonomía no es ajena al concepto de especie que los biólogos tengan en mente.

En lo que al presente trabajo respecta, se debe tener en cuenta que existen similitudes entre el debate sobre qué son las especies biológicas, y el debate sobre qué es vida. Al menos en nuestro planeta, todos los indicios apuntan a que todas las formas de vida conocidas descienden de un mismo ancestro⁸, es decir, de una misma especie. Además, algunas de las dificultades en el debate de las especies (por ejemplo, los problemas para asumir posturas esencialistas, incompatibles con la evolución) reaparecen en el debate sobre la definición de vida.

Sin embargo, a pesar de las similitudes, existen diferencias entre ambos debates. Por ejemplo, el problema de las especies, tal y como está planteado en la literatura existente, considera las especies pertenecientes a la naturaleza. Sin embargo, una parte relevante sobre los debates de vida se centran en la posibilidad de realizar algún tipo de vida sintética a partir de componentes orgánicos básicos, o incluso considerando una materialidad totalmente diferente. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, en vida artificial.

En cualquier caso, si bien es cierto que el análisis filosófico sobre el concepto de especie ha sido abordado por muchos autores desde puntos de vista muy diferentes, no es este el caso del concepto de vida. Aunque son muchos los biólogos y científicos que se han preguntado ¿qué es la vida?, pocos han dado el salto a las cuestiones filosóficas, esto

⁸ Habitualmente denominado como LUCA, acrónimo del inglés *last universal common ancestor*.

es, ¿qué estrategias de conceptualización siguen los biólogos para definir vida, y conforme a qué criterios? Entre estos últimos se encuentran, además de los filósofos escépticos como Cleland (2012), Keller (2010), Machery (2011), Tirard et al. (2010), autores como Diéguez (2008, 2013), Hermida (2016), Mariscal y Doolittle (2020), Ferreira y Umérez (2018), Soler (2019), y Amilburu y Soler (en prensa).

Tomando como punto de partida la pregunta filosófica sobre vida, pueden plantearse otras cuestiones en términos más concretos. Es decir, el modo en que se conceptualice vida tiene implicaciones en una serie de preguntas de naturaleza filosófica. Estas preguntas serán tratadas a lo largo del presente trabajo:

1. **¿Es posible definir el concepto de vida?**
2. **¿Es útil/conveniente para la investigación científica definir vida?**
3. **¿Qué estrategias de conceptualización se pueden emplear para definir vida?**
4. **¿Qué implicaciones metafísicas y epistémicas tiene abordar el problema sobre vida desde una u otra estrategia? ¿Cuál es la más adecuada?**

El presente trabajo pretende, partiendo de la problemática científica sobre la definición de vida (lo que ha venido a llamarse la pregunta científica sobre vida), analizar las implicaciones teóricas y prácticas que supone adoptar los diferentes modos de considerar vida. Esto es, seguir una u otra estrategia de conceptualización. A esto es a lo que se ha llamado pregunta filosófica de vida, y se concreta en las preguntas señaladas.

Las dos primeras cuestiones filosóficas, esto es, si es posible y útil definir vida, son previas al estudio de las estrategias de conceptualización. Ya se ha señalado el escepticismo existente por parte de muchos biólogos sobre la posibilidad de definir vida, especialmente en un contexto como el actual. Los motivos que llevan a este escepticismo son diversos, pero es la primera cuestión que debe abordarse, si se pretende analizar el problema en profundidad.

Estudiados los motivos que llevan a algunos científicos a negar la posibilidad, y la utilidad, de definir vida, cabe preguntarse por las estrategias seguidas por aquellos que tratan de definirla. Si existen múltiples maneras de definir vida, frecuentemente

incompatibles entre sí, cabe preguntarse por los presupuestos en los que se basan los diferentes autores.

Al igual que en el caso del espacio y el tiempo newtoniano o relativista, partir de unos u otros supuestos tiene consecuencias muy diferentes. Estas implicaciones suponen cambios a nivel epistémico, metafísico o axiológico. En el presente trabajo se pretende mostrar hasta qué punto son importantes tales implicaciones. Por ejemplo, definir vida a partir de una única propiedad, necesaria y suficiente, supone adoptar un punto de vista fuertemente esencialista. Este esencialismo, incluso si no es declarado de forma explícita, tiene implicaciones en el modo de entender el concepto de vida. Implicaciones que difieren si se adopta una visión pluralista, o si se considera vida como un concepto convencional.

Por tanto, emplear una u otra estrategia tiene consecuencias relevantes (Razetto-Barry & Ramos-Giliberto, 2013). Estudiar estas consecuencias es un objetivo fundamental del presente trabajo, no solo a nivel teórico, sino también en la praxis científica. Como ejemplo de ello, puede señalarse que las estrategias de búsqueda de vida extraterrestre diferirán notablemente si se toma como punto de partida una visión fuertemente esencialista, una visión plural, o un enfoque convencionalista. Es por ello por lo que los fundamentos filosóficos del concepto de vida pueden ser relevantes no solo para el debate teórico sobre vida, sino también en la práctica científica.

Así pues, la forma de aproximarse al concepto de vida influye de una u otra manera en múltiples facetas de la biología, y la filosofía de biología. Ya se ha señalado que diferentes visiones suponen presupuestos metafísicos distintos. Adoptar ciertos presupuestos metafísicos tiene implicaciones epistémicas. Y a la inversa, las prácticas científicas concretas implican una determinada visión metafísica. A su vez, los valores compartidos por los científicos que abordan el problema de vida influyen tanto en sus presupuestos filosóficos como en las prácticas científicas. Por último, no puede perderse de vista las implicaciones éticas que tiene adoptar una u otra visión del concepto vida.

Abordar las relaciones entre todas estas cuestiones (metafísicas, epistémicas, axiológicas y éticas) excede los objetivos perseguidos en el presente trabajo. Es por ello por lo que se dejarán de lado las implicaciones éticas al considerar una u otra visión de vida. Por su parte, las cuestiones axiológicas serán consideradas en relación a los distintos modos metafísicos y epistémicos de abordar el problema. De esta manera, se

pretende acotar el campo de trabajo, dejando las implicaciones éticas⁹ de las teorías y prácticas científicas del concepto vida para otros estudios.

1.3 Estructura del presente trabajo

Establecidos los objetivos del presente trabajo, su estructura se dividirá en tres grandes secciones, además de la introducción y conclusiones. En la primera de las secciones principales se parte de vida como problema científico, y se pretende trazar una panorámica del estado de la cuestión. Este punto será necesario para el desarrollo de las siguientes partes del trabajo, a saber, vida como problema filosófico. A esta sección pertenecen los capítulos 2 a 6. Las secciones III y IV tratan el núcleo principal de trabajo, correspondiente al análisis filosófico (capítulos 8 a 13). El último capítulo está destinado a recopilar las ideas fundamentales, así como a extraer conclusiones. De manera algo más detallada, los capítulos se estructuran de la siguiente manera:

- **Introducción.** Se establecen los objetivos de la presente tesis, así como su estructura.
- **Sección I.** Capítulos 2 a 6. Se mostrarán los principales tipos de definiciones, en función de la clasificación ya señalada: definiciones de vida como sistema físico, como sistema autosostenible, como sistema evolutivo, listado de propiedades, y definiciones híbridas. Esta clasificación parte de las líneas trazadas por Tirard et al. (2010), quienes recogen los principales aspectos de la investigación actual, en especial la contraposición evolución/autosostenimiento, y las teorías que inciden en los aspectos físico-químicos y termodinámicos a partir del trabajo de Schrödinger.

A ello se añadirán las definiciones basadas en listas de propiedades. El motivo de ello es doble. En primer lugar, porque algunas de ellas son muy populares entre los investigadores. Incluso cuando no se citan autores concretos, es frecuente que los biólogos empleen un listado más o menos extenso y

⁹ En este sentido, se va a asumir la propuesta de Echeverría (2002), de forma que los valores éticos se consideran como un tipo, entre otros, de los distintos valores relevantes en axiología.

heterogéneo de propiedades para definir qué se entiende por vida. En segundo lugar, porque a pesar de que dicho listado incluye aspectos de los otros tres tipos de definiciones señaladas por Tirard et al. (2010), no hay una conexión causal clara entre los distintos tipos de propiedades. Precisamente esta ausencia de nexo causal es lo que permite considerar los listados de propiedades como un tipo distinto de definiciones.

Un último tipo de definiciones a considerar son aquellas que podemos denominar como híbridas. Se trata de definiciones que pretenden unir los principales aspectos de las definiciones evolutivas, termodinámicas y autosostenibles, pero a diferencia de los listados de propiedades, justificando las relaciones entre unas y otras. Además se tratará, de forma sucinta, cuáles son las dificultades con las que se encuentran los distintos tipos de definiciones.

De acuerdo con lo expuesto, no se pretende mostrar todas las posibles definiciones, apostar por una en concreto, ni establecer una nueva definición. Este tipo de cuestiones se encuentran dentro del terreno de la investigación científica, por lo que responder en este sentido corresponde a una tesis diferente. Sin embargo, para hacer un análisis filosófico de los conceptos científicos es necesario conocer tales conceptos.

- **Sección II.** Problema filosófico de vida. En esta sección se comenzará a tratar el problema de vida desde una perspectiva filosófica. En el capítulo 7 se procederá a describir las principales posturas escépticas respecto a la posibilidad de definir vida. A pesar de que los escépticos no emplean siempre los mismos argumentos, se mostrará que todos ellos asumen que al definir se adopta una postura esencialista. Algo que no corresponde con la realidad de las prácticas científicas.

El capítulo 8 pretende responder a la primera pregunta filosófica que se ha planteado, esto es ¿es posible definir vida? Para ello se mostrará que esta definición es posible, al menos a partir de supuestos operacionales no esencialistas, en consonancia con el trabajo de Bich y Green (2018). Además de posible, se mostrará que tales definiciones son útiles para la práctica investigadora. Por último, se pondrá de manifiesto que no asumir definiciones de forma explícita puede llevar a situaciones indeseables.

El capítulo 9 pretende mostrar que la pregunta sobre las estrategias de conceptualización de vida va más allá de la estrecha dicotomía entre

esencialismo y convencionalismo. En consonancia con los criterios operacionales, se mostrará que existen al menos seis modos distintos de entender el concepto de vida. Así pues, el concepto de vida puede ser entendido como género natural esencialista, como agrupación homeostática de propiedades, como estabilidad relevante, o como género natural promiscuo. Más allá de las propuestas que consideran vida como género natural, están aquellas que consideran vida como individuo, o como convención.

- **Sección III.** Vida como género natural. Partiendo de la similitud con el problema de las especies, el concepto de vida puede ser entendido como género natural (también como entidad individual). Pero, tal y como se ha mostrado en el capítulo anterior, existen diferentes modos de articular los géneros naturales: en un sentido esencialista, integrador o promiscuo. Estas dos últimas propuestas tienen una trayectoria bastante larga en filosofía de la biología, especialmente relacionada con el concepto de especie. El capítulo 10 pretende mostrar, precisamente, las distintas maneras en las que puede entenderse el concepto de género natural, en el contexto de la filosofía de la biología. Se mostrarán las similitudes entre el debate acerca del concepto de vida y otros como el de especie.

Si en el capítulo décimo se exploran los diferentes modos en los que pueden entenderse los géneros naturales, más allá del esencialismo, los capítulos 11 y 12 pretenden desarrollar con detalle estas posibles alternativas: la propuesta de Diéguez (2008, 2013), de Ferreira y Umerez (2018), y la que se pretende defender aquí: vida como género natural promiscuo.

En el capítulo 13 se analiza vida como entidad individual. Esta posibilidad es una alternativa plausible a vida como género natural. Se mostrará que vida puede ser entendida como individuo en un sentido débil (Hermida, 2016), o en un sentido fuerte (Mariscal y Doolittle, 2020). Mientras que la segunda de las opciones es incompatible con la idea de vida como género natural, es posible compatibilizar la propuesta débil con la idea de género natural no esencialista (promiscuo o de otro tipo).

- **Conclusiones.** Por último, el capítulo 14 se dedicará a recapitular las ideas principales, así como las conclusiones que pueden extraerse de ellas.

1.4 Conclusiones

En esta introducción se ha pretendido fijar los objetivos y la estructura del presente trabajo. Para ello, se ha tratado de mostrar que junto al problema científico para definir vida existe la posibilidad de preguntarse por las estrategias de conceptualización seguidas por los científicos para alcanzar tal definición. El estudio de estas estrategias, al igual que en debates similares como el problema de las especies, trasciende el ámbito de la propia biología, para adentrarse en cuestiones relacionadas con filosofía de la biología. Entre estas destacan las implicaciones metafísicas, epistémicas, axiológicas y éticas de unas u otras conceptualizaciones. También la coherencia de tales estrategias con el corpus teórico y práctico de la biología.

No es posible abordar el problema de vida desde todos los ángulos posibles en un único trabajo. Es por ello por lo que las implicaciones éticas serán dejadas de lado, para centrar la atención en las implicaciones metafísicas y epistémicas de los diferentes modos de conceptualizar. Para alcanzar este objetivo, el presente trabajo se estructurará en tres partes. La primera de ellas pretende mostrar una panorámica de las principales teorías sobre vida existentes en la actualidad. La segunda y tercera entrarán de lleno en el objetivo principal de este trabajo, esto es, abordar las distintas estrategias conceptuales seguidas por los científicos al intentar definir el concepto vida.

SECCIÓN I: VIDA COMO PROBLEMA CIENTÍFICO

2. LA FÍSICA Y LO VIVO. VIDA SEGÚN SCHRÖDINGER

2.1 Introducción

El papel de la obra de Schrödinger (1983)¹⁰ en biología es un tanto sorprendente. No es completamente excepcional que un científico especialista en una materia realice aportaciones importantes en otra diferente. Existen algunos casos bien conocidos, como el de Alfred Wegener y la deriva continental. Lo que no es tan habitual es una acogida tan favorable, prácticamente desde el primer momento. Más aún si, a diferencia de Wegener respecto a la geología, el conocimiento de Schrödinger sobre biología es bastante pobre. La imagen que a veces se ha transmitido es que Schrödinger hace gala de un genio excepcional, incluso en un área tan alejada de su formación inicial como el concepto de vida. Según esta imagen su aportación sería el fruto de una mente desprovista de prejuicios, capaz de abordar problemas complejos desde una perspectiva completamente novedosa.

En realidad, esto no es exactamente así, ya que durante parte del siglo XIX y principios del XX otros autores han tratado de explicar la vida a partir de principios físico-químicos. Es el caso de Stephane Leduc y Alfonso L. Herrera, tal y como se verá en breve. Por ello, sería incorrecto considerar la obra de Schrödinger aisladamente, sin conexión con el contexto científico e intelectual de la época. Sin embargo, no cabe duda de la relevancia de *¿Qué es la vida?* En palabras de Rosen (1993) “por supuesto, en la primera o segunda década de su existencia, como dice H.F. Judson, todos leyeron a Schrödinger, y su impacto fue realmente amplio. El mero hecho de que todos leyeran a Schrödinger es en sí inusitado” (p. 286).

Ahora bien, cabe preguntarse por qué este ensayo, de poco más de cien páginas, ha ejercido tanta influencia. Al menos aparentemente, porque el impacto de Schrödinger en la biología del siglo XX es aún objeto de controversia. Téngase en cuenta, además, que algunos de los pilares de la biología actual aún no se habían descubierto. De hecho,

¹⁰ En el presente trabajo se ha empleado la edición castellana de *What is Life, The Physical Aspect of the Living Cell*, traducida por Ricardo Guerrero en 1983, sobre el original de Schrödinger de 1944.

el papel del ADN en la transmisión de la información fue descubierto poco después de su publicación.

En cualquier caso, en el impacto de Schrödinger han contribuido en no poca medida dos características de su obra. En primer lugar destaca la claridad con que las ideas son expuestas. Incluso un profano en la materia puede seguir las líneas generales de la exposición. Pero hay una segunda razón de mayor peso. Y es que Schrödinger establece una argumentación sólida sobre cómo abordar el concepto de vida a partir de los principios fundamentales de la física, confrontándolos con la especificidad de lo vivo, en un momento que la física había realizado algunos progresos espectaculares. Y en cuyo progreso Schrödinger había jugado un papel importante. Schrödinger manifiesta así, de forma rotunda, la posibilidad de un reduccionismo fisicalista que ya estaba latente en el ambiente científico de la época.

Se ha mencionado ya que explicar lo vivo a partir de principios estrictamente físicos no es algo totalmente novedoso, en la medida que otros autores ya habían comenzado a explorar lo biológico a partir de la físico-química. Pero en ningún caso este modo de entender la vida se había explicitado de una forma tan sencilla, y a la vez tan contundente. Es como si Schrödinger aupara al lector por encima de los árboles, permitiéndole ver el bosque. Especialmente al lector no especializado en biología, con lo que la labor divulgativa de la obra está fuera de toda duda.

Desde un principio Schrödinger fija claramente el objetivo que persigue, esto es, explicar “cómo pueden la física y la química dar cuenta de los fenómenos espacio-temporales que tienen lugar dentro de los límites de un organismo vivo” (p. 18), para dar, a continuación, una primera respuesta: “la evidente incapacidad de la física y la química actuales para tratar tales fenómenos no significa en absoluto que ello no sea posible” (p. 18). De esta manera, Schrödinger establece claramente el objetivo perseguido, y adelanta la conclusión final. No es extraño que Schrödinger postule tal confianza en la física (un tanto ingenua, argumentarán sus críticos). Si la nueva física había podido dar respuesta de distintos fenómenos físicos de una manera tan rotunda, ¿por qué no habría de poder responder adecuadamente de otros fenómenos como vida?

2.2 La física y lo vivo. Aportaciones previas a Schrödinger

Tal y como se ha señalado en la introducción de este capítulo, Schrödinger jugó un papel fundamental tanto por establecer un modo de entender el concepto vida, a partir de la físico-química, como por servir de punto de reflexión para la investigación posterior. Sin embargo, tal y como señalan Keller (2002), así como Tirard et al. (2010), Schrödinger no es el primer autor que trata el concepto de vida desde esta perspectiva. Aunque ciertamente sí resultó ser el autor de más éxito.

Entre finales del siglo XIX e inicios del XX, una serie de biólogos tratan de explicar el concepto vida a partir de conceptos químicos y físicos. Entre ellos destacan investigadores como Jerome Alexander, Stephane Leduc, y Alfonso L. Herrera. De hecho, en opinión de Tirard et al. (2010), la existencia de estos autores, anteriores a Schrödinger en unas pocas décadas, muestra que existía un cierto substrato intelectual y científico favorable a la consideración de vida a partir de conceptos físico-químicos.

Diversos hitos aumentan la confianza en las posibilidades explicativas de la física, más allá de la imagen un tanto estática de la física clásica, disciplina bien asentada a finales del siglo XVIII y primera mitad del XIX. Por ejemplo, las ecuaciones de Maxwell describiendo el electromagnetismo se establecen en 1865, y la teoría de la relatividad especial data de 1905, mientras que la de la relatividad general, de 1915. De principios del siglo XX datan también los fundamentos de la mecánica cuántica. A su vez, una parte importante de los biólogos de la segunda mitad del siglo XIX e inicios del XX se encontraban inmersos dentro de una corriente de tendencia mecanicista. El ambiente que se respiraba en biología, medicina y ciencias afines parecía estar dejando atrás viejas concepciones, incompatibles con el desarrollo que estaba dándose de la mano del darwinismo y la bioquímica.

Por ello, el brillo de la obra de Schrödinger no debe oscurecer el hecho de que se trata más de la culminación de una empresa iniciada en las décadas anteriores, que de una obra aislada. Como se ha señalado en la introducción, el hecho de que Schrödinger no fuera biólogo, unido a su prestigio, jugó más a su favor que en su contra. En parte esto es así dada la ausencia de la compleja terminología específica, propia de un profano en biología, junto con una rigurosa exposición de conceptos complejos. Todo ello ayudó a eclipsar a los autores anteriores, al menos de forma indirecta.

Uno de los primeros autores que tratan de explicar la vida a partir de principios físico-químicos es Stephane Leduc (1853-1939). Leduc comenzó estudios de física, aunque realizó el doctorado en medicina. Durante la primera parte de su carrera se dedicó a diversos aspectos médicos (epidemiología, salud pública), así como a parcelas punteras para la época, como la electrofisiología y radioterapia (Clément, 2015). El carácter multidisciplinar tanto de su formación como de sus intereses cristalizó en 1910 en su principal obra, *Théorie Physico-chimique de la Vie et Générations Spontanées*, publicada en inglés al año siguiente.

Para comprender el alcance de su obra, debe tenerse cuenta que Leduc se muestra muy crítico con el carácter poco científico de algunos de los conceptos empleados por los biólogos de la época, así como de la biología precedente. Por ello se muestra contrario a teorías tales como la generación espontánea, las cuales aún formaban parte del debate sobre la generación de vida. En el período que comienza a finales del siglo XVIII, y durante todo el siglo XIX, esta cuestión se articuló a través de los debates sobre la ontogénesis. Frente a las teorías como la generación espontánea, el epigenismo o el vitalismo, Leduc defiende un reduccionismo físico-químico, junto a una concepción mecánica de la vida.

El epigenismo era, desde su formulación en el siglo XVIII, una de las respuestas posibles a la ontogénesis. Esta teoría, ligada en buena medida a los postulados del vitalismo, era aceptada por un número considerable de biólogos. Especialmente por aquellos que se oponían al preformacionismo cartesiano, fuertemente mecanicista. Para estos autores, la presencia de una especie de fuerza vital es lo que permite justificar el salto de lo vivo a lo inerte. Sin embargo, a pesar que la fuerza vital jugó un papel importante en el debate entre epigénesis y preformacionismo, se trata de un concepto bastante confuso, al menos desde un punto de vista científico. A medida que los avances en biología se sucedían, se hacía más palpable que el vitalismo suponía una fuerza de difícil justificación científica. Frente a ello, autores como Leduc pretendían eliminar la apelación a tales conceptos. Fundamentalmente porque son innecesarios, y no responden al quehacer propio de la ciencia. La propia naturaleza, sus propiedades físicas y químicas, son suficientes para dar cuenta del fenómeno de vida.

Según Leduc, es posible separar los diferentes mecanismos físico-químicos de los seres vivos, y estudiarlos de forma independiente. Por ello, frente al descriptivismo analítico propio de la biología precedente, propone una metodología sintética. Dicha metodología

se caracteriza por considerar los distintos mecanismos separada y experimentalmente, de forma similar a otras ciencias (en particular, las ciencias físico-químicas). La experimentación pasa a ser, con ello, una parte fundamental de la biología, permitiendo abordar los problemas desde una perspectiva diferente a la habitual hasta entonces. De ahí la importancia dada por el autor a la investigación sobre la ósmosis, en base a su propia experimentación.

Más allá de los resultados concretos de dichos experimentos, la obra de Leduc destaca por su reduccionismo mecanicista. Lo vivo no sería, en su opinión, otra cosa que una determinada disposición de mecanismos físicos. El vitalismo, en la medida que prescinde de tales mecanismos, no puede ser considerado como ciencia. Sus justificaciones no son explicativas, sino a priori. ¿Por qué, entonces, parece tan difícil explicar la vida, en comparación a otras ciencias? ¿Es necesario apelar, en este caso, a conceptos más filosóficos que científicos, como el de fuerza vital?

Según Leduc, la dificultad se encuentra en que los mecanismos que explican los organismos no se presentan de la misma manera en uno u otro organismo. Por señalar el ejemplo del propio Leduc, la vida de un ser humano difiere de la de un pólipo o una planta. Pero esta diferencia no justifica apelar a conceptos de dudoso estatus científico. Antes al contrario, Leduc propone descomponer los organismos en sus componentes físico-químicos mediante la experimentación activa.

Un aspecto que sorprende es la modernidad de algunas de las concepciones de Leduc. Por ejemplo, respecto a la transición vivo-no vivo, Leduc afirma sin ambages que no se ha podido establecer una frontera precisa porque esa frontera no existe. En lugar de ello, entre lo vivo y lo no vivo existe una transición gradual. Con ello, apunta a una concepción no esencialista de vida, o al menos, no definida por una propiedad unívoca del tipo todo-o-nada. Esta cuestión, como se verá en los próximos capítulos, es uno de los pocos puntos de consenso en la actualidad.

Por su parte, en el ámbito hispanohablante destaca la figura de Alfonso Herrera (1868-1942). Herrera fue uno de los más relevantes biólogos mexicanos de la época, contribuyendo tanto al desarrollo de esta ciencia en su país como en otros (entre ellos, España, con la creación de la Sociedad Española de Plasmogénesis). Fue uno de los principales introductores del darwinismo en México, así como de la superación de una visión descriptiva y taxonómica de la biología, en favor de modelos explicativos científicos (Ledesma, 2002). A pesar de la difícil situación por la que pasaba la

investigación mexicana de la época, Herrera mantuvo una intensa carrera investigadora, así como contacto frecuente con los ambientes científicos de su época.

Su interés por el origen de vida se remonta a 1897, aunque no es hasta 1904 cuando desarrolla de forma detallada la idea de plasmogénesis (Negrón Mendoza, 1994). La plasmogénesis sería, de acuerdo con Herrera, la ciencia encargada del estudio experimental del protoplasma. Consciente de la ruptura que supone dedicar una ciencia específica al protoplasma, Herrera lo justifica considerando que es la actividad protoplasmática lo que define la vida. Herrera pretendía realizar experimentos que se acercaran a la transición entre lo vivo y lo no vivo, de forma parecida a como debió ser al inicio de la vida.

Es interesante destacar la doble vertiente del trabajo de Herrera respecto al concepto de vida: basado en el conocimiento teórico de la físico-química, y en la experimentación. Ambos aspectos están íntimamente relacionados, de manera que no puede entenderse los experimentos biológicos sobre la plasmogénesis sin un marco conceptual teórico basado en la físico-química, y a inversa, son los conceptos físico-químicos los que deben guiar la investigación experimental.

En este sentido, Herrera comenzó a realizar experimentos con una gran variedad de productos químicos, especialmente hidrocarburos y emulsiones formando unas sustancias que denominó sulfobios. Los sulfobios se caracterizan por ser un estadio intermedio entre lo vivo y lo no vivo. Por un lado tienen una estructura interna propia que les acercaba a los seres vivos. Sin embargo, carecen de mecanismos de replicación, con lo que no pueden considerarse como seres vivos. El interés por estas primeras emulsiones derivó hacia el estudio de la profotonsíntesis, al confundir diversos pigmentos originados a partir de formaldeídos y otras sustancias con pigmentos fotosintéticos.

Ahora bien, la posición marginal de México en la ciencia internacional, la dificultad de integrar sus planteamientos en la biología de la época, así como los errores cometidos explican la poca atención prestada a Herrera. A pesar de lo cual, su obra supone un precedente importante en la explicación de vida a partir de conceptos físico-químicos.

Si los fundamentos del fisicalismo reduccionista en biología habían sido desarrollados por autores como Leduc y Herrera, en los años inmediatamente anteriores a la obra de Schrödinger eran asumidos, de forma implícita o explícita, por buena parte de la

comunidad científica. No solo por parte de los biólogos, sino especialmente por otros investigadores que habían desplazado sus intereses hacia la biología por diversos motivos. De ahí la influencia que ejerció sobre Schrödinger un artículo de Timoféeff-Ressovsky, Zimmer y Delbrück (véase Peretó y Moreno, 2013), publicado en 1935, donde se sugieren explicaciones sobre determinadas mutaciones a partir de la mecánica cuántica. Este artículo, sin demasiada trascendencia a nivel académico (más allá de su influencia sobre Schrödinger) sirvió sin embargo de punto de partida para las ideas que aparecen en *Qué es la vida*.

Por tanto, la originalidad de la obra de Schrödinger no es un fruto aislado, sino que está insertada en un determinado contexto científico y cultural. En dicho contexto se encuentra una cierta tradición fisicalista en biología, que se remontaba algunas décadas atrás. Además, aun siendo una cuestión ajena a la propia investigación científica, se debe tener en cuenta que el interés de Schrödinger por la biología abrió un nuevo camino a aquellos físicos que se encontraban incómodos con el cariz militarista que estaban tomando sus investigaciones en campos como la física. Todo ello, además del valor intrínseco de la obra, resultó determinante en su favorable acogida.

2.3 La física y lo vivo en la obra de Schrödinger

La primera cuestión sobre la que conviene llamar la atención es que para Schrödinger el problema sobre vida es un problema científico. Esta cuestión, aparentemente obvia, no lo es tanto si se tiene en cuenta que para un número importante de biólogos de entonces (incluso hoy en día) definir vida no es una cuestión científica. Debe tenerse en cuenta que el siglo XIX había sido escenario de conceptos tales como la generación espontánea y la esencia vital, ya desacreditados por la época que escribe Schrödinger. Definir vida era, en algunos ambientes científicos, especialmente entre los biólogos, un incómodo residuo metafísico que más valía ignorar.

Simultáneamente a este descrédito hacia el concepto de vida, desde décadas atrás iba ganando terreno entre algunos físicos y biólogos una concepción reduccionista y fisicalista de la biología. Por ello, Schrödinger marca desde el inicio de su obra su

objetivo fundamental, a saber, exponer los fundamentos de vida a partir de los principios de la física. En la medida que la física es el paradigma de disciplina científica, vida como concepto científico puede, y debe, ser reducida a sus componentes físicos.

Para alcanzar este objetivo, Schrödinger comienza su exposición señalando la diferencia de escala entre lo vivo y el nivel atómico, reino de la nueva física. Los seres vivos, incluso los de menor tamaño, se encuentran en una escala muchos órdenes de magnitud superior al nivel atómico. Esta cuestión no es meramente accidental, ya que las leyes de la nueva física son de naturaleza estadística, a diferencia de la mecánica clásica. De tales leyes se deduce que no es posible describir con precisión el comportamiento de un átomo individual dentro de un agregado de átomos, lo cual no resta exactitud a las predicciones sobre el comportamiento del agregado entendido como un conjunto.

De hecho, la regularidad es un prerequisite para que los seres vivos puedan desenvolverse en el medio en el que se encuentran. Aunque Schrödinger enfatiza que dicha regularidad es imprescindible para el funcionamiento del cerebro y del sistema sensorial asociado, señala también que es imprescindible para el funcionamiento del resto de órganos¹¹: “las consideraciones que siguen podrían aplicarse también al funcionamiento de otros órganos además del cerebro y del sistema sensorial” (Schrödinger, 1983, p. 24). Así pues, los procesos biológicos precisan de una elevada organización. Y dicha organización sólo es posible si los seres vivos, y el entorno en el que se encuentran, tienen un número suficientemente elevado de partículas.

Esta cuestión queda cuantificada mediante la regla de la \sqrt{n} . La exactitud en la predicción dada por la física estadística viene dada por \sqrt{n} , siendo n el número de moléculas del conjunto estudiado. Es decir, el error estimado en una predicción sería $e(\%) = 100 \frac{1}{\sqrt{n}}$. Es fácil deducir que, para valores de n elevados, la exactitud de la predicción del comportamiento del agregado también será elevada. Dado que cualquier ser vivo está compuesto por un valor muy elevado de n , la regularidad en el comportamiento está asegurada.

¹¹Schrödinger adopta aquí una sorprendente posición antropocéntrica, que no parece estar en consonancia con el tono general de la obra: “claro está que la única cosa realmente importante respecto a nosotros mismos es que sentimos, pensamos y percibimos” (Schrödinger, 1983p. 24). Esta cuestión se retoma en el epílogo, donde Schrödinger realiza algunas reflexiones sobre el yo y el libre albedrío. Como puede verse, a pesar de la sencillez expositiva mencionada, la obra ofrece diferentes lecturas.

A partir del segundo y tercer capítulos, Schrödinger pasa a explicar los mecanismos de la herencia y las mutaciones. Aquí es necesario hacer algunas precisiones. Dado que se está hablando de una obra de los años 40 del siglo XX, muchos de los conceptos empleados han sido superados, o bien explicados a la luz de nuevos descubrimientos. Más allá de tales cuestiones, Schrödinger pone de manifiesto una cuestión que parece contradecir todo lo señalado anteriormente: el pequeño tamaño de los genes, de manera que surgen dudas sobre la regularidad derivada de la regla de \sqrt{n} . En este sentido, Schrödinger señala que para un número tan pequeño como 100 moléculas, si se aplica $e(\%) = 100 \frac{1}{\sqrt{n}}$ quedaría un error:

$$e(\%) = 100 \frac{1}{\sqrt{100}} = 100 \frac{1}{10} = 10\%$$

Es decir, se trata de un error muy significativo, que no se reproduce para números de moléculas a escalar celular o mayor. Lo que impediría el comportamiento ordenado propio de los seres vivos. Para complicar más las cosas, los genes no son moléculas homogéneas. Es decir, Schrödinger interpreta (correctamente, aunque asigne tal papel a las proteínas en vez al ADN) que no todas las moléculas del gen tienen la misma función.

Si el papel de pequeñas porciones de un gen (sólo unas pocas moléculas) es relevante para el desarrollo del conjunto del ser vivo, la afirmación de que los seres están formados por un número elevado de moléculas con objeto de asegurar la regularidad parece ponerse en entredicho. Aparece así la tensión entre los postulados de la física clásica y la biología, los cuales solo pueden ser resueltos desde la óptica de la nueva física.

2.4 La paradoja de lo vivo y la termodinámica. Orden basado en orden

Es por ello por lo que el papel de la física estadística, que parecía quedar relegado a la irrelevancia en virtud de la regla de \sqrt{n} , aparece de nuevo con fuerza. Y de una manera que parece contradecir las leyes de la propia física estadística, en la medida que los

genes, e incluso pequeñas porciones de ellos, tienen un comportamiento ordenado¹², a pesar del relativamente pequeño número de partículas involucradas (es decir, en relación con la regla de \sqrt{n}). Schrödinger expresa esta paradoja de la siguiente manera:

¿Cómo podemos, desde el punto de vista de la física estadística, reconciliar los hechos de que la estructura del gen parece comprender solo un número pequeño de átomos (del orden de 1000, y posiblemente menor) a pesar de lo cual despliega una actividad muy regular y ordenada- con una durabilidad que raya lo milagroso? (p. 77)

Esto nos lleva a preguntar qué es lo que puede alterar la estabilidad de una molécula cualquiera, o en un sentido más restringido, de un gen. La respuesta parece encontrarse en el paralelismo entre la mecánica cuántica y la Termodinámica. La estabilidad puede cuantificarse a través de la temperatura, magnitud que permite medir la agitación térmica de la molécula en cuestión. Dicha estabilidad debe ser entendida en un sentido cuántico, es decir, la molécula puede pasar de unos a otros estados no de forma continua, sino solamente al superar ciertos umbrales de energía. Es por ello que existe un paralelismo entre los estados cuánticos de las partículas subatómicas y el comportamiento de los genes. Cuando tales umbrales se superan, tiene lugar una mutación.

El paralelismo cuántico permite, en opinión de Schrödinger, explicar la estabilidad de los genes frente la inestabilidad conferida por la agitación térmica de las moléculas. Esta condición es necesaria, pero no suficiente, para justificar el comportamiento de los genes. Es decir, permite justificar su estabilidad, pero no explica cómo se transmite la información. Es por ello por lo que a la estabilidad molecular debe añadirse el carácter de “cristal aperiódico” (como se le denomina en la p. 19) o “sólido aperiódico” (p. 96) de los genes. Con ello Schrödinger pretende destacar que, a diferencia que de lo que ocurre con un cristal ordinario, los genes no se forman por la simple repetición tridimensional de estructuras cristalinas sencillas. En su caso, los cristales aperiódicos se forman por agregación de átomos distintos, pudiendo así cada uno de ellos, o cada

¹² El papel de las mutaciones es analizado por Schrödinger en un capítulo específico. Lo relevante aquí es que el número de mutaciones no puede ser elevado, porque de lo contrario se alteraría el orden propio de lo vivo, aunque tampoco tan bajo como para impedir los mecanismos evolutivos.

porción, cumplir funciones distintas. De esta manera, el gen permite codificar la información necesaria para la formación de un ser vivo.

Tal y como se verá en el siguiente apartado, no existe un consenso sobre la influencia del concepto de cristal aperiódico en la biología posterior. Es cierto que Schrödinger no identifica adecuadamente las estructuras materiales de los cristales aperiódicos. A pesar de ello, para autores como Wasenberg (1983) se trata un precedente de cómo se transmite la información genética. Aceptando esta idea, y teniendo en cuenta el rápido éxito de la obra de Schrödinger, es fácil concluir que este concepto influyó de alguna manera en las investigaciones genéticas posteriores. Otros autores como Pauling (véase Serrano, 2011) sin embargo, señalarán que incluso a este nivel la propuesta de Schrödinger es equivocada. La influencia de Schrödinger sería exclusivamente divulgativa, pero no a nivel de investigación científica.

Ahora bien, solo considerando lo dicho hasta el momento no queda suficientemente justificado cómo es posible mantener esta paradójica tendencia al orden. Más concretamente, lo problemático es cómo justificar esta tendencia sin incurrir en contradicciones (aparentes) con la física estadística y la termodinámica. La respuesta viene de la mano de los principios básicos de la termodinámica. Conviene en este punto hacer algunas precisiones.

El concepto de entropía, y el segundo principio de la termodinámica, juegan en este sentido, un papel muy importante. Existen distintas formulaciones del segundo principio de la termodinámica. Para lo que aquí nos interesa, el segundo principio implica que el entre dos estados de equilibrio, la entropía de un sistema cerrado siempre aumentará¹³. Como consecuencia, en todo sistema físico aislado, es decir, sin intercambio con el exterior, con el tiempo aumenta su desorden. También puede decirse que el segundo principio de la termodinámica marca la dirección de los procesos irreversibles.

La aparente paradoja proviene del hecho que, en los seres vivos, existe una disminución de entropía, es decir, una tendencia al orden. Lo cual parece contradecir el hecho de que todo sistema aislado aumenta su entropía. La solución a esta aparente paradoja es

¹³ A pesar de que en ocasiones el concepto de entropía aparece rodeado por un halo de misterio, algo denunciado por el propio Schrödinger, en sí es un concepto bastante claro. La expresión matemática tradicional mediante la cual suele formularse la entropía es la ecuación $dS = \frac{\partial Q}{T}$, donde Q es el calor y T la temperatura absoluta. Esta formulación general puede concretarse para distintas situaciones, como los procesos isoterms, los irreversibles, etc.

que esta situación puede verse alterada en un sistema abierto. Un sistema abierto, como es bien sabido, es aquel en el que existe una transferencia de materia y/o energía con el entorno. Si los seres vivos son entendidos como sistemas abiertos, no es necesario apelar a explicaciones complejas. Puede explicarse simplemente apelando a las leyes fundamentales de la termodinámica, esto es, el orden puede obtenerse en un sistema abierto, a partir del intercambio con el exterior. En palabras del propio Schrödinger:

Por consiguiente, el mecanismo por el cual un organismo se mantiene a sí mismo a un nivel bastante elevado de orden (= un nivel bastante bajo de entropía) consiste realmente en absorber continuamente orden de su medio ambiente. Esta conclusión es menos paradójica de lo que parece a primera vista. Más bien podría ser tildada de trivial. (p. 114)

Los procesos metabólicos de los seres vivos son entendidos a partir del mantenimiento del orden a partir del orden, utilizando la terminología de Schrödinger. Esto puede ser ejemplificado a través de procesos como la alimentación, donde los seres vivos se nutren de moléculas complejas (ordenadas), que son degradadas precisamente para mantener los bajos niveles de entropía. Por ello, si se toma el conjunto formado por el ser vivo y el medio en el que se desenvuelve, la paradoja se desvanece, al cumplirse que $\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{medio}} + \Delta S_{\text{servivo}}$, donde ΔS hace referencia a la variación de entropía. A partir de esta simple ecuación, es posible que $\Delta S_{\text{servivo}}$ disminuya sin contradecir el aumento de ΔS_{total} , puesto que la diferencia quedaría compensada por ΔS_{medio} .

Más allá de lo acertado de las explicaciones de Schrödinger, entre sus aportaciones destacan el tratamiento científico del problema de la vida, algo que como se ha visto no es trivial. Es cierto que en biología, a diferencia de lo que ocurre en física, un pequeño número de átomos organizados es capaz de generar un “orden a partir del orden”, en vez del “orden a partir del desorden” al que los físicos están acostumbrados. La respuesta a este problema se encuentra, en opinión de Schrödinger, dentro de las leyes de la física, y no fuera de ella.

2.5 Recepción y crítica de la obra de Schrödinger

Al inicio de este capítulo se ha señalado la necesidad de contextualizar la obra de Schrödinger. Este contexto ayuda a explicar no sólo las circunstancias en que surgió, sino que también su favorable acogida. Probablemente el testimonio más contundente es el de Wilkins, Watson y Crick, quienes compartieron el Nobel en 1962 (Peretó y Moreno, 2013). Resulta relevante que tanto Wilkins como Watson se formaran originalmente como físicos. La deriva militarista de la investigación física supuso que algunos físicos se acercaran a otros campos menos polémicos (Crick, y sobre todo Wilkins, habían trabajado en investigación militar). Por ello, la lectura del libro de Schrödinger introdujo a algunos de ellos en un nuevo camino, en el que la física aún tenía mucho que decir. Watson y Crick también fueron influenciados por Schrödinger, si bien no en la medida de Wilkins. Según Peretó y Moreno (2013), también Prigogine, físico de formación, señaló la influencia de Schrödinger en la formulación de la termodinámica de los procesos irreversibles.

Ya se ha visto que entre los físicos la acogida fue bastante favorable. Más compleja es, sin embargo, la posición de los químicos, biólogos, e investigadores en ciencias de la vida. Es cierto que algunos de ellos se mostraron abiertamente favorables al mismo. Es el caso del François Jacob (originalmente médico), así como el ya mencionado caso de Watson. Otros, sin embargo, se mostraron bastante indiferentes a su trabajo. Desde un punto de vista biológico, debe recordarse que Schrödinger no aporta datos provenientes de nuevas investigaciones. Es por ello por lo que la acogida entre aquellos dedicados a cuestiones técnicas fue más bien fría (Peretó y Moreno, 2013).

Además, junto a aquellos autores que se muestran abiertamente favorables a la obra de Schrödinger, y los indiferentes, existe un tercer grupo. Se trata de aquellos que se opusieron a su obra por tratar los conceptos biológicos de equivocada. Menos numeroso que el grupo de seguidores o el de los indiferentes, destacan las críticas de químicos como Perutz y Pauling (Peretó y Moreno, 2013), o biólogos como Monod (1999) y Brenner (2006). Puede parecer extraño que dos de los principales autores contrarios a Schrödinger fueran químicos. Téngase en cuenta que, en su declaración de principios, Schrödinger considera que la biología puede reducirse a sus principios no solo físicos, sino también químicos. Sin embargo, la realidad es algo más compleja. Es cierto que muchos de los fenómenos biológicos son reducibles a fenómenos químicos. Pero

también lo es que estos, siguiendo este mismo reduccionismo, pueden considerarse en última instancia como fenómenos físicos.

Por tanto, el reduccionismo, llevado hasta sus últimas consecuencias, supone implícitamente un papel secundario de la química respecto de la física. Esto, por otro lado, puede verse tanto en los ejemplos dados por Schrödinger a lo largo de la obra, como por el trasfondo filosófico sobre el que se sustenta. Precisamente en este sentido se dirigen las críticas de Perutz, para quien Schrödinger da un salto ilegítimo de la física cuántica a la biología. Según este químico, la obra de Schrödinger es poco original, y allí donde lo es, está equivocada. La solución al problema de la vida no se encuentra en la física cuántica a la que apela Schrödinger, sino en la química.

Para los críticos con las conclusiones de *Qué es la vida*, la lectura de Timoféeff-Ressovsky, Zimmer y Delbrück lleva a un Schrodinger sin demasiados conocimientos químicos ni biológicos a conclusiones precipitadas. Las críticas de Pauling siguen, en este sentido, una línea similar a las de Perutz. Ahora bien, debe tenerse en cuenta que, a pesar de las críticas de algunos químicos por la desatención de Schrödinger hacia su disciplina, autores como Serrano (2011) señalan que su influencia fue importante, dada la fuerza con la que introdujo las explicaciones de tipo reduccionista. Solo que en caso de los químicos el reduccionismo no desciende al nivel de la mecánica cuántica, sino al de la química. Los mecanismos explicativos adecuados para dar cuenta del concepto de vida serían, en última instancia, químicos. Y lo que es más importante, las explicaciones no serían reducibles a explicaciones de la mecánica cuántica. No es que tales explicaciones sean incorrectas, es que no dan cuenta del fenómeno de vida.

Por su parte, Monod (1999)¹⁴ se muestra también crítico con Schrödinger. Es cierto que no se atrevió a citarle, de forma abierta, en sus críticas. El motivo de ello sea, probablemente, el prestigio de Schrödinger entre los círculos científicos de la época. Ahora bien, según Rosen (1993), “Monod no se atrevió a atacar a Schrödinger personalmente, pero condenó despreocupadamente del modo más áspero posible a cualquier otro que sugiriera que podría haber una nueva física envuelta en el organismo, o en la vida” (p. 289).

De hecho, a pesar de que tanto defensores como detractores de Schrödinger señalan la repercusión de su obra, el alcance de la misma es discutido. La importancia de la obra

¹⁴ Traducción castellana del original en francés de 1970.

en el campo de la divulgación está fuera de toda duda. Su influencia en la investigación biológica es más discutible. Merece un apartado especial la (supuesta) aportación al código genético. Tal y como señalan Perutz y los críticos, las ideas de Schrödinger en este sentido eran erróneas. No podía ser de otra manera, cuando por un lado se basaban en trabajos bastantes marginales, mientras que la estructura del ADN aún no había sido descubierta. Ahora bien, hasta qué punto la obra influyó en aquellos que descubrieron la estructura y el funcionamiento del código genético es fuente de controversia.

Autores como Wasenberg (1983), señalan que conceptos como el de cristal aperiódico “influyeron decisivamente nada menos que en descifrar el código genético” (p. 8). Sin embargo, críticos como Brenner (2006) señalan que el concepto de cristal aperiódico es en sí erróneo. La estructura material del código genético no es identificada correctamente, algo comprensible dada la situación de la biología del momento. Más grave es, a juicio de Brenner, el que Schrödinger considere que los cromosomas contienen tanto la información genética como los medios de procesado de dicha información. Ante semejante confusión, concluye que es difícil atribuir mérito alguno a Schrödinger, al menos en lo que respecta al código genético.

En cualquier caso, aún a día de hoy la obra de Schrödinger es el punto de partida de la buena parte de la investigación sobre vida. Probablemente el juicio de Moreno y Peretó (2013) sea, en este sentido, más ponderado que los de sus defensores y detractores más acérrimos, cuando señalan que:

Muchos detalles, desde la naturaleza química del gen hasta la explicación cuántica de su estabilidad, son erróneos a la luz de nuestros conocimientos actuales. Pero continúa siendo válido como muestra de la audacia intelectual de alguien que se asoma a una ciencia en plena efervescencia desde una disciplina muy desarrollada con síntomas aparentes de agotamiento. Una muestra de cómo alguien de la talla de Schrödinger se arriesga a opinar so pena de cometer errores, pues avisa desde el prefacio de que se va a ocupar de un tema del que no es experto (p. 9)

2.6 Conclusiones

Ya se ha señalado la repercusión de la obra de Schrödinger. Es cierto que existen precedentes en el enfoque físico-químico al problema de la vida (Leduc, Herrera). También que autores como Delbrück ejercieron una influencia notable en él. Pero el modo sencillo, a la vez que riguroso, con el que presenta un tema tan complejo sirvió para su acercamiento al gran público, y también de inspiración a investigadores de diversos campos.

En la base de estas ideas se encuentra el convencimiento que la física puede dar cuenta del fenómeno de vida. Ni que cuando Schrödinger escribió su ensayo, ni actualmente, sea capaz de hacerlo, supone que tal empresa no sea posible. En un pasaje poco citado Schrödinger señala que la situación es similar a la de un especialista en máquinas de vapor que estudiara un motor eléctrico. Se encontraría con elementos conocidos (materiales como el cobre o el hierro), pero el modo en que se emplean sería distinto al que está habituado. Lo que importa es que, a pesar de la perplejidad con la que el especialista en máquinas de vapor analizaría el motor eléctrico, las leyes a las que se remite son leyes físicas. Lo mismo ocurre en el caso de vida: “no, no creo que tengamos que llamarla ley no-física. Porque el nuevo principio subyacente es genuinamente físico” (p. 124). En definitiva, lo vivo puede reducirse a leyes físicas.

Queda por responder hasta qué punto el legado de Schrödinger sigue presente. Esta cuestión, como se ha visto, no está exenta de controversia. Si bien su influencia fue grande entre los físicos, queda por dilucidar hasta qué punto lo fue entre biólogos y químicos. En el centro de su propuesta se encuentra el hecho de que lo vivo debe ser entendido en términos físico-químicos y termodinámicos.

Realmente, que lo vivo está sujeto a restricciones físico-químicas es algo a lo que pocos pondrían objeciones. Sin embargo, autores como Tirard et al. (2010) o Smith (2018) señalan que la cuestión no es si los seres vivos están restringidos por las leyes físicas, puesto que evidentemente lo están. Lo discutible es si se puede explicar adecuadamente lo vivo apelando solamente principios físico-químicos.

En cualquier caso, Schrödinger puso sobre la mesa un debate que ya estaba latente. Así pues, en la actualidad el tratamiento del problema de vida no puede dejar de lado sus propuestas.

3. DEFINICIONES DE VIDA COMO SISTEMA AUTOSOSTENIBLE

3.1 Introducción

En la actualidad existen, tal y como se señaló en la introducción, un elevado número de propuestas que tratan de definir vida. Este número supera con creces el centenar. Y lo que es más importante, no parece que el desarrollo actual de las investigaciones permita descartar muchas de ellas, con lo que la situación respecto a cómo definir vida es bastante compleja, cuando no confusa. Sin embargo, tratando de arrojar algo de luz sobre esta confusión, algunos autores han clasificado estas propuestas siguiendo diferentes criterios. El seguido aquí, tal y como se señala en la introducción (apartado 1.3), considera que las definiciones de vida pueden clasificarse en: vida como sistema físico, como sistema autosostenible, como sistema evolutivo, como listado de propiedades, y por último definiciones híbridas de vida.

Una de las dos principales líneas de investigación alrededor de la cual se ha articulado el concepto de vida es aquella que considera la vida como sistema autosostenible. Esta clasificación engloba distintas propuestas como vida como máquina autopoietica (Maturana y Varela, 2004, primera edición 1973), sistema autosostenible (Tirard et al., 2010), autorreproducible (Diéguez, 2008), como conjunto metabólico autosostenible (Dupré y O'Malley, 2009), o aquellas propuestas que consideran el metabolismo como el centro del concepto de vida Smith (2018).

Es evidente que existen diferencias importantes, no sólo de matiz, entre los distintos modos de ver el concepto de vida en las clasificaciones anteriores. No es lo mismo hablar de autorregulación que de metabolismo, a pesar de la relación entre ambos conceptos. Tampoco puede decirse que metabolismo y autosostenimiento sean equivalentes, puesto que el primero remite a procesos de naturaleza química, frente al carácter más general del segundo. Por otro lado, conceptos como autosostenible, autorreproducible, o metabolismo, no tienen una definición unívoca. Por ejemplo, existen diferentes modos de entender el metabolismo, lo que puede dar lugar a otros tantos modos de entender el concepto de vida. Algunos de los autores que defienden este tipo de teorías pueden encontrarse en la tabla 1:

Autor	Año	Definición
Maturana y Varela	1973	Si un sistema es autopoietico, ese sistema se define como vivo.
Gánti	1974	El criterio distintivo de los seres vivos es: metabolismo, autorreproducción y proliferación espacial. Los tipos [de seres vivos] más complicados tienen también la habilidad de evolucionar.
Mercer	1981	El único rasgo distintivo, y por tanto la característica definitoria de un organismo vivo es el soporte material transitorio de una organización con la propiedad de la supervivencia.
Dyson ¹⁵	1982	Las primeras criaturas vivas contenían una población de unos pocos miles de monómeros ensamblados en estructuras mutuamente catalíticas (p. 349).
Kauffman	1993	La vida es una propiedad colectiva de autoorganización de los polímeros catalíticos.
Boiteau	2002	La vida aparece como un conjunto de máquinas moleculares vinculadas simbióticamente, operando fuera del equilibrio de forma permanente, en un flujo abierto de energía y materia, aunque reciclando una gran cantidad de sus componentes químicos, a través de ciclos químicos.

Tabla 1: Definiciones de vida como sistema autosostenible. Extracto a partir de Popa (2004), pp. 197-205.

Sin embargo, existe un punto en común en estos modos de definir la vida. Todas estas teorías entienden que el mantenimiento de la especificidad del individuo vivo como tal es lo que permite diferenciarlo de lo no vivo. Esto supone aceptar que el autosostenimiento es una condición necesaria para la vida. En este sentido, Smith (2018) señala la plausibilidad que el metabolismo sea una condición necesaria (aunque para añadir a continuación que difícilmente es condición suficiente). Como se verá en apartados posteriores, la principal dificultad de este tipo de teorías se encuentra en que dejan en un segundo plano los aspectos evolutivos, al primar la autonomía de los individuos.

De esta manera se perfila ya una tensión entre vida entendida como *vida de los seres vivos individuales*, y *vida en las poblaciones*, tal y como señalan diferentes autores (p.e. Kolb, 2016). De hecho, algunos de ellos, como Bedau (2010) señalan la importancia de no confundir ambos planos, decantándose, en su caso, por una definición que considera vida como vida en las poblaciones. No ocurre así en los autores que consideran vida

¹⁵ Esta referencia no aparece en Popa (2004).

como sistema autosostenible, para los que vida está ligada, de diferentes formas, a la permanencia del individuo.

3.2 Vida como sistema autopoietico

3.2.1 El concepto de autopoiesis

El concepto de autopoiesis fue desarrollado por Humberto Maturana y Ernesto Varela en 1973. A pesar de no haber tenido demasiada fortuna entre los biólogos, el concepto de autopoiesis ha motivado intensos debates en ámbitos concretos como el de vida. Estos debates se han visto complicados por dos hechos. El primero de ellos, porque la forma de entender la autopoiesis no es igual para todos los autores, existiendo diferencias de interpretación entre los mismos Maturana y Varela. En segundo lugar, algunos autores han exportado el concepto a otros ámbitos, especialmente en ciencias sociales (p.e. Luhmann, 1997). En cualquier caso, la autopoiesis es un concepto central de muchas de las teorías de la vida como sistema autosostenible. Por ello, si se pretende estudiar el concepto de vida la autopoiesis no puede ser dejada de lado, independientemente de su posición al respecto.

En primer lugar conviene empezar por preguntarse qué es un sistema autopoietico. En palabras de Maturana y Varela (2004):

Una máquina autopoietica es una máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados de tal manera que producen componentes que: i) Generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones, y ii) Constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico. (p. 69)

Uno de los primeros aspectos que destaca en la definición es la ausencia de referencias a componentes biológicos y/o bioquímicos. En su lugar, la definición se formula en términos más cercanos a la sistémica de procesos. Maturana y Varela destacan que lo definitorio de los sistemas autopoieticos no son sus componentes, sino la concatenación de relaciones y procesos. Tales relaciones y procesos son entendidas de una forma sistémica, y sólo en su concatenación tiene la autopoiesis sentido. Por ello, en la medida que la concatenación de relaciones deje de existir, el sistema autopoietico también lo hará. Como consecuencia de este modo de entender la autopoiesis, los sistemas autopoieticos se caracterizarán por:

- Ser autónomos.
- Poseer individualidad, independiente del observador.
- Sus límites vienen dados por la propia organización autopoietica.
- Carecer de entradas y salidas, en la medida que los cambios internos inducidos por las condiciones externas siempre irán dirigidos a la conservación de la organización de la máquina.

Es cierto que un sistema autopoietico puede analizarse considerando sus entradas y salidas. También que es posible descomponer y estudiar separadamente sus componentes. Pero en uno y otro caso el campo de estudio no es el sistema en sí, sino un contexto más amplio (si se consideran el medio en el que tienen lugar tales entradas y salidas) o más restringido (si se consideran los componentes separadamente). En ninguno de los dos casos se estudia el sistema autopoietico como tal, puesto que el mismo viene dado por las concatenaciones de relaciones, obviadas tanto en el contexto más amplio como en el más restringido.

La estabilidad de los sistemas puede venir dada de diversas maneras. La más evidente es el mantenimiento estático del sistema. A diferencia de las situaciones estáticas, los sistemas autopoieticos son sistemas constantes que se mantienen gracias a las relaciones entre dinámicas entre sus componentes. El flujo de relaciones debe ser continuo para mantener el sistema en equilibrio.

Considerada la autopoiesis en los términos que se viene haciendo, resulta fácil ver que se trata de una propiedad del tipo todo-o-nada. Un sistema no puede ser parcialmente autopoietico. Esto puede entenderse desde una doble perspectiva. Si el flujo de relaciones concatenadas cesa, el sistema autopoietico deja de existir en tanto en cuanto autopoietico. Desde otra perspectiva, si los sistemas autopoieticos son entendidos como

unidades individuales, no tiene sentido decir que un sistema es parcialmente como una unidad. Esto es, considerar una unidad de forma parcial es, para estos autores, un contrasentido. Esto tiene implicaciones importantes, puesto que establece una línea divisoria clara entre los organismos vivos y los no vivos. No existen entidades intermedias, parcialmente autopoieticas.

Algunos autores destacan las dificultades para entender la definición de autopoiesis¹⁶. En primer lugar por los términos empleados. Ya se ha señalado que ninguno de ellos pertenece específicamente al ámbito de la vida. Además, existe una falta de concreción en algunos términos. Ello supone que la definición tenga que ser explicada en detalle por Maturana y Varela, a pesar de lo cual existen diversas interpretaciones que dan lugar a distintos modos de entender la autopoiesis. Por otro lado, tanto la ausencia de terminología específicamente biológica como la ambigüedad de algunos términos han facilitado que el término haya desbordado el campo estrictamente biológico.

A pesar de las dificultades, existen motivos por los que el concepto de autopoiesis resulta sugerente para definir la vida. Entre estos aspectos pueden destacarse:

- Permite establecer una diferenciación clara entre lo vivo y lo no vivo. Por ejemplo, mientras que un ser vivo se produce a sí mismo, un objeto artificial sólo es producido y/o mantenido por y para entidades externas.
- En la medida que se enfatiza el concepto de unidad organizativa, se pueden superar sin dificultad algunas cuestiones problemáticas para otros tipos de teorías, como los híbridos estériles. Una mula es un ser vivo al igual que lo es un caballo, puesto que ambos casos son sistemas autopoieticos.
- Prescinde de explicaciones en términos teleonómicos. Aunque un ser vivo puede ser descrito en tales términos, esto sólo es posible en relación con su entorno, y no en el ser vivo en sí.
- En la medida que la autopoiesis es una teoría relacional, no implica la presencia de unos productos concretos.
- Frente a las teorías que implican un listado de propiedades, sin una conexión causal clara, es una teoría coherente, ya que especifica una única propiedad característica de lo vivo.

¹⁶ Véase, por ejemplo, Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013).

3.2.2 *Autopoiesis molecular*

Se ha insistido que los sistemas autopoieticos vienen dados por concatenaciones de relaciones, y no por sus componentes. Es decir, no son los componentes los que determinan la autopoiesis. Los componentes de un sistema autopoietico, considerados de forma separada, no tienen por qué formar un sistema autopoietico.

Ahora bien, para la existencia de un sistema autopoietico es necesaria una concreción material. Los componentes deben posibilitar la concatenación de procesos propia de la autopoiesis. Por otra parte, Maturana y Varela destacan que los sistemas autopoieticos deben cumplir con las restricciones termodinámicas y energéticas de cualquier sistema físico. Pero tales restricciones no determinan que un sistema sea autopoietico. Para que lo sea, los componentes moleculares deben asegurar:

- La producción de relaciones constitutivas. Los componentes deben asegurar el espacio topológico del sistema. Tal establecimiento supone también la existencia de unos límites del propio sistema.
- La producción de relaciones de especificidad, es decir, de identidad.
- Producción de relaciones de orden. Son aquellas relaciones que determinan cómo tienen lugar las concatenaciones de procesos.

Como ejemplo paradigmático de sistemas autopoieticos, los seres vivos deben asegurar que los componentes constitutivos produzcan relaciones de los tres tipos. En el caso de la célula, esto tiene lugar de la siguiente manera:

- Las relaciones constitutivas, a través de moléculas como las proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. El espacio en el que se dan las relaciones vienen determinadas por ellas, así como los límites físicos de las células.
- Las relaciones de especificidad se determinan mediante el ADN, el ARN, las proteínas, los enzimas y los substratos. Es importante señalar que sólo dentro del espacio determinado por las relaciones constitutivas pueden darse las relaciones de especificidad.
- Las relaciones de orden, en las células, vienen dadas por los metabolitos, ácidos nucleicos y proteínas que controlan la velocidad a la que se realizan los diferentes procesos.

Nuevamente aparece como clave el concepto de concatenación. Los tres tipos de relaciones establecen relaciones de circularidad. No es casual que un momento importante en el desarrollo de estas ideas tuvo lugar después de que Maturana realizara un gráfico en el que se establecían relaciones entre diferentes procesos de forma circular.

Maturana y Varela, al igual que la mayoría de los investigadores que han considerado el concepto de autopoiesis, compartirían las definiciones y propiedades explicadas hasta este punto. Sin embargo, existen diferencias en el modo de interpretarlas.

3.2.3 *La autopoiesis más allá de Maturana y Varela*

Ya se ha visto que, para Maturana y Varela, la autopoiesis molecular es la propiedad necesaria y suficiente para identificar a los seres vivos. Podría decirse que se trata de una teoría esencialista. Sin embargo, existen algunas dificultades de las teorías de lo vivo como sistema autopoietico que no están resueltas. Estas dificultades son consecuencia de la exclusión de los conceptos evolutivos en la definición. Aunque la reproducción y la evolución pueden ser entendidas dentro del contexto de la teoría, no son determinantes a la hora de caracterizar los seres vivos. Para muchos investigadores, excluir la evolución de una definición de la vida supone pagar un precio demasiado elevado.

Aunque la acogida de la idea de sistema autopoietico ha tenido una repercusión escasa en los biólogos profesionales en las áreas más asentadas de la biología tradicional, el enfoque de Maturana y Varela ha supuesto un importante revulsivo entre los dedicados a la definición y los límites del concepto de vida. Como ya se ha mencionado, la indefinición de algunos aspectos de los sistemas autopoieticos, unido a la ausencia de un vocabulario específicamente biológico ha supuesto la reinterpretación de las ideas de Maturana y Varela por parte de distintos autores (Razeto-Barry, 2013).

Probablemente el autor que toma parte de la idea de sistema autopoietico cuyas investigaciones han sido más influyentes ha sido Luisi. Es interesante observar la evolución en su pensamiento, puesto que si bien inicialmente Luisi (1998) toma en consideración una definición de vida próxima a la Maturana y Varela, a medida que sus investigaciones fueron avanzando incorporó nuevos aspectos, lo que supuso

importantes modificaciones. Así, por ejemplo, en Damiano y Luisi (2010) se incluye de forma explícita la interacción con el entorno en la definición de vida. Esto contradice algunos de los postulados básicos de la autopoiesis, ya que en su formulación original las máquinas autopoieticas se consideran de manera independiente a su entorno, sin entradas ni salidas. Por otro lado, Luisi, Ferri y Stano (2006) también hacen referencia a los sistemas parcialmente vivos. Esta cuestión contradice el principio de individualidad excluyente (todo-o-nada) de los sistemas autopoieticos.

Podría parecer que, introduciendo tales cambios, Luisi abandona el concepto de autopoiesis en sus investigaciones posteriores. En realidad, Damiano y Luisi (2010) continúan reconociendo el valor de la autopoiesis como punto de partida para el estudio de los sistemas vivos. Sin embargo, la definición de vida, tal y como es entendida por Luisi, tiene un carácter instrumental. Esto hace que sirva de marco teórico para el diseño de investigaciones, pero no de forma estática. Es decir, los resultados de tales investigaciones repercuten en la definición original, modificándola si es preciso. En el capítulo 8 se desarrollará con detalle las consecuencias de entender las definiciones en este sentido instrumental, estudiándose con más detalle el ejemplo de Luisi.

Por su parte, Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013) consideran que el propio Luisi hace una lectura demasiado restrictiva del concepto de autopoiesis. A diferencia de ellos, Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto consideran que no es imprescindible que el sistema autopoietico genere todos los componentes necesarios para su auto-sostenimiento. Para estos autores la interpretación según la cual la autopoiesis implica la producción de todos los componentes, catalizadores, o incluso el borde espacial de los seres vivos, es errónea.

En línea con lo dicho en el párrafo anterior, Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013) también parecen modificar el papel de la membrana en la autopoiesis. En su formulación original, parece que la membrana es algo esencial en concepto de autopoiesis. La membrana debe proceder del mismo sistema autopoietico, no del exterior, puesto que si así fuera el sistema dejaría de cumplir con las especificaciones propias de los sistemas autopoieticos. En este sentido, conviene aclarar que los autores no ponen en duda el que en la mayoría de los casos los componentes de la membrana sean producidos por el propio sistema. La cuestión es si esto es en sí una propiedad esencial, algo que parecen poner en tela de juicio algunos casos (origen de vida, organismos multicelulares...).

¿Por qué entonces parece que la membrana tiene un papel tan relevante en los sistemas vivos? Para los autores “la membrana es una manera eficiente de mantener un sistema molecular unido cuando éste se encuentra en un medio de disipación espacial” (Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto, 2013, p. 49). Es decir, lo realmente importante de los sistemas autopoieticos es que se oponen a la disipación de componentes, y la forma más eficiente de hacer esto es, precisamente, mediante una membrana. Dicho de otro modo, la complejidad de los procesos vivos precisa una separación del medio, así como un control de las relaciones con el entorno. La materialización de estas funciones, al menos en la vida tal y como es conocida, es mediante una separación física semipermeable, es decir, una membrana.

Los ejemplos mencionados son sólo un ejemplo de lo fructífero, y también polémico, que es el concepto de autopoiesis. Existen otras muchas interpretaciones de la autopoiesis, y su empleo ha trascendido lo meramente biológico para emplearse en otros contextos (ya se ha mencionado el caso de Luhmann, 1997). Así pues, el debate en torno al concepto de autopoiesis sirve de ejemplo paradigmático de una de las cuestiones que se pretenden mostrar en el presente capítulo, a saber, la diversidad de opiniones y la complejidad en torno al concepto de vida.

3.3 Tibor Gánti. El quimiotón

Entre las aportaciones del investigador húngaro Tibor Gánti a la biología destaca el modelo de quimiotón (chemoton). Su formulación inicial tuvo lugar durante los años 70 del siglo XX. Sin embargo, que sus primeras publicaciones se hicieran en húngaro supuso que sus ideas no se difundieran hasta años más tarde. De hecho, no fue hasta 2003 cuando se tradujo al inglés una de sus principales obras, *The principles of life*. Por otro lado, Gánti (2010) introdujo algunas modificaciones significativas en sus planteamientos iniciales, algo que debe tenerse en cuenta en el estudio de su obra.

Gánti considera que el concepto de vida debe ser abordado a partir de su estudio científico, considerando los criterios de vida comunes a todo lo vivo. Dichos criterios pueden explicarse a partir de leyes científicas, dando lugar a los principios de vida. Para

este autor lo que sea vida en sí es un problema filosófico. Pero la biología puede ofrecernos una respuesta científica sobre lo vivo, en tanto en cuanto que es su objeto de estudio. La respuesta que la biología pueda dar es interesante no sólo para la propia biología como ciencia, sino también en la medida que pueda ayudar a dilucidar múltiples problemas sociales en los que la biología aparezca de una u otra manera.

El planteamiento que Gánti hace sobre vida se basa en la idea de vida como sistema de procesos. Son estos los que determinan que un sistema sea considerado como vivo. Además, debe considerarse que estos procesos pueden funcionar correctamente o no. A estas dos posibilidades (el funcionamiento correcto o incorrecto) se debe añadir una tercera, que es la capacidad de un sistema de actuar, aunque no lo esté haciendo en un preciso instante. Este tercer estado no corresponde exactamente con la vida, pero tampoco con su ausencia. La potencialidad de la vida, aun no siendo la actualización de la misma, permite explicar algunos casos problemáticos como el de las semillas en estado latente, la muerte clínica, o los organismos congelados. Esta tercera posibilidad supone la apertura de las ideas de Gánti hacia los estadios intermedios entre lo vivo y lo no vivo.

3.3.1 Caracterización de los sistemas vivos y los potencialmente vivos

Ya se ha visto cómo entre la vida y la no-vida Gánti (2010) señala que existe la potencialidad de la vida. Por ello, un sistema debe cumplir una serie de criterios para ser considerado como vivo, así como otros para considerarse como potencialmente vivo. Los criterios que un sistema debe cumplir para considerarse como sistema vivo son:

- Debe formar una unidad individual. Partiendo de la idea de sistema, los sistemas vivos son algo más que la suma de sus subsistemas. Esto excluye el que se puedan dividir en subsistemas, o que algunos de éstos sean accesorios. La unidad que forma el ser vivo no deriva de la simple adición de sus partes. Este punto resulta crucial para caracterizar vida como un sistema autosostenible.
- Un sistema vivo tiene un metabolismo, es decir, “entradas pasivas o activas de material y energía en el sistema, el cual las transforma mediante procesos químicos en sus propios constituyentes internos”. (Gánti, 2010, p. 103).

- Un sistema vivo debe ser estable. Dicha estabilidad no supone un estado estacionario o de equilibrio. De hecho, en los seres vivos la estabilidad se alcanza a través de los múltiples procesos que tienen lugar en los mismos. La homeostasis, aunque procede de la estabilidad, no puede identificarse con ella.
- Los sistemas vivos tienen subsistemas de transporte de la información. Los sistemas vivos no se limitan al almacenar información, también pueden realizar operaciones a partir de la misma.
- Los procesos de los sistemas vivos deben estar regulados y controlados. El control a partir de un determinado programa es necesario en la medida que existen procesos unidireccionales e irreversibles para los que la regulación no es suficiente. Un ejemplo de ello sería el crecimiento y el desarrollo de un ser vivo.

Además de los criterios sistemas vivos, Gánti considera sistemas potencialmente vivos. Esos sistemas serían aquellos en los que no todas las funciones de los seres vivos estarían presentes, aunque podrían estarlo si cambiaran las condiciones. Este sería, por ejemplo, el caso de una semilla enterrada, antes de su germinación. Las características de tales sistemas serían:

- Capacidad de crecimiento y multiplicación. A pesar de las apariencias, este no es un criterio para considerar un sistema como vivo, al menos en opinión de Gánti. Por ejemplo, los híbridos estériles no son capaces de reproducirse. Este criterio se introduce como característica potencial en la medida que resulta indispensable para la vida en su conjunto (sin reproducción y crecimiento la vida desaparecería), pero no resulta imprescindible para la vida concreta de cada individuo vivo. Este punto, sin embargo, resulta discutible, en la medida que diferentes autores enfatizan la distinción entre la vida y los individuos vivos (por ejemplo, Bedau, 1998). Distinción que aparece algo confusa en la caracterización de Gánti, y en general en todos los autores que tratan vida como sistema autosostenible.
- Un sistema vivo debe ser capaz de producir un cambio hereditario. Esto supone que los seres vivos son capaces de evolucionar. El cambio hereditario es necesario, pero no suficiente, para evolucionar, puesto que precisa que dichos cambios sean adaptativos. Nuevamente esta capacidad es imprescindible para la vida en su conjunto, no para los individuos concretos.

- Los sistemas vivos deben ser mortales. En los seres unicelulares, donde la división de las células supone que no desaparece la célula madre como tal, el concepto de muerte no tiene el mismo alcance que en otros organismos. Situaciones como la anterior implican que un individuo puede dejar de ser tal, sin necesidad de llegar a la muerte. Por tanto, el concepto de muerte aparece como requisito potencial.

Un aspecto importante a considerar en Gánti es el modo de abordar la materialidad de la vida. Gánti (2010) señala explícitamente que son los procesos, y no la naturaleza material, lo que determina la vida (p. 102). Sin embargo, a la hora de caracterizar las diferencias entre los sistemas vivos y los mecanismos, Gánti insiste en la naturaleza química de los mismos (p. 107). Ambas posturas no resultan incompatibles, en la medida que Gánti enfatiza la importancia de la química en cuanto a los procesos derivados de la misma, y no tanto en cuanto a los componentes químicos concretos en los que se sustancia.

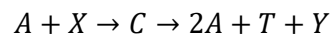
De lo visto hasta el momento podría desprenderse que Gánti estaría mejor encuadrado dentro de los autores que proponen un listado de propiedades para definir la vida (unidad individual, metabolismo, mortalidad, etc). Sin embargo, esta conclusión sería errónea. El motivo de ello es que los listados de propiedades, tal y como han sido definido aquí, se caracterizan por la ausencia, o la debilidad, de las relaciones causales entre sus propiedades. No existe un concepto sobre el que se articulen tales propiedades. No es este el caso de Gánti, quien, como se verá, articula tales propiedades a partir de sus aportaciones más significativas.

3.3.2 *Propiedades mínimas de sistema vivo. El quimiotón*

Ya se ha visto aquellas características que Gánti considera como propias de la vida y la vida potencial. Ahora bien, ¿de qué manera puede sustanciarse una unidad mínima para que sea considerada como un sistema vivo? En Gánti dicha unidad mínima puede ser descrita a través del concepto de quimiotón (chemoton). El quimiotón es un modelo abstracto compuesto de tres subsistemas interconectados cíclicamente (Ganti, 2010):

El primero es el subsistema metabólico, que es una red de reacción de compuestos químicos con un peso molecular mayoritariamente bajo. Este debe ser capaz de producir no solo todos los compuestos necesarios para reproducirse, sino también los compuestos necesarios para reproducir los otros dos subsistemas. El segundo subsistema es una membrana fluida bidimensional, que tiene la capacidad de crecimiento autocatalítico utilizando los compuestos producidos por el primer subsistema. El tercer subsistema es un sistema de reacciones capaz de producir macromoléculas por policondensación utilizando los compuestos sintetizados por el subsistema metabólico. (p. 108)

Estos tres subsistemas están interconectados entre sí de forma cíclica. De hecho, es el concepto de ciclo la base del funcionamiento del quimiotón. En una primera caracterización sencilla que considera tan sólo los dos primeros subsistemas, el quimiotón puede esquematizarse como sigue:



donde C representa el ciclo, A son los componentes del ciclo, (que aumentan en cada vuelta), X son los reactantes, Y los productos y T es la membrana. Gánti estudia con especial detalle las relaciones entre los ciclos metabólicos, y entre éstos y la membrana. Además, a partir de la sencilla ecuación anterior puede verse cómo hay un aumento de los componentes en el proceso cíclico. En una célula, los tres subsistemas se sustentan en el citoplasma, la membrana y el material genético. El tercero de los subsistemas es necesario para el almacenaje de la información propia de los seres vivos. Se debe hacer notar, sin embargo, que este tercer subsistema no aparece en las formulaciones iniciales del quimiotón.

Considerando la caracterización completa de los tres subsistemas:

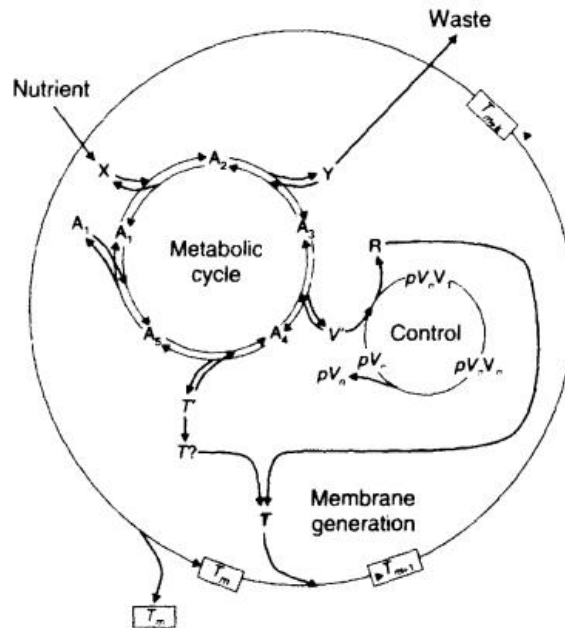


Figura 1: esquema del quimiotón. Fuente:Gánti (2003), p.4

El que este sistema sea una abstracción inmaterial supone que puede materializarse de diferentes maneras. Existen, además, algunas diferencias sustanciales entre los autómatas creados por el hombre y los seres vivos. En los primeros existe una fuerte dependencia geométrica, de manera que la posibilidad de realización de diferentes funciones se ve, con ello, limitada. Así ocurre, por ejemplo, con la reproducción. Además, el que los seres vivos sean vistos como sistemas químicos implica una dependencia de la fase fluida. No ocurre así en los sistemas automáticos creados por el hombre. Esto último puede explicar la dependencia geométrica de los sistemas mecánicos y electrónicos, así como la versatilidad de los seres vivos en tanto que sistemas químicos fluidos.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que en los seres vivos existen limitaciones materiales en la medida que los componentes concretos deben cumplir con las restricciones estequiométricas impuestas por el sistema. De hecho, uno de los problemas iniciales en la propuesta de Gánti es la desestabilización del sistema al variar las condiciones de contorno.

Este modelo puede aplicarse con relativa facilidad tanto a los sistemas vivos más sencillos (las células) como a los procesos que tienen lugar en tales sistemas. A pesar de tener algunas limitaciones, permite un mayor grado de abstracción, haciéndolo

aplicable a diferentes sistemas materiales de lo vivo. Por último, se debe destacar la similitud de este modelo con otros que priman la autonomía y la regulación frente a los que dan mayor importancia a la evolución de los sistemas vivos. Por ello es fácil encontrar puntos en común con teorías como la autopoiesis de Maturana y Varela (2004), o las de Kauffman (2011).

3.4 Conclusiones

Los modelos de vida como sistema autosostenible son especialmente atractivos para el análisis de los seres vivos como entidades individuales. Estos modelos tratan de explicar la complejidad de los seres vivos a partir de conceptos diversos (como la autopoiesis, o el quimiotón). De esta manera, se pretende obtener un modelo más o menos abstracto sobre la complejidad, más allá de las meras estructuras materiales que conforman dicha complejidad.

Los dos ejemplos estudiados, tanto el modelo de la autopoiesis como el quimiotón, se caracterizan por ofrecer explicaciones que no apelan a conceptos biológicos. Este grado de abstracción apunta hacia una generalidad que sería extrapolable a diferentes situaciones. De esta manera, se trata de superar el restringido marco de la vida tal y como la conocemos en la Tierra. Ambos modelos, el de sistema autopoietico, y el del quimiotón, son compatibles con bioquímicas diferentes a la terrestre. Incluso con modelos de lo vivo muy alejados de lo que se entiende habitualmente como tales.

La capacidad de autosostenimiento (entendida como autopoiesis, como quimiotón, o conforme a otros modelos) sería la propiedad esencial que permitiría distinguir a los seres vivos de los no vivos. Es cierto que la autosostenibilidad no es exclusiva de los seres vivos. Pero, como bien señala Schrödinger, el modo en que se autorregulan los seres vivos tiene poco que ver con la autorregulación de los sistemas físicos o químicos.

Sin embargo, a pesar de su atractivo, estos modelos no son aceptados de forma generalizada por la comunidad científica. De hecho, podría decirse que entre los biólogos este tipo de propuestas, sin ser marginales, son bastante minoritarias. El motivo de ello hay que buscarlo en el encaje de la evolución. Estos modelos no son

incompatibles con la síntesis evolutiva moderna. Tanto las máquinas autopoieticas, como el quimiotón, son sistemas compatibles con la evolución. No podría ser de otra manera, puesto que la evolución es un pilar ineludible de la biología. Ninguna teoría sobre lo vivo que pretenda ser tomada en consideración podría obviar esta cuestión.

Pero una cosa es que los modelos de vida como sistemas autosostenible sean compatibles con la evolución, y otra diferente que fundamenten la especificidad de lo vivo ella. Ni en la definición original de Maturana y Varela (2004), ni en la de Gánti (2003), parece que la evolución sea uno de los pilares sobre la que basar la vida.

En definitiva, una cuestión problemática en este tipo de propuestas es que consideran el concepto vida desde la perspectiva del individuo vivo concreto. Se identifica vida con el individuo vivo en el que la vida se sustancia. No se hace, sin embargo, un estudio detallado de las poblaciones. Y es por ello por lo que la evolución pasa a un segundo plano.

La centralidad del individuo en estas propuestas es tal que Maturana y Varela, originalmente, llegaron a desechar el análisis de las entradas y las salidas de los sistemas vivos para su definición. Con lo que una máquina autopoietica no sería un sistema, dada que los sistemas son entendidos en relación con su entorno. Este modo de plantear los sistemas regulados se ve limitado por las interacciones ecológicas no solo a nivel de poblaciones, sino incluso a nivel individual. Por ello, autores como Damiano y Luisi (2010) han propuesto importantes modificaciones. En cualquier caso, la indentificación entre el concepto de vida y los seres vivos concretos se mantiene. Contra esta visión restringida se revelarán algunos autores que defienden la vida como un sistema evolutivo.

Por otro lado, es evidente que las definiciones de vida como sistema autosostenible son fuertemente esencialistas. Por ejemplo, la propuesta según la cual vida debe definirse como a partir de la autopoiesis es una propiedad única y propia de los seres vivos, a partir de la cual pueden ser entendidos. Es cierto que esta propiedad ha sido modificada y/o matizada en sucesivas definiciones. Pero en última instancia es una única propiedad, necesaria y suficiente, la que define lo vivo.

4. DEFINICIONES DE VIDA A PARTIR DEL CONCEPTO DE EVOLUCIÓN

4.1 Introducción

No cabe duda que la síntesis evolutiva moderna es el paradigma fundamental de la biología actual. Por ello, este tipo de propuestas son las que más peso tienen en la investigación científica, junto con las propuestas ya estudiadas de vida como sistema autorregulado. Aunque existen diferencias sobre aspectos internos de la síntesis evolutiva, el consenso sobre las líneas generales de la misma es prácticamente total¹⁷.

Es por ello por lo que parece evidente que cualquier teoría sobre la vida debería recoger, de alguna u otra forma, el paradigma básico de la biología. Algunos ejemplos de este tipo de teorías los encontramos en siguiente tabla:

Autor	Año	Definición
Maynard-Smith	1975	Consideramos viva cualquier población de entidades que tenga las propiedades de multiplicación, herencia y variación.
Oparin	1961	Cualquier sistema capaz de replicación y mutación está vivo.
NASA	1994	La vida es un sistema químico ausostenido con evolución darwiniana.
Bedau ¹⁸	1998	X está vivo si X es un sistema de adaptación flexible, o se explica de la manera correcta mediante un sistema de adaptación flexible.

¹⁷ En este sentido, probablemente la principal voz autorizada dentro del mundo académico crítica con algunos de los postulados básicos de la síntesis evolutiva moderna ha sido la de Margulis (1986). Su teoría considera la simbiogénesis como el mecanismo básico de variación genética. Sin embargo, el papel de los procesos simbióticos como fuente principal de transferencia genética no es aceptado por la comunidad científica. Es cierto que se conocen tales procesos, pero para la síntesis evolutiva moderna la variación genética es debida principalmente a las mutaciones genéticas, incluso si se aceptan algunas excepciones a esta regla como la evolución de procariotas a eucariotas (sobre el cuestionamiento de la síntesis moderna en la obra de Margulis véase Suárez, 2015).

¹⁸ Esta referencia no aparece recogida en Popa (2004).

Dyson ¹⁹	2000	La vida se define como un sistema que puede adquirir, almacenar, procesar y usar información para organizar sus actividades.
Horowitz	2002	Vida es sinónimo de posesión de propiedades genéticas, es decir, las capacidades de autorreplicación y mutación.
Brack	2002	La vida es un sistema químico capaz de transferir su información molecular de forma independiente (autorreproducción) y también capaz de cometer algunos errores accidentales para permitir que el sistema evolucione.

Tabla 2: definiciones de vida como sistema evolutivo. Extracto a partir de Popa (2004), pp. 197-205.

Es precisamente el carácter histórico de vida lo que permite diferenciarla de lo no vivo. Por ello, las propuestas evolutivas, sin negar las restricciones físico-químicas, tratan de resolver la paradoja de lo vivo apelando a su carácter histórico. Este tema, como se verá en capítulos posteriores, resulta básico para la presente tesis, en la medida que alrededor de los conceptos de evolución e historia se articulan las características específicas de los géneros naturales en biología frente otras ciencias como la física o la química.

El problema no es tanto la necesidad de considerar la evolución como algo consustancial con la vida, como la suficiencia de tal propiedad para definirla. En este sentido se manifiestan tanto Tirard et al. (2010), como Ruiz-Mirazo et al. (2004). En cambio, Smith (2018) considera que las condiciones de suficiencia de las teorías evolutivas son mayores que las de otras teorías, “[la evolución] está más cerca de ser un relato suficiente de vida que otros” (p.83). Aún así, existen algunas dificultades que no se solventan con tales teorías, como el problema de los híbridos estériles. Nuevamente, la tensión entre el concepto de vida como individualidad autosostenible y vida como fenómeno evolutivo en las poblaciones reaparece con fuerza.

Quizá una de las definiciones de vida con mayor éxito sea la propuesta en por comité de la NASA (Benner, 2010). Esta definición se caracteriza por remitir a estructuras de

¹⁹ El caso de Dyson es destacable porque, si se recuerda, aparece también en la tabla 1, esto es, en las definiciones de vida como sistema autorregulable. En una primera etapa llega a señalar que “el modelo afirma que las células [entendidas como compartimentación] vinieron antes que los enzimas, los enzimas antes que los genes” (Dyson, 1982, p. 350). Frente a ello, en el año 2000 define vida de una manera completamente distinta, centrándose en aspectos informacionales.

tipo químico, lo cual excluiría otro tipo de vida, así como a la evolución en un sentido estrictamente darwiniano. Lo restrictivo de tales prerequisites ha supuesto que algunos autores hayan introducido algunas variaciones para permitir un abanico más amplio de posibilidades. Es el caso, por ejemplo, de Bedau (1998).

4.2 Marc Bedau. La vida como flexibilidad adaptativa

4.2.1 La vida como adaptación flexible

Las múltiples investigaciones realizadas en torno al concepto de vida ponen de manifiesto la heterogeneidad de propiedades asociadas a la misma. Lo que resulta problemático, sin embargo, no es la heterogeneidad en sí, sino la inexistencia de una teoría válida para que pueda explicar tal variedad de propiedades. En este contexto, Bedau desarrolla su teoría de la vida como adaptación flexible. Con ella pretende explicar coherentemente los distintos aspectos relacionados con el concepto de vida.

Para alcanzar dicho objetivo, Bedau (1998, 2010) desplaza el foco de atención de los organismos vivos a los procesos que los producen²⁰. Los organismos no son sino los productos secundarios de los procesos que generan vida, en la medida que solo entendiendo el proceso se pueden entender los distintos productos derivados del mismo. Por ello, focalizar la atención en los seres vivos no puede dar una explicación coherente y unificada del fenómeno de vida.

Además de formular su teoría, Bedau propone evaluarla a partir de las respuestas que proporciona a los problemas básicos sobre vida. Cualquier teoría sobre la misma debe dar una explicación satisfactoria a tales problemas, sea la teoría de vida como adaptación flexible o cualquier otra. Por ello, es necesario entender bien los problemas a los que se deben enfrentar las distintas teorías para discernir si se responde o no satisfactoriamente a los mismos.

²⁰ Es interesante hacer notar que este punto es compartido por otros autores que no comparten la vida a partir de la evolución, véase para ello el capítulo 3.

La teoría de la adaptación flexible debe ser entendida, según el propio Bedau, en un sentido teleológico. Es la direccionalidad teleológica lo que permite diferenciar los sistemas meramente automáticos de los sistemas vivos. Este posicionamiento aleja a Bedau de las teorías de vida como sistema autónomo y lo acerca a las teorías evolutivas, como él mismo reconoce.

Frente a los sistemas meramente autónomos, los teleológicos tienen objetivos intrínsecos. En los seres vivos estos objetivos son la supervivencia y el desarrollo. Tales objetivos no están presentes en los sistemas no vivos. Así, en contraste con cualquier especie viva, el agua que fluye a lo largo de un cauce no tiene ningún objetivo interno. Por supuesto, el modo en que puede entenderse este carácter teleológico de la vida es motivo de controversia, pero independientemente de cómo se interprete, Bedau considera que está íntimamente ligado al concepto de adaptación.

Para evitar malinterpretaciones, Bedau no sólo explica en lo que consiste su teoría, sino también en qué no consiste. En este sentido, es importante aclarar que la adaptación flexible no es sinónimo de selección natural. De hecho, ni toda adaptación flexible está necesariamente ligada a la selección natural, ni todo proceso de selección natural produce adaptaciones flexibles. Respecto al primer punto, la adaptación flexible es compatible con otros modos de selección, como la lamarckiana. Respecto del segundo, en ocasiones los procesos de selección natural producen estabilizaciones a largo plazo que impiden nuevas adaptaciones. Esto es relevante para Bedau en tanto en cuanto su modo de entender la vida implica la adaptación flexible de un modo actualizado, no meramente potencial.

De forma positiva, la teoría de Bedau (2010) se resume a partir de la definición:

X está vivo si:

1. X es un sistema de adaptación flexible, o
2. X se explica correctamente a través de un sistema de adaptación flexible. (Bedau, p. 394)

De aquí se desprenden dos consecuencias importantes. La primera, a la que ya se ha hecho alusión, es el desplazamiento del foco de atención de los organismos vivos a los procesos que los producen.

En segundo lugar, es significativo que no se especifiquen los procesos de flexibilidad adaptativa. El estado actual de la ciencia no permite hacerlo. Los límites de la flexibilidad adaptativa vendrán dados por los resultados de la investigación futura, sin que el hecho de que tales límites sean unos u otros modifiquen la validez de la teoría. La flexibilidad adaptativa es lo suficientemente abierta como para dar coherencia al conjunto heterogéneo de propiedades de la vida.

4.2.2 La respuesta de la flexibilidad adaptativa a algunos problemas sobre vida

Una vez formulada su teoría, Bedau propone para su evaluación someterla a algunas cuestiones básicas sobre la vida. El nivel de satisfacción de las mismas permitirá su evaluación.

La primera de las preguntas hace referencia a la relación jerárquica entre las diferentes formas de vida. Aun existiendo discrepancia sobre cuales son exactamente los niveles de relación jerárquica, algunos de ellos parecen estar fuera de toda duda. Ocurre así con la relación jerárquica ecosistemas-poblaciones-organismos-sistemas y organismos-órganos-tejidos-células. La respuesta que da la teoría de Bedau (2010) es que la vida existe en estos distintos niveles organizativos. Además, estos niveles se dan de forma simultánea:

La evolución adaptativa implica la interacción entre fenómenos en una variedad de niveles, incluidos al menos genes y organismos y poblaciones individuales, por lo que el proceso implica un sistema con actividad a niveles macro, meso y micro. Así, la teoría de la vida como adaptación flexible explica por qué la vida involucra múltiples niveles de fenómenos vivientes. (p. 397)

En segundo lugar Bedau se pregunta acerca de la continuidad o discontinuidad entre lo vivo y lo no vivo. Intuitivamente esta pregunta parece tener una respuesta sencilla, en la medida que aparentemente hay una radical separación entre ambos niveles. Sin embargo, analizada la cuestión con detalle aparecen algunos casos que parecen

apuntar en una dirección contraria. Es lo que ocurre cuando se estudian casos límite como los virus o los priones, o también el origen de la vida a partir de la sopa prebiótica. Por otro lado, la teoría de la flexibilidad adaptativa señala que existen diversos grados de adaptación. Así pues, si la vida es la flexibilidad adaptativa, y esta es gradual, existe una gradación entre lo vivo y lo no vivo. Esto no niega la existencia de fronteras más o menos delimitadas entre diversos grados de adaptación. Los casos límite son explicados en la medida que se alejan de la flexibilidad adaptativa, por lo que la teoría de Bedau ofrece una explicación de por qué se trata, precisamente, de casos límite.

Por otro lado la flexibilidad adaptativa supone no solo una adaptación potencial sino su actualización efectiva. Siguiendo este criterio, un sistema donde la adaptación sea evidente tendrá un grado de vida superior a uno cuya adaptación sea más limitada. Sin embargo, existe también una diferencia entre aquellos sistemas que tienen la potencialidad adaptativa pero no la ejercen (o lo hacen de forma muy limitada), y aquellos sistemas que carecen de cualquier tipo de adaptación. Este punto parece apuntar nuevamente a que no existe una radical separación entre lo vivo y lo no vivo, aunque es posible que existan ciertas fronteras entre diferentes niveles de adaptación.

La tercera de las cuestiones tratadas se refiere a si la vida debe ser entendida en términos de materia o forma. Esta pregunta emerge a partir de dos cuestiones aparentemente contradictorias: por un lado la dependencia de la vida (al menos tal y como es conocida) de la química del carbono, y por otro la apariencia de proceso que parece tener. Esta cuestión resulta ser especialmente importante en algunas parcelas de conocimiento como en vida artificial, y de ella derivan otras cuestiones como si vida es un proceso computacional o no, si es una propiedad funcional, etc. La respuesta de Bedau (2010) no deja lugar a dudas:

La adaptación flexible es un tipo de proceso, no de materia. Aunque este proceso no puede ocurrir a menos que se realice en algún material, y aunque no se puede realizar en cualquier tipo de material, la gama de materiales que pueden realizarlo parece bastante abierta. Después de todo, incluso los sistemas económicos o intelectuales pueden exhibir una adaptación flexible. De modo que la adaptación flexible se puede realizar de forma múltiple. Lo esencial para la adaptación flexible es la forma o las interacciones entre los componentes, no el material de que están hechos esos componentes. (p. 399)

De esto se deduce que Bedau entiende la vida en un sentido funcional. Sin embargo, la funcionalidad a la que se refiere no supone que vida deba ser entendida en un sentido computacional. Aunque algunos aspectos de vida sean computables a través de algoritmos, la relación entre los distintos niveles a los que la vida hace referencia no es computable. Para describir esta idea Bedau (2010) emplea el término “funcionalismo emergente” (p. 400).

Por último, Bedau se pregunta por la relación entre vida y mente. La correlación entre las formas más complejas de vida y su mayor capacidad mental sugiere la pregunta sobre si existe alguna conexión entre vida y capacidad mental. Partiendo de la teoría de la flexibilidad adaptativa dicha conexión sí existe, puesto que el aumento de la capacidad mental supone una mayor adaptación. Es más, para Bedau la mente no es un modo entre otros de capacidad adaptativa, sino que se encuentra en la raíz de otras adaptaciones secundarias.

La teoría de Bedau resulta sugerente en tanto en cuanto desplaza el foco de atención hacia los procesos desde una perspectiva evolutiva abierta. Es cierto que la importancia dada a los mismos ya había sido señalada por otros autores. Sin embargo, en Bedau la vida es entendida fundamentalmente como proceso, de manera que los seres vivos son productos secundarios de la misma. Separar tan radicalmente proceso y producto, estableciendo una prioridad fundamental hacia el primero, resulta discutible. En primer lugar, porque la afirmación de que lo realmente vivo son los procesos resulta problemática. También porque la relación proceso-producto puede ser entendida holísticamente más que jerárquicamente. Es decir, se podría argumentar, en contra de Bedau, que procesos y productos se dan de forma simultánea, no existiendo una prioridad ontológica de los primeros frente a los segundos.

Por último, es cierto que la teoría de la flexibilidad adaptativa proporciona respuestas más o menos satisfactorias a las preguntas formuladas por Bedau. Sin embargo, no parece que las mismas agoten todas las cuestiones relevantes sobre la vida.

4.3 Benner y la definición de vida de la NASA

Entre las diversas líneas de investigación desarrolladas por el biólogo molecular Steven Benner destaca la búsqueda de vida extraterrestre. Para Benner, al igual que para otros astrobiólogos, la pregunta acerca de qué es vida resulta de gran importancia, especialmente por las implicaciones epistémicas que esta definición puede tener.

Benner se muestra escéptico a las aportaciones filosóficas realizadas por los no científicos. En su lugar, propone una reflexión sobre la vida en base a la relación entre las teorías, las observaciones y las definiciones. Para ello propone:

- Analizar las teorías existentes acerca de la vida en el ámbito de la astrobiología.
- Estudiar las condiciones realmente imprescindibles para la vida. Es decir, se pregunta hasta qué medida ciertos paradigmas aceptados acerca de la vida son realmente imprescindibles para la misma.
- Estudiar en qué medida la evolución darwiniana es un paradigma central en la definición de vida. Esta cuestión lleva aparejada otras dos, a saber, la emergencia de especies supra-darwinianas, como la especie humana, y la existencia de estructuras bioquímicas universales para la evolución darwiniana.

4.3.1 *Definiciones de vida y evolución darwiniana*

Una de las primeras confusiones a las que Benner (2010) pretende hacer frente es de tipo lingüístico. “Estar vivo” y “vida” no son sinónimos (ya se ha visto que otros autores, como Bedau, comparten este punto de vista). Aunque los seres vivos están vivos (evidentemente), no son partes coextensionales de vida. En su opinión, una definición adecuada de lo que sea vida debe superar en esta confusión para ser aceptable.

Aclarada esta cuestión, Benner analiza algunas de las definiciones sobre el concepto vida. En primer lugar aborda a los autores realizan definiciones a partir de listados de propiedades. Entre estos últimos se encuentra Koshland (2002), quien define la vida a partir de siete pilares básicos (programa, improvisación, compartimentación, energía, regeneración, adaptabilidad y separación). La evaluación a partir de tales pilares es lo que permite considerar si un ser debe considerarse como vivo o no. Algunos de los

resultados resultan paradójicos, en la medida que un conejo individual no estaría vivo (no cumple con todos los pilares), mientras que una pareja macho/hembra sí lo estaría. Por otro lado, las propiedades a las que se refiere Koshland (2002) permiten establecer ciertas condiciones necesarias para la vida tal y como es entendida en la Tierra. Ahora bien, ¿son tales propiedades universales? ¿En qué medida resultan útiles desde una perspectiva pragmática para disciplinas como la astrobiología? La teoría de Koshland²¹, al igual que otras basadas en listados de propiedades esenciales, no parece responder adecuadamente a tales preguntas.

Frente a las definiciones a partir de listados de propiedades, otras optan por buscar el/los elementos esenciales de la vida. Entre estas teorías se encuentra la propuesta por la NASA, según la cual vida es un sistema químico autosostenido con evolución darwiniana. Para Benner esta definición aventaja a otras en la medida que es capaz de superar las dificultades propias de las definiciones a partir de listados. Por ejemplo, los cristales de clorato de sodio o el fuego deberían ser considerados como vivos según algunas teorías basadas en listados, pero ninguno de ellos evoluciona en un sentido darwiniano.

Otra de las cuestiones a considerar es el marco teórico en el que una teoría se desarrolla. La definición de la vida de la NASA (al igual que cualquier otra) se encuentra dentro de un marco teórico más general. Ello permite superar ciertas dificultades que pueden aparecer si se descontextualiza la definición. Por ejemplo, en numerosas obras de ciencia ficción aparecen formas de vida que podrían considerarse como “exóticas”, incompatibles con la definición de la NASA. Sin embargo, estas formas de vida no concuerdan con las creencias asociadas con otros aspectos del marco teórico general. Por ello, a la hora de realizar sus investigaciones, tales posibilidades son descartadas por los investigadores.

Por ello, aunque de forma hipotética pueden pensarse forma de vida que no respondan a la evolución darwiniana, éste parece ser un aspecto fundamental. El único caso conocido donde la evolución darwiniana parece superada es en la evolución humana. El diseño de herramientas supone una ventaja adaptativa de tipo no darwiniano. No deja de ser paradójico que sea el ser humano, una especie que desarrolla mecanismos de mejora distintos a la evolución darwiniana, el que ponga dicha evolución como eje

²¹ Para más detalles sobre Koshland véase el apartado 5.2 del presente trabajo.

central de la definición de vida. ¿Cómo superar esta aparente contradicción? Benner (2010) señala tres elementos que permiten afrontar esta cuestión:

- El que el ser humano haya desarrollado innovaciones adaptativas no supone que pierda la capacidad de evolucionar en un sentido darwiniano.
- El ser humano es producto de la evolución darwiniana. Por ello, parece bastante plausible considerar que toda evolución supra-darwiniana debe proceder históricamente de la evolución darwiniana. Esto supone un reto para los filósofos, en la medida que si se considera el concepto de vida como género natural, debe hacerlo de forma necesaria como un concepto histórico.
- Por último, y desde un punto de vista pragmático, no parece que la evolución supra-darwiniana sea un fenómeno demasiado habitual. La vida dominada por la evolución darwiniana tiene una larga historia en Tierra, pero no así la evolución supra-darwiniana. Si la Tierra es un modelo de la vida en este sentido, la vida inteligente no debe ser un fenómeno demasiado común.

Estas consideraciones permiten, en opinión de Benner, superar la aparente contradicción de tomar como central el concepto de evolución darwiniana.

4.3.2 *Estructura bioquímica y evolución darwiniana*

Partiendo de un punto de vista pragmático Benner apuesta por la definición de la NASA como guía para la búsqueda de vida. Esta definición tiene dos corolarios importantes (Benner, 2010):

(a) Todo sistema que se encuentre y produzca comportamientos que se valore como vida será un sistema químico capaz de evolución darwiniana. (b) Cualquier sistema químico que sea capaz de evolución darwiniana es capaz de producir los comportamientos que valoramos de vida. (p. 1224)

Ahora bien, ¿en qué medida tal definición se sustancia en las prácticas científicas concretas? Benner aborda como caso paradigmático los experimentos de la nave Viking

en Marte. ¿Qué llevó a los científicos a considerar el resultado como negativo? Parte de las pruebas resultaron ser positivas, aunque no todas. ¿Conforme a qué teoría de vida se tomó tal decisión?

Para responder a esta pregunta debe considerarse que no existe una definición concreta a la que los científicos se adscribieran. Sin embargo, la toma de decisiones se realizó conforme a ciertos criterios de vida más o menos implícitos. El modo de realizar las pruebas resulta en este sentido muy revelador. En algunas de ellas se tomó como modelo los procesos metabólicos existentes en la Tierra. Por tanto, es evidente que para los científicos que diseñaron estos experimentos el metabolismo tiene un papel relevante en la vida.

Por otro lado, resulta muy significativo el por qué se llegó a la conclusión de que el resultado fue negativo, contando con pruebas en ambos sentidos. La razón de ello es que no se encontraron moléculas orgánicas. ¿Qué conclusión se extrae de ello? Si un experimento está compuesto de dos tipos de pruebas en las que una de ellas aporta evidencia negativa y la otra positiva, y la conclusión es negativa, es evidente que el peso de los aspectos teóricos asociados a la prueba negativa es mayor. En este caso concreto, la definición de vida está pragmáticamente ligada a la presencia de carbono, más que a los procesos metabólicos o la evolución darwiniana. Benner señala la diferencia entre los enunciados más o menos explícitos sobre ciertas creencias y las creencias reales, determinadas por el comportamiento y que no siempre coinciden con las creencias enunciadas. Por ello, es muy probable que si se preguntara a los diseñadores de los experimentos por sus creencias dijeran que la evolución es un elemento esencial en la vida. Sin embargo, su comportamiento real contradice en parte esta creencia.

La interpretación de estos resultados marcó la creencia de que en Marte no había vida, al menos hasta el análisis que McKay et al. (1996) realizaron a un meteorito marciano en la Antártida. En este se encontraron ciertas estructuras que parecían estar ligadas a la vida. Nuevamente, las creencias más o menos explícitas entraron en conflicto con esta suposición. En este caso, el motivo tenía que ver con el tamaño de las mismas. Para algunos científicos eran demasiado pequeñas para contener las estructuras bioquímicas compatibles para la vida, en este caso, las proteínas. Con ello se asume un modelo donde las proteínas, como anteriormente el carbono, resultan centrales para

definir la vida. Este modelo proteino-céntrico resulta discutible, en la medida que hipótesis como la del mundo de ARN ofrece un escenario alternativo.

Los ejemplos tratados anteriormente permiten reflexionar sobre las verdaderas creencias de los científicos acerca de la vida, y lo que quizá sea más importante, sus implicaciones epistemológicas. Esta situación lleva a la pregunta que se encuentra en el centro de la cuestión, a saber, ¿qué estructuras químicas son susceptibles de evolución darwiniana, y qué procedimientos permitirían detectarlas?

Para responder la primera parte de la pregunta no hay que perder de vista que la evolución darwiniana, desde su interpretación a partir de la síntesis moderna, está ligada a la transmisión de la información entre generaciones. En dicha transmisión se pueden dar modificaciones respecto a los ascendientes susceptibles de mejorar las capacidades adaptativas de los descendientes. Partiendo de esta idea y analizando con detalle las características de las moléculas del ADN, Benner y otros investigadores han desarrollado su teoría polielectrolítica de los genes.

Según esta teoría, la estructura del ADN es polielectrolítica, es decir, tiene múltiples cargas. Esta propiedad permite al ADN y al ARN diferir notablemente del resto de moléculas asociadas a la vida. Habitualmente en las moléculas de la vida existe una gran correlación entre la estructura material y las propiedades asociadas. Sin embargo, según Benner (2010) el ADN tiene un comportamiento distinto:

La misma conexión sensible entre estructura y comportamiento se observa en las proteínas (...). En este sentido, el ADN (y, en menor medida, el ARN) es inusual. El cambio de la secuencia de una molécula de ADN generalmente no cambia las propiedades físicas generales de la molécula o su reactividad general. Esta característica del ADN permite que el ADN respalde la evolución darwiniana. (p. 1027)

Si la teoría de Benner es correcta, las moléculas que están asociadas a la vida deben poseer esta capacidad polielectrolítica. Con ello se están asumiendo dos supuestos. El primero es la definición de la vida dada por la NASA, es decir, asociando el término "vida" a la evolución darwiniana. En segundo lugar, se asume que las estructuras moleculares capaces de sustentar una evolución darwiniana deben ser polielectrolíticas.

La conclusión práctica de estas dos asunciones es que los experimentos asociados a la búsqueda de la vida deberían ir encaminados a buscar moléculas polielectrolíticas. No es necesario ver cómo una estructura determinada evoluciona. Esto inequívocamente daría pruebas de evolución darwiniana, pero resulta poco viable desde un punto de vista pragmático. Sin embargo, resultaría mucho más factible detectar la presencia de las moléculas que permiten tal evolución, esto es, moléculas polielectrolíticas.

Si se acepta la propuesta de Benner es posible explorar escenarios alternativos a la vida tal y como es entendida en la Tierra. Una primera posibilidad es buscar alternativas al carbono para formar estructuras bioquímicas. Otra es emplear como solvente un líquido diferente al agua (Benner et al, 2004):

El amoníaco líquido es un posible solvente para la vida, una alternativa al agua. De hecho, el agua y el amoníaco son análogos (...). El amoníaco no es el único solvente polar que podría servir como alternativa al agua. Por ejemplo, el ácido sulfúrico es un disolvente razonablemente bueno que favorece la reactividad química. (...) La formamida es un tercer solvente de interés biológico. (p. 171-172)

Benner propone asumir la evolución darwiniana como elemento central de vida. Tal asunción permite superar algunas dificultades pero debe enfrentarse a contradicciones como el hecho de que el ser humano evolucione en un sentido diferente al de la evolución darwiniana. Asumidas tales dificultades, Benner desciende al análisis de las propiedades asociadas a la transmisión de la información con mutaciones, y desarrolla así su teoría polielectrolítica de los genes. Asumir la misma tiene implicaciones prácticas importantes, en la medida que puede guiar los experimentos en búsqueda de vida.

Sin embargo, cabe preguntarse si será posible encontrar vida que responda a un modelo diferente al propuesto por Benner, si los experimentos van encaminados precisamente a encontrar vida conforme a un criterio determinado²². La posible salida a este dilema puede venir no de la astrobiología sino de otra disciplina, la vida sintética. Si las entidades sintetizadas no responden a las características asociadas a la vida, quizá sea preciso redefinir algún punto más o menos esencial de los asumidos hasta el momento

²² Una crítica interesante a la búsqueda de vida en este sentido puede verse en Luisi (1998), p. 618.

(la teoría polielectrolítica o incluso la evolución darwiniana). En cualquier caso, Benner et al. (2004) proponen explorar otras posibilidades a la vida tal y como se entiende en la Tierra. Por ejemplo, sería interesante buscar alternativas como las ya mencionadas, en las que el agua no es el solvente para la vida, en planetas y satélites a bajas temperaturas, como ocurre en el caso de Titán, o incluso explorar alternativas para la búsqueda de la vida en planetas gaseosos.

Probablemente la principal aportación de Benner sea el modo en que pone al descubierto las relaciones entre las teorías y las implicaciones epistémicas que tales teorías tienen. Para ello es necesario considerar las prácticas científicas concretas, más allá de los enunciados que los investigadores puedan preferir sobre una cuestión.

4.4 Conclusiones

Este capítulo ha comenzado reconociendo la centralidad de la evolución en las ciencias de la vida. Incluso cuando se ponen en cuestión algunos aspectos centrales de la síntesis evolutiva moderna, lo que se hace es modificar los mecanismos que explican la evolución. Es el caso, por ejemplo, de la teoría de la simbiogénesis de Margulis (1986), enfrentada a la síntesis evolutiva moderna.

En cierta medida, la capacidad de evolucionar es, para muchos biólogos, la propiedad esencial que permite distinguir lo vivo de lo no vivo. Es cierto que existen estructuras físicas de diverso tipo con una evolución compleja (desde los tornados a las geodas). Pero, en cualquier caso, no parece que el modo en que evolucionan los tornados o entidades físicas similares sea comparable al modo en que lo hacen los seres vivos.

Por supuesto, cómo entender la evolución en un contexto amplio del concepto de vida es una cuestión abierta. Ya se ha visto que Bedau (2010) no excluye modos de evolucionar distintos de la evolución darwiniana. Por su parte, Benner (2010) señala que frente a la fuerte correlación entre materia y forma de muchos componentes biológicos, el ADN tiene un comportamiento diferente. Por tanto, es en principio posible encontrar estructuras alternativas (polielectrolíticas) para la transmisión de información.

Como se ha visto en la introducción, la cuestión no es si la evolución forma parte de lo vivo. La respuesta solo puede ser positiva, incluso aceptando reservas hacia ciertos aspectos de la síntesis evolutiva moderna. O incluso si se considera, como Bedau hace, mecanismos evolutivos distintos a los conocidos en la Tierra. La verdadera pregunta es si la evolución permite, por sí sola, explicar el concepto de vida. Y es en este punto donde surgen dudas razonables.

Ya se ha mencionado la tensión entre la vida como concepto, y las entidades reales sobre las que dicho concepto se sustancia. Frente a quienes confunden el concepto con las entidades que lo instancian, los defensores de vida como concepto evolutivo inciden en las diferencias. Bedau, por ejemplo, señala que la vida es un proceso, no una entidad material concreta. Pero llevar demasiado lejos esta cuestión resulta contraintuitivo. Las entidades vivas concretas parecen ser aquello sobre lo que se sustancia el concepto vida. Si se desconectan ambas cuestiones, parece que se está dejando un aspecto importante de lo vivo. Al igual que ocurría con el enfoque de vida como sistema autosostenible, limitar el concepto a una de sus dimensiones (la individual, o la poblacional) parece dejar de lado una parte importante de la cuestión.

Por último, es interesante señalar lo que tienen en común las propuestas de vida como sistema autosostenible y como sistema evolutivo. El contenido es evidentemente distinto. En ocasiones ambas perspectivas parecen incluso incompatibles. Pero en ambos casos se define vida a partir de una propiedad fundamental. Es cierto que los modos de entender la evolución pueden ser diversos, al igual que los modos de entender la autosostenibilidad. Pero, en última instancia, es una única propiedad necesaria y suficiente la que justifica el concepto vida.

5. DEFINICIONES DE VIDA A PARTIR DE LISTADOS DE PROPIEDADES

5.1 Introducción

Ya se ha visto en algunos autores cómo se asocia el concepto de vida a un conjunto de propiedades (por ejemplo Gánti, 2003). Sin embargo, la principal diferencia entre este tipo de teorías y las ahora presentadas es el modo en que tales propiedades son justificadas. En el caso de Gánti, el conjunto de propiedades se deriva del concepto de quimiotón. Sin embargo, en los listados de propiedades los nexos causales entre las distintas propiedades son mucho más débiles.

Por supuesto, es posible establecer relaciones entre ellas, pero no existe un concepto central que articule dichas propiedades. La justificación que se da de las mismas es, en el mejor de los casos, muy débil. Es por ello por lo que frecuentemente las propiedades que aparecen en los listados se caracterizan por su heterogeneidad. Así Mayr (2010) señala la evolución, una cierta bioquímica, y los límites de tamaño de los seres vivos como propiedades, sin que haya una jerarquía entre ellas. Por su parte, Ruiz-Mirazo et al. (2004) señalan la redundancia de los pilares propuestos por Koshland (2002). Es evidente, por supuesto también para los autores que defienden los listados de propiedades, que no todas ellas se encuentran al mismo nivel.

Por tanto, los listados de propiedades deben ser considerados no tanto como teorías bien formuladas, sino como propuestas abiertas para la reflexión. Pretender hacer de ellas propuestas cerradas es ir en contra del espíritu de sus propios creadores. En definitiva, todos ellos (p.e. los aquí tratados Koshland y Mayr, también los autores críticos con los listados de propiedades) son conscientes que la presencia de un listado heterogéneo de propiedades, sin nexos causales claros entre sí, no es más que un síntoma de la dificultad de encontrar una definición consensuada del concepto de vida.

5.2 Khosland, la vida como PICERAS

PICERAS es un acrónimo acuñado por Daniel E. Koshland para referirse a las características sobre las que se fundamenta el concepto de vida. Para Koshland (2002) las definiciones de vida no explican de una forma suficientemente precisa dicho concepto. En la medida que se pretenda explicar mediante una breve definición un concepto tan complejo es inevitable caer en simplificaciones excesivas. Sin embargo, eso no significa que no pueda ser estudiado en su complejidad. Por ello Koshland desplaza la atención de una posible definición a lo que denomina “pilares”, y que son entendidos como las propiedades esenciales de vida:

Por “pilares” me refiero a los principios esenciales –termodinámicos y cinéticos- por los cuales opera un sistema vivo. El interés actual por descubrir vida en otras galaxias y por crear vida en sistemas artificiales indica que sería deseable dilucidar estos pilares, su funcionamiento y por qué son esenciales para la vida. En este capítulo, me referiré a los mecanismos particulares por los cuales esos principios se implementan en la vida en la Tierra, mientras me reservo el derecho de sugerir que puede haber otros mecanismos para implementar los principios. (Koshland, 2002, p. 2215)

Para Kohsland las nuevas líneas de investigación en astrobiología y vida artificial presionan hacia la búsqueda de los principios esenciales de la vida. Pero las propiedades esenciales de un fenómeno complejo deben ser entendidas en su complejidad. Por ello su estudio no puede reducirse a una definición simple.

Por otro lado, Koshland distingue entre pilares y mecanismos. Los primeros hacen referencia a las propiedades esenciales de la vida. Los segundos al modo en que tales características son implementadas en un entorno concreto. Koshland (2002) sugiere que los mecanismos involucrados pueden variar en distintos entornos. Por ello, para reconocer la vida quizá no baste con estudiar los mecanismos en los que se implementa en la Tierra, sino que se precise una teoría de carácter más general. Sugerir los fundamentos de la misma es lo que se pretende mediante los siete pilares del acrónimo PICERAS.

Koshland (2002) denomina el primer pilar como programa. “Por programa me refiero a un plan organizado que describe tanto los componentes en sí mismos como la cinética de las interacciones entre los componentes a medida que el sistema vivo persiste a través del tiempo” (p. 2215).

En la Tierra este programa está implementado a través del ADN. Es interesante que tal y como lo plantea Koshland, el programa tiene una doble naturaleza funcional y material. Se sugiere con ello que el programa no es independiente de la materialidad en la que se implemente. Esto supone que no se puede considerar el programa como una abstracción informacional. Ahora bien, que el programa de la vida en la Tierra se materialice a través del ADN no descarta otras posibilidades.

En segundo lugar se encuentra el pilar de la improvisación. Los seres vivos se encuentran inmersos en un ambiente que no controlan. Debido a esto deben ser capaces de improvisar, es decir, realizar cambios en su programa para adaptarse a las situaciones cambiantes con las que se tengan que enfrentar. En los sistemas vivos terrestres la improvisación tiene lugar gracias a las mutaciones y la selección natural.

El tercer pilar es la compartimentación. Los sistemas vivos son entidades limitadas con fronteras precisas. Estas fronteras son parcialmente permeables, de manera que existe un intercambio controlado con el exterior. En los organismos complejos esta compartimentación se da no solo hacia el exterior, sino también entre los distintos componentes del organismo. Es por ello por lo que la compartimentación es una propiedad fundamental para el aumento de la complejidad en los seres vivos. Gracias a ella es posible que haya diferentes concentraciones de ingredientes, posibilitando así los procesos cinéticos de cada función. Sin la adecuada compartimentación se producirían interferencias disfuncionales entre los distintos procesos propios de los seres vivos, lo que podría llevar a su colapso.

En cuarto lugar se encuentra la energía. Los sistemas vivos son sistemas en movimiento. Desde una perspectiva termodinámica, en cualquier sistema aislado sin contacto con el exterior tiene lugar un aumento de la entropía. Sin embargo, los seres vivos son capaces de compensar el aumento de entropía porque son sistemas abiertos en los que hay un aporte externo de energía. Aunque el Sol es la principal fuente de energía en la Tierra, existen seres vivos que emplean el calor interno de la Tierra.

El quinto pilar es la regeneración. En el párrafo anterior se ha visto que los sistemas vivos son sistemas abiertos en los que existe una compensación del aumento de la entropía a través de los procesos metabólicos. Las reacciones que tienen lugar a través de tales procesos suponen un desgaste de los componentes del sistema, que deben ser sustituidos para evitar su degradación. Esta regeneración es un proceso complejo, en la medida que involucra a una multiplicidad de procesos metabólicos. Sin embargo, existen límites a los procesos regenerativos (si no los hubieran, los seres vivos serían inmortales). Esta limitación es superada por la creación de nuevos seres, cuyos componentes no han sido expuestos aún a procesos de desgaste.

En sexto lugar se encuentra la adaptabilidad. Existe una relación entre la adaptabilidad y la improvisación. Sin embargo, mientras la improvisación hace referencia a cambios en el programa (pilar 1), la adaptabilidad forma parte del mismo. La improvisación no es capaz de reaccionar con la suficiente rapidez para situaciones en las que la respuesta debe ser inmediata (como un peligro inminente). Por tanto, la adaptabilidad hace referencia a las respuestas conductuales que forman parte del programa, no a cambios del programa en sí. Cabe preguntarse, sin embargo, hasta qué punto es necesario separar improvisación y adaptabilidad en una consideración general del concepto vida. La respuesta que Koshland sugiere es que, dado que ambas son implementadas en la Tierra a través de mecanismos muy diferentes, es posible que ambas respondan a principios fundamentales distintos (pilares), por lo que su diferencia iría más allá de los mecanismos concretos de implementación.

En último lugar se encuentra el aislamiento (seclusion). Los procesos metabólicos implican rutas específicas que deben estar –al menos parcialmente- aisladas entre sí. Es cierto que los distintos procesos no están completamente aislados entre sí. Por ejemplo, existen mecanismos de retroalimentación que pueden alterar los procesos específicos. Pero tales alteraciones responden a su vez a otros procesos, pudiendo formar así parte de mecanismos de orden superior.

Estos siete pilares son la base fundamental de la vida. Sin embargo, conviene no olvidar que estos pilares son implementados mediante mecanismos específicos que pueden verse modificados, alterados o mejorados tanto en distintos ambientes como desde una perspectiva histórica. En este sentido, Koshland señala que si los mecanismos regenerativos fueran suficientemente eficientes para mantener los organismos a lo largo del tiempo, la muerte podría desaparecer. Ahora bien, esto tendría repercusiones para

otros pilares, como la improvisación. Por ello, sería preciso el desarrollo de nuevos mecanismos de improvisación capaces de superar tales dificultades.

Esta última cuestión muestra cuán interrelacionados están los siete pilares. Diferentes mecanismos pueden dar cuenta de un mismo pilar, pero a condición de que no alteren el resto, o que las modificaciones introducidas en otros mecanismos puedan ser compensadas por nuevos mecanismos. Por ello la teoría de Koshland no se limita a postular ciertas propiedades esenciales, sino que señala una interdependencia entre ellas. También una interrelación entre las propiedades y los mecanismos que las actualizan en sistemas concretos. En la medida que las propiedades esbozadas son de carácter general, y por tanto pueden ser sustanciadas de diferentes maneras, en esta teoría pueden tener cabida tipos de vida muy diferentes.

Sin embargo, es precisamente su excesiva generalidad lo que impide establecer relaciones explicativas suficientemente precisas utilizando la teoría de la vida como PICERAS. Para llegar a un cierto grado de precisión se precisa descender a los niveles concretos de los mecanismos, lo cual va más allá de los objetivos de Koshland.

5.3 El concepto de vida en Ernst Mayr

5.3.1 Rechazo al reduccionismo mecanicista

Si por algo es reconocido Ernst Mayr es por sus aportaciones a la síntesis evolutiva moderna. En sus investigaciones hizo frente no sólo a cuestiones específicas de ámbitos concretos, sino también a los fundamentos de la biología. Por ello, para comprender la posición de Mayr respecto de vida es importante considerar el marco general en el que se mueven sus investigaciones.

Uno de los puntos destacados es su rechazo al reduccionismo en biología. A diferencia de los defensores del mecanicismo, Mayr señala que la biología no puede ser explicada en términos de leyes físico-químicas. Evidentemente las leyes físicas operan también a nivel biológico. El problema es que el reduccionismo mecanicista estudia los sistemas a

partir del análisis independiente de sus componentes, es decir, el todo se explica a partir de sus partes. Sin embargo, en biología el todo es algo más que la suma de sus elementos. Por ello, aunque en última instancia los seres vivos sean átomos y moléculas, no es posible explicar lo que es un ser vivo sólo a partir de las propiedades de los átomos y moléculas.

Históricamente, el primer holismo biológico surge tras el definitivo abandono del vitalismo a principios de siglo XX. Paradójicamente, el abandono del vitalismo no supuso automáticamente la asunción unánime del mecanicismo, puesto que el organicismo holista parecía explicar mejor la complejidad organizativa de lo vivo. Sin embargo, en la medida que la genética estaba ausente de este primer organicismo, esta teoría no pudo dar explicación de numerosos fenómenos propios de la biología evolutiva. Precisamente, las aportaciones de Mayr y otros en la síntesis moderna permitieron ofrecer un marco explicativo satisfactorio para muchas de estas cuestiones.

Es dentro de este marco antirreduccionista donde debe entenderse el rechazo de Mayr al concepto de ley. En biología, a diferencia de lo que ocurre en física, no existen leyes. En su lugar, la biología se sustenta sobre conceptos. Esto supone que la naturaleza de ambas ciencias es diferente. Mientras que la física tiende a subsumir las leyes en otras de carácter más general, en biología los conceptos no se encuentran jerarquizados de la misma manera. Lo paradójico del problema es que el carácter sistémico y holístico de la biología no excluye la jerarquización de los distintos niveles biológicos. Es decir, existe una jerarquía desde las células a las poblaciones pasando por los órganos, organismos etc. Pero las relaciones entre los distintos niveles jerárquicos no pueden entenderse subsumiendo los niveles superiores en los inferiores, sino a partir del carácter emergente de muchas propiedades (es decir, el todo es más que la suma de sus partes).

5.3.2 *El concepto de vida en Mayr*

Así pues la idea que Mayr tiene sobre la vida se enmarca dentro de sus ideas generales sobre la biología. Por ello, Mayr insiste en que la vida no puede ser explicada sólo en términos de leyes físico-químicas. En su lugar los organismos vivos poseen propiedades cuya naturaleza difiere sustancialmente de la materia inerte (Mayr, 2010):

[Los organismos] son sistemas jerárquicamente ordenados con muchas propiedades emergentes que nunca se encuentran en la materia inanimada; y lo más importante, sus actividades están gobernadas por programas genéticos que contienen información históricamente adquirida, nuevamente algo ausente en la naturaleza inanimada. (p. 97)

Los organismos vivos se caracterizan por una naturaleza dual, pero no en un sentido tradicional del término, sino una dualidad derivada de la distinción entre genotipo y fenotipo. Los genotipos son explicados a partir de conceptos evolutivos, mientras que los fenotipos son entendidos a partir de requerimientos funcionales. Los conceptos necesarios para entender unos y otros son, por tanto, diferentes. Sin embargo no se trata de sistemas independientes, en la medida que los fenotipos precisan de la codificación de la información contenida en el genotipo para desarrollarse.

A partir de estas ideas, Mayr desarrolla aquellos aspectos que considera específicos de la vida, a saber:

- Los organismos tienen historia, es decir, evolucionan.
- Los seres vivos tienen una bioquímica específica. Aunque la vida se fundamenta en moléculas y átomos como el resto de la materia, las macromoléculas que en las que se basa son propias de la misma, y no están presentes en la materia inerte.
- La vida se caracteriza por su capacidad de autorregulación. Los mecanismos interaccionan entre sí para mantener la estabilidad del sistema.
- Los niveles de organización de los organismos vivos tienen una complejidad característica que permite explicar la dualidad de los niveles informacionales y los responsables de la autorregulación.
- Los organismos son sistemas teleonómicos.
- El rango de tamaño de los organismos vivos tiene límite inferior (virus, células) y superior (ballenas, árboles).
- Los seres vivos, o al menos los más complejos, tienen un ciclo de vida específico.
- La vida opera como un sistema abierto, lo que le permite sortear las limitaciones de la segunda ley de la termodinámica.

Como consecuencia de las características anteriores, presentes en los seres vivos y no en la materia inerte, los seres vivos poseen unas capacidades propias, entre las que destacan la capacidad de evolucionar, de autorreplicarse, de crecer, de poseer metabolismo, de autorregularse, de mantener estados propios de sistemas complejos, de responder a estímulos y de cambiar a nivel fenotípico y genotípico. En este punto, y a diferencia de lo que es habitual, estas capacidades no aparecen como propiedades fundamentales, sino como consecuencia de los principios más generales del primer listado.

Existen tres aspectos a considerar en el listado proporcionado por Mayr. El primero de ellos es que algunas propiedades son discutibles. Por ejemplo, no está claro que el establecimiento de los límites de tamaño sea una propiedad básica de los seres vivos. Una segunda dificultad, y de mayor calado que la anterior, es que no se proporciona una explicación coherente a este conjunto de propiedades. Las relaciones que pueden intuirse entre diferentes propiedades no se articulan a través de una teoría explicativa. Sin embargo, no puede olvidarse que Mayr no pretende dar una explicación completa de lo que es la vida. En su lugar, pretende señalar que la especificidad de la vida no puede explicarse a partir del reduccionismo mecanicista (Mayr, 2010):

Todas estas características de los organismos vivos los distinguen categorialmente de los sistemas inanimados. El reconocimiento gradual de esta singularidad y separación del mundo viviente ha dado lugar a la rama de la ciencia llamada biología, y ha llevado al reconocimiento de la autonomía de esta ciencia. (p. 98)

Por último, la separación entre el listado de propiedades y las capacidades que tales propiedades confieren a los seres vivos resulta un tanto artificiosa. Ello es debido a que no se señalan los mecanismos que permiten pasar de un nivel a otro. Tampoco cómo justificar el que algunas de las propiedades no puedan ser consideradas como capacidades, o viceversa. Por ejemplo, el ciclo de vida puede ser entendido más fácilmente como una capacidad derivada de otras propiedades que como una propiedad en sí. Incluso puede decirse que el ciclo de vida es dependiente (o, al menos, que existe una dependencia mutua) respecto de algunas de las capacidades señaladas por Mayr.

Sin embargo, más allá de las dificultades señaladas, es importante no perder de vista que las ideas de Mayr sobre lo vivo no pueden descontextualizarse del conjunto de sus investigaciones. Mayr insiste en que es preciso entender la naturaleza holística de las relaciones en biología, así como el carácter emergente de muchas de sus propiedades. Por ello, propone que sólo a través de un marco teórico propio pueden desarrollarse adecuadamente los conceptos específicos de la biología, como el de vida.

5.4 Trifonov y la controversia sobre las definiciones a partir de los listados de propiedades

5.4.1 El análisis de las definiciones de vida realizado por Trifonov

En el año 2011, el biofísico Edward Nicolayevich Trifonov realizó un análisis terminológico de las definiciones de vida recogidas por Barbieri, 60 en total, y Popa, 90 definiciones. Considerando aquellas que se repiten, el total de definiciones consideradas es de 123. Para Trifonov (2011), detrás de esta pluralidad de definiciones subyacen unos pocos conceptos. Es por ello por lo que pretende poner de relieve las propiedades que sean comunes a un número suficientemente elevado de propuestas, con el objetivo de llegar a una definición ampliamente aceptada.

El trabajo de Trifonov se ha incluido dentro del apartado de listado de propiedades, dado que el estudio que realiza considera cuáles son los principales términos empleados por los investigadores. Sin embargo, a pesar de que Trifonov realice un listado de los términos empleados para caracterizar la vida, el objetivo no es obtener un listado. El autor pretende más bien simplificarlo, de manera que se pueda obtener una definición que recoja el sentir general de la mayoría de los investigadores. Entonces, ¿Por qué incluir este tipo de propuesta dentro del listado de propiedades? ¿No sería mejor esperar a ver las conclusiones, para ver de qué tipo de propuesta se trata?

A pesar de que Trifonov pretende ir más allá de los meros listados de propiedades, existe un punto importante en común con las propuestas de Mayr (2010) o Koshland (2002), esto es, la debilidad de las relaciones causales entre las distintas propiedades

puestas en juego. Es cierto que el análisis que realiza Trifonov tiene en consideración los contenidos de los términos a los que se hace referencia. Por ese motivo subsume ciertos conceptos dentro de otros, y agrupa los mismos en función del tipo de concepto. Sin embargo, la relación que se establece entre unos elementos y otros no se justifica más allá de lo meramente intuitivo, o de relaciones causales no suficientemente demostradas y/o estudiadas.

Veamos con algo más de detalle el proceder y las conclusiones a las que llega Trifonov. Como se ha dicho, para llegar a una definición las palabras más empleadas se han agrupado en campos semánticos, tal y como aparecen en la siguiente tabla:

Vida	123	Complejidad	13
<i>Viviente</i>	47	<i>Información</i>	8
<i>Vivo</i>	10	<i>Complejo</i>	7
<i>Ser</i>	6	<i>Otros términos relacionados</i>	46
<i>Biológico</i>	5	Total	74
<i>Otros términos relacionados</i>	8	Reproducción	10
Total	199	<i>Reproducir</i>	8
Sistema	43	<i>Replicación</i>	7
<i>Sistemas</i>	22	<i>Autorreproducción</i>	5
<i>Organización</i>	14	<i>Otros términos relacionados</i>	33
<i>Organismo</i>	6	Total	63
<i>Orden</i>	6	Evolución	10
<i>Red</i>	5	<i>Evoluciona</i>	7
<i>Organizado</i>	5	<i>Cambio</i>	6
<i>Otros términos relacionados</i>	40	<i>Mutación</i>	5
Total	155	<i>Otros términos relacionados</i>	20
Materia	25	Total	48
<i>Orgánica</i>	11	Medio ambiente	20
<i>Materiales</i>	10	<i>Externo</i>	6
<i>Moléculas</i>	6	<i>Otros términos relacionados</i>	15
<i>Otros términos relacionados</i>	36	Total	41
Total	88	Energía	18
Químico	17	<i>Fuerza</i>	5
<i>Proceso</i>	15	<i>Otros términos relacionados</i>	17

<i>Metabolismo</i>	14	Total	40
<i>Procesos</i>	8	Capacidad	12
<i>Reacciones</i>	5	<i>Capaz (able)</i>	11
<i>Otros términos relacionados</i>	26	<i>Capaz (capable)</i>	11
Total	85	<i>Facultad</i>	5
		<i>Otros términos relacionados</i>	1
		Total	40

Tabla 3. Listado de términos empleados para definir vida. Fuente: Trifonov (2011), p 261

A partir de las palabras más empleadas es posible llegar a una definición. Un primer ejemplo de ello sería considerar una definición como la siguiente: “la vida es un sistema metabólico de información material con capacidad de autorreproducción con cambios (evolución), el cual requiere energía y un entorno adecuado”. (Trifonov, 2011, p. 260)

Esta definición depende de lo meramente lingüístico, es decir, recoge los diferentes términos sin tener en consideración la relación entre ellos. Ahora bien, Trifonov pretende ir un poco más allá, analizando con detalle esta primera definición. Para ello debe considerar las relaciones entre los distintos términos empleados, y subsumir unos en otros. Un ejemplo de ello sería el concepto de autorreproducción, ya que implica tanto el concepto metabolismo como el de sistema. Con ello el autor llega a dos conceptos no reducibles uno al otro, a saber: autorreproducción y cambio (evolución). Esta conclusión no es, por otro lado, sorprendente, ya que el debate actual sobre las definiciones de vida gira en torno a ambos conceptos, algo que ya ha podido verse a lo largo del presente capítulo.

Con ello, la definición mínima a la que llega Trifonov es “la vida es autorreproducción con variaciones” (Trifonov, 2011, p. 262). ¿Podría entenderse esta definición como un caso de propuesta híbrida? Como se verá, tanto Kompanichenko (2012a, 2012b) como Ruiz-Mirazo et al. (2004) hacen una propuesta que recoge aspectos similares. Dichos autores tratan de analizar la relación entre autorregulación y evolución, así como los aspectos que dificultan la integración de ambos términos en una misma definición. No es este el caso de Trifonov, quien se limita a constatar algo que, por otro lado, ya es ampliamente conocido, a saber, la dificultad de integrar la autorreproducción y las variaciones en una misma definición.

Por tanto, el objetivo de Trifonov no es establecer las relaciones entre los conceptos últimos de la vida. Más bien sugiere que su definición puede ser un instrumento para investigaciones en campos tales como la vida artificial. Establecer una definición que ayude a las investigaciones futuras es ya en sí un avance.

En última instancia, el procedimiento de Trifonov trata de recoger el máximo consenso entre científicos. Sin embargo, es dudoso que esto permita llegar a la mejor de las soluciones posibles. Lo sería en una situación de ciencia “normal”, por utilizar la terminología de kuhniana. Pero es discutible que esta sea la situación respecto al concepto de vida, al menos en las nuevas disciplinas científicas donde la definición es más acuciante.

5.4.2 *Controversia sobre el análisis de Trifonov.*

Ya se ha visto que el estudio de Trifonov (2011) trata de recoger los aspectos comunes a las diferentes propuestas sobre el concepto de vida. Pretende así encontrar una definición de consenso. Paradójicamente, su trabajo ha suscitado un intenso debate entre aquellos que apoyan, y los que rechazan, su propuesta. La publicación *Journal of Biomolecular Structure & Dynamics* (2012), volumen 29, recoge en este debate las posturas de numerosos autores tales como Sarma, Szostak, Di Mauro, Koonin, Popa, Tang, Yeong, Root-Bernstein o Kompanichenko, entre otros, así como las respuestas de Trifonov a las críticas recibidas.

Una primera mirada a las propuestas de los autores críticos permite clasificarlos en dos tipos distintos. Por un lado, están aquellos autores que señalan las posibles deficiencias en la propuesta de Trifonov (2011). Por ejemplo Rama (2012, p. 597), recoge la opinión de Luisi, para quien Trifonov confunde la práctica científica con el debate político democrático. Con ello Luisi no está criticando la posibilidad de definir el concepto de vida, sino tan solo una propuesta, desde su punto de vista, errónea. En cierta medida resulta sorprendente que, a pesar de la actitud crítica de muchos autores respecto a la propuesta de Trifonov, estimen su aportación como algo valioso para el debate sobre la vida.

Otros autores, sin embargo, van más allá y, a partir del análisis crítico de la propuesta de Trifonov cuestionan la posibilidad misma de definir el concepto de vida. Es por ello por lo que esta cuestión, que se abordará con detalle en el capítulo 7, será tratada de forma preliminar aquí, en el contexto del debate sobre la propuesta de Trifonov.

La crítica de Szostak (2012) puede enmarcarse en este segundo tipo de autores, es decir, aquellos que consideran que la propuesta de Trifonov es errónea en origen, ya que no tiene sentido tratar de definir el concepto vida. Expone para ello dos motivos diferentes. En primer lugar, porque la transición entre los procesos físico-químicos y la biología es un proceso complejo, compuesto de múltiples estadios. Y si bien es posible distinguir en el ámbito de lo claramente físico-químico (por ejemplo, las interacciones entre las moléculas de un fluido) de lo claramente biológico (por ejemplo, los procesos de división celular), los límites entre ambos campos son difusos. Entre los múltiples procesos que permitieron la transición de lo inerte y lo vivo no existe uno que permita establecer una división precisa. Por ello, todo límite será arbitrario, dependiente de los intereses concretos de los distintos investigadores.

El esfuerzo de los científicos debe centrarse, por tanto, en estudiar la cadena de procesos entre lo inerte y lo vivo. Recuérdese que la crítica de Szostak (2012) se centra en origen de vida, no en otros aspectos del debate sobre la misma. Sin embargo, y ante la contundencia de su argumentación, no sería descabellado que la misma pudiera extenderse a otros ámbitos. Como se verá en el próximo capítulo, esta postura es compartida por autores como Keller (2010).

Koonin (2012), en una línea similar a Di Mauro (2012), se muestra escéptico sobre la posibilidad de definir el concepto de vida, pero al igual que él pone de relieve la utilidad de la empresa. El escepticismo sobre la posibilidad de definir el concepto de vida proviene de la naturaleza propia de la pregunta. Para Koonin, definir el concepto de vida no entra dentro de las cuestiones científicas. Se trata de una pregunta metafísica, y por tanto no puede ser falsada conforme a los criterios propios de la ciencia.

Si la vida no es un concepto científico, ¿por qué considera Koonin que definirla es útil? El motivo de ello es doble: didáctico y heurístico. Respecto a la propuesta concreta de Trifonov, como señalan otros autores, se aleja de lo que se considera como aceptable en la práctica científica. Tomar las definiciones en un sentido “democrático” no es, según el parecer de Koonin (ni de la mayoría de los científicos que opinan al respecto), ajustado a los cánones aceptables en la investigación científica. Por no decir, de forma abierta,

que es claramente irregular²³. Sin embargo, este proceder ha sido útil en su propia investigación, permitiendo dirigir la misma en una dirección determinada.

A pesar de reconocer el valor heurístico del trabajo de Trifonov, Koonin señala dos aspectos importantes a tener en cuenta. El primero de ellos es que la definición de Trifonov focaliza erróneamente la atención en el concepto de variación. Parece con ello que la variación es el prerrequisito que permite la evolución en la vida. Ahora bien, toda especie cuya tasa de mutación exceda un valor crítico está abocada al colapso. Por tanto, más que variación, es necesario considerar que la misma debe estar acotada dentro de ciertos parámetros. Con ello, el autor propone como una definición más allá de la de variación, esto es, a partir de la “replicación con una tasa de error por debajo del umbral de sostenibilidad, con efectos de aptitud de los errores distribuidos de manera no uniforme” (Koonin, 2012, p. 604).

Por último, para Koonin las definiciones mínimas suelen incidir en aspectos informacionales. Esto es válido para las propuestas de Trifonov como las de otros autores. Sin embargo, es frecuente que los biólogos consideren tales definiciones como incompletas. Este problema se evita añadiendo algunos otros aspectos ya mencionados en las definiciones como listado de propiedades (compartimentalización, metabolismo, bioquímica, etc). En última instancia, el debate sobre la relación entre materia y forma reaparece en diferentes contextos.

Esta cuestión aparece también en Ma (2012), para quien es preciso aclarar los términos a los que se refiere la definición. Por ejemplo, auto-reproducción es, para este último autor, dependiente de operaciones y procesos que, en última instancia, sólo pueden darse en algunos contextos materiales, con lo que la definición sería, en tal caso, material. En una línea similar se manifiesta Tang (2012), para quien la definición de Trifonov no cumple con uno de sus principales objetivos, a saber, ser lo suficientemente inclusiva.

Para Tang, coincidiendo en esto con Koonin, existen aspectos importantes (p.e, el metabolismo) que son obviados. Además, la definición no aporta las condiciones necesarias ni suficientes para definir el concepto de vida. Existen contraejemplos que no son explicados por ella, tanto de seres vivos que no estarían incluidos, como de

²³ En este sentido, Rama (2012), como editor del compendio de artículos tratados en este apartado, señala que Luisi se ha negado a comentar el trabajo de Trifonov, precisamente argumentando que no se ajusta los estándares exigidos a la investigación científica.

entidades vivas que sí lo estarían. Por ello, Tang apuesta por un listado de propiedades, más que por una simple definición. Yeong (2012), por su parte, sin manifestar abiertamente la necesidad de listado de propiedades, señala la necesidad de incluir aspectos relacionados con la complejidad propia de lo vivo (p.e. el concepto de emergencia), que no son abordados por Trifonov. Sin embargo, es importante recalcar que tanto para Tang como para Yeong definir el concepto de vida es una empresa útil para la investigación científica, a diferencia de autores como Szostak (2012), Keller (2010) o Machery (2012).

En opinión de Popa (2012) hay algunas cuestiones metodológicas no resueltas por Trifonov. Ya se ha señalado previamente que es discutible que el método empleado sea válido en disciplinas sin unos principios teórico-prácticos compartidos. A ello añade Popa la importancia de la sintaxis. Una definición no es una mera colección de palabras. Los términos están relacionados entre sí mediante estructuras gramaticales que son obviadas por Trifonov. Así, la selección de los términos más comunes no es capaz, por sí sola, de producir una definición satisfactoria, incluso aceptando el supuesto que tales términos son los correctos para definir el concepto. Por su parte, para Jagers op Akkerhuis (2012) parte de las dificultades provienen, además de la dudosa validez metodológica del procedimiento empleado, de la incapacidad de establecer un criterio válido para los casos poco claros. Que es, precisamente, donde la definición es realmente útil, no frente a entidades inequívocamente inertes o vivas.

Root-Bernstein (2012a), por su parte, señala que las definiciones son dependientes del contexto. Así, debe tenerse en cuenta que los términos empleados no tienen el mismo sentido en diferentes disciplinas. Términos tan relevantes como evolución no significa lo mismo en paleontología que en embriología. Podría añadirse sin riesgo a cometer error que lo mismo ocurre con autorreproducción y variación, que son los términos claves en la definición de Trifonov. Por ello, una misma definición puede tener significados distintos en diferentes disciplinas.

Además, se debe tener en cuenta que las definiciones no son independientes de los intereses de los investigadores. Los hechos en sí no responden a preguntas tales como ¿qué es la vida? Por ello, para Root-Bernstein encontrar los componentes mínimos de la vida, o crear vida en el laboratorio, no responderá a la pregunta qué es la vida. Además, el modo de abordar la cuestión dará diferentes respuestas incluso en un mismo contexto. Root-Bersntein propone así que en vez de centrar la atención en propiedades,

se haga en procesos. La definición resultante, en este caso, será bien diferente a la derivada de un listado de propiedades.

Por último, Kompanichenko (2012a) hace una interesante lectura del trabajo de Trifonov. En la medida que el trabajo de Trifonov compara su estudio con el suyo propio, extrayendo conclusiones similares, no resulta extraño que este autor se muestre favorable a la propuesta de Trifonov. Sin embargo, lo interesante es que Kompanichenko no se limita a aceptar sin más su propuesta sino que, dando un paso adelante, pretende darle una explicación. Es decir, se propone responder por qué autorreproducción y variación son los términos clave en la definición de vida. La explicación a ello se encontraría en la termodinámica, tal y como es entendida por Kompanichenko (2012a):

El paso decisivo en la transformación de los microsistemas prebióticos en las unidades vivas más simples (probiotes) tuvo lugar debido a la inversión termodinámica, es decir, el cambio radical de los balances “contribución de energía libre / contribución de entropía” y “contribución de información / contribución de entropía informativa” en valores de entropía negativos. (p. 638)

Es decir, la explicación última de vida se encuentra en la paradoja termodinámica que tiene lugar en ella. Lo que permite el salto de los sistemas inertes a los vivos es la inversión de termodinámica. Dicha inversión permite que la energía y la información fluya hacia el sistema vivo, y la entropía, hacia el exterior. Justo lo contrario de lo que cabría pensar en un sistema inerte. Esto no supone una alteración de las leyes de física. Por ejemplo, si se toma en el balance total de entropía al entorno, el resultado es el esperado. Sin embargo, si se consideran separadamente, el resultado es el contrario a lo que cabría suponer (esto es, la entropía de los seres vivos disminuye).

Para que la inversión termodinámica tenga lugar es preciso que el sistema prebiótico se encuentre en condiciones de bifurcación alejadas del equilibrio, ya que solo así se puede conseguir la estabilidad dinámica propia de los seres vivos. La estabilidad dinámica, o “inestabilidad estabilizada” en palabras de Kompanichenko, permite la oscilación entre estados opuestos. Es por ello por lo que variación y autorreproducción, aun siendo

estados que requieren condiciones contrapuestas, pueden darse simultáneamente. Esta peculiaridad es lo que permite explicar la complejidad, así como la aparente contradicción, de las propiedades de lo vivo.

La propuesta de Kompanichenko resulta interesante porque, a pesar de tomar en consideración la de Trifonov, realmente es de una naturaleza muy diferente. Trifonov realiza un análisis de vocabulario, utilizando una metodología estadística de dudosa validez. Ello no impide que el resultado sea sugerente. Tampoco impide extraer conclusiones de un análisis pormenorizado del vocabulario. Pero concluir con una definición a partir de dicho análisis es, en el mejor de los casos, arriesgado. Sin embargo, Kompanichenko trata de dar una explicación, a partir de las leyes científicas conocidas, a la aparente contradicción entre los distintos tipos de teorías estudiadas (termodinámicas, autorreguladoras, evolutivas). Es por ello por lo que da un paso adelante, tratando de encontrar una salida a la dicotomía entre autorregulación y evolución.

5.5 Conclusiones

Las hipótesis a partir de listados de propiedades son claramente insatisfactorias. Un listado de propiedades débilmente conectadas es, el mejor de los casos, una herramienta meramente descriptiva. Pero no puede ofrecer explicaciones al por qué de tales propiedades. Por otra parte, las proyecciones que puedan hacerse en esta situación se verán debilitadas por el desconocimiento de los mecanismos sobre los que se sustentan.

Tal y como ha señalado Cleland (2012), la situación es similar a explicar científicamente el agua a partir de sus propiedades aparentes (transparencia, viscosidad, punto de solidificación y ebullición...). Todas estas propiedades son propiedades reales del agua. Incluso es posible, a partir de ellas, determinar si una muestra de líquido es o no agua. Pero tales conclusiones son meramente empíricas, sin una explicación del por qué. Esta situación es explicada, en un contexto diferente, por Putnam (1975). En el famoso experimento mental de la Tierra gemela se especula la posibilidad de encontrar un

líquido XYZ, del todo indistinguible al agua, pero con una composición química distinta. Con lo que, a pesar de compartir las propiedades aparentes, no sería agua.

Lo que vienen a mostrar los listados de propiedades es un fracaso respecto de la posibilidad de definir vida, o bien una situación de ignorancia. Fracaso, si se considera que no ha sido posible definir de forma clara lo que es vida. Al menos, de momento. Ignorancia, si se considera que la situación muestra lo lejos que se está de poder dar una explicación satisfactoria. La situación respecto de vida sería similar a la de la alquimia previa a la química: la realidad que se encuentra frente a nuestros ojos parece rehuir de una explicación satisfactoria.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los listados de propiedades no pretenden, en la mayoría de los casos, ofrecer definiciones tal y como se hace de conceptos bien asentados. Antes bien, suelen ser mostradas como propuestas generales, reflexiones más o menos abiertas (incluso como “pilares”). Todo ello muestra que, en situaciones y contextos complejos y desconocidos, los listados no necesariamente tienen por qué ser inútiles. Antes bien, permiten un primer acercamiento al problema a tratar, antes de abordarlo desde una perspectiva científica más detallada.

Por último, cabe preguntarse si las definiciones basadas en listados de propiedades son o no esencialistas. Aparentemente sí lo son, en la medida que ofrecen unas propiedades asociadas al concepto. La única diferencia con las teorías de vida como sistema autosostenible, o como sistema evolutivo, es considerar más de una propiedad. Por otro lado, dada la inexistencia de mecanismos explicativos, en el mejor de los casos estas definiciones son meras colecciones descriptivas de propiedades inconexas. Con lo que no pueden considerarse como verdaderas definiciones. Podrían considerarse, en todo caso, como meras descripciones, pero no en un sentido definitorio. Mucho menos como proyecciones o inducciones.

Además, la inexistencia de conexiones causales tiene otra consecuencia indeseable. En la medida que tales conexiones no existen, no es posible establecer diferencias entre propiedades necesarias y meros accidentes. Y lo que es más grave, no es posible establecer un criterio para separar unas cuestiones de otras. Por ello, frente a las definiciones, los listados de propiedades son mucho más susceptibles de establecerse a partir de criterios arbitrarios.

Todo lo visto hasta el momento no invalida la posibilidad de considerar listados de propiedades. Especialmente en contextos complejos y poco definidos, puede ser interesante considerar diferentes propiedades. Pero sin un contexto explicativo, más allá de la mera descripción, tales definiciones parecen acercarse más los géneros convencionales que a los géneros naturales.

6. DEFINICIONES HÍBRIDAS

6.1 Introducción

En cierta medida, puede decirse que la mayoría de los autores que tratan de definir vida consideran la cuestión desde una perspectiva híbrida. Es decir, casi todos los autores reconocen que vida es sistema autosostenible y un sistema evolutivo. Es frecuente que en las versiones más esquemáticas las definiciones prescindan de uno u otro aspecto, pero el carácter dual no puede ser pasado por alto en el desarrollo detallado. Es por ello por lo que no siempre es fácil adscribir a los distintos autores a un determinado tipo de teorías. Por ejemplo, autores como Mix (2014) consideran que Schrödinger ofrece una definición metabólica de vida. Algo que no comparten, sin embargo, la mayoría de los investigadores, para quienes Schrödinger ofrece una propuesta claramente basada en propiedades físicas. En cualquier caso, lo que diferencia a unas teorías de otras es el énfasis dado a la autorregulación, o la evolución, a la hora de definir vida. Existe una tendencia esencialista a considerar un aspecto concreto como la base de la vida. Aunque no siempre dicho esencialismo sea reconocido de manera explícita.

Sin embargo, ninguno de los tres tipos de teorías vistos en los capítulos 2 a 5 parecen responder al concepto de vida en toda su amplitud. Es cierto que vida debe cumplir con los requisitos termodinámicos y físicos de carácter general. La cuestión es si bastan tales requisitos para caracterizar adecuadamente lo vivo. De la misma manera, no parece que una definición de vida pueda prescindir del concepto de evolución. O que la evolución sea, por sí sola, suficiente para una definición adecuada.

Ante esta situación se abre un abanico de posibilidades. La primera de ellas ya ha sido explorada en el capítulo 5. En dicho capítulo, en vez de limitar el concepto de vida a una propiedad básica, se proporciona un listado de propiedades asociadas. Este tipo de definiciones pueden ser, desde un punto de vista operativo, interesantes. Pero difícilmente pueden tener la última palabra, en la medida que no existe una conexión causal que permita establecer por qué considerar unas, y no otras, ni la relación que existe entre las mismas.

Una segunda posibilidad es mostrarse escéptico respecto a la posibilidad de definir vida. Esta postura será estudiada en el próximo capítulo. Pero queda una tercera posibilidad. Esta consiste en tratar de integrar los aspectos termodinámicos, autosostenibles y evolutivos de vida en una única definición. A diferencia de lo propuesto en los listados de propiedades, este tipo de teorías no se limitan a señalar que la vida se caracteriza por tales o cuales propiedades. En este caso, las diferentes propiedades consideradas se relacionan entre sí mediante nexos causales.

Así pues, la situación en la que se encuentran las teorías basadas en una única propiedad, o en un conjunto de propiedades inconexas, parece encontrarse en un callejón sin salida. Es por ello por lo que la opción híbrida es una posibilidad bastante razonable. Si existen dos propiedades básicas en juego (tres, añadiendo las propiedades físico/termodinámicas), integrarlas en una misma teoría parece la mejor opción.

La cuestión, sin embargo, no es tan sencilla como aparentemente pueda parecer. Es cierto que integrar las propiedades físico/termodinámicas con propiedades evolutivas y autorreguladoras supondría un avance sustancial en la definición de vida. Evidentemente, ningún sistema vivo puede prescindir de las leyes generales de la naturaleza. Lo vivo debe ajustarse a las restricciones dadas en la segunda ley de la termodinámica, o los principios básicos de la química orgánica. También parece razonable ajustarse a la física de lo complejo. La cuestión no es, sin embargo, ésta. La verdadera cuestión es por qué, en lo vivo, las leyes físicas se manifiestan de la forma que lo hacen. Ya se ha visto que sólo desde la perspectiva de la físico/termodinámica la explicación no parece satisfactoria. Tampoco desde las otras perspectivas.

La relación entre la autorregulación y la evolución es aún más compleja, si cabe. La tensión entre ambas cuestiones se da a distintos niveles. Ya se ha visto que, mientras que la autorregulación hace referencia a la vida individual, la evolución apunta a las poblaciones, más que a los individuos concretos. A nivel molecular, además, la autorregulación y la evolución emplean sistemas bien distintos. Benner (2010) ha puesto de manifiesto que en los procesos metabólicos la forma y la función parecen estar íntimamente ligadas. Sin embargo, en la transferencia genética la estructura material parece pasar a un segundo plano, lo que le llevó a considerar la idea de molécula polielectrolítica. En la medida que propone como prueba de vida encontrar moléculas polielectrolíticas, su propuesta prima claramente los aspectos evolutivos.

Por su parte, Ruiz-Mirazo et al. (2004) señalan las condiciones contrapuestas que se precisan para la autorregulación y para la replicación en un marco darwiniano. Se trata de una propuesta que intenta integrar ambos aspectos. El paso de lo no-vivo a lo vivo sería gradual, de manera que las relaciones entre los aspectos evolutivos y la autorregulación se fue configurando paso a paso. Por su parte Weber (2010) estudia el origen de vida a partir de la idea de complejidad emergente. La emergencia de vida, en su caso, es considerada como un fenómeno complejo, en el que se integran diferentes cuestiones (evolutivas, termodinámicas, etc). Es por ello por lo que las propuestas que consideran vida a partir de conceptos tales como la emergencia y la complejidad pueden ser entendidas como propuestas híbridas.

Así pues, este tipo de propuestas parecen explorar vías bastante razonables para definir vida. Integrar leyes físicas, autorregulación y evolución en una misma teoría permitiría dar una explicación satisfactoria de las diferentes dimensiones del concepto vida. Sin embargo, los obstáculos con los que este tipo de teorías se han ido encontrando está lastrando su desarrollo.

6.2 La propuesta híbrida de Ruiz-Mirazo, Peretó y Moreno

De lo visto hasta el momento pueden extraerse algunas conclusiones. Quizá la más importante de todas es la pluralidad de propuestas, junto con la falta de consenso, respecto a cómo definir el concepto de vida. Este debate tiene diferentes aspectos según la parcela de la biología en la que se encuentre. En origen de vida, por ejemplo, suele plantearse a partir de la disyuntiva “los genes primero” o “el metabolismo primero”. Pero independientemente de la forma concreta en que se presente, la disyuntiva permanece. Ambos tipos de teorías parecen tener buenas razones para apoyar sus puntos de vista, a pesar de lo cual no son capaces de abarcar la complejidad de vida en su conjunto.

En esta situación, sin embargo, hay algunas conclusiones que sí pueden extraerse. Más allá de las limitaciones impuestas por las leyes físico-químicas, existe una tensión entre aquellos que priorizan la vida como sistema autosostenible, o autónomo, y los que priorizan los aspectos evolutivos. Esta disyuntiva sugiere, como señalan Kolb (2016),

Bedau (1998) o Diéguez (2013) focalizar la atención en los individuos o en las poblaciones. Para resolver la cuestión algunos autores como Ruiz-Mirazo et al. (2004) aportan una mirada en la que los aspectos evolutivos y los relativos a la autonomía no son excluyentes, o en sus propios términos “un ser vivo es cualquier sistema autónomo con capacidades evolutivas abiertas” (p. 330). En definitiva, si la mayoría de los autores se mueven en tal disyuntiva, ¿por qué no integrarlos ambos en una teoría coherente?

Por supuesto, muchos de los autores que estudian el concepto de vida estarían dispuestos a aceptar la necesidad de integrar ambos conceptos. Pero la solución a tal dilema no es sencilla. La raíz de tal dificultad proviene de los procesos involucrados en la autonomía y la evolución. La materialización de ambos procesos precisa de condiciones contrapuestas, necesitando su separación, pero a la vez ambos procesos están interconectados entre sí. El modo en que tal paradoja se articula pone de manifiesto las dificultades para definir el concepto de vida.

La existencia simultánea de mecanismos²⁴ evolutivos y mecanismos autónomos resulta problemática, en la medida que la replicación necesita una estabilidad opuesta a las condiciones necesarias para la actividad catalítica. La complejidad propia de lo vivo deriva de la resolución satisfactoria de esta disyuntiva. Esto supone establecer una separación entre los polímeros responsables de la transmisión de la información y los responsables de la actividad metabólica. La relación entre ambos componentes es indirecta, puesto que las dinámicas necesarias para cada tipo de polímeros son incompatibles.

El reto al que se enfrentan los autores que desarrollan teorías híbridas no es tanto reconocer la importancia del automantenimiento y la evolución dentro de una misma teoría, como articular ambas conjuntamente. Ruiz-Mirazo et al. (2004) elaboran una teoría que permite integrar en un todo coherente la complejidad de vida, derivada de la necesidad de integrar componentes que precisan de condiciones contrapuestas. Para ello, reconstruyen los pasos que hay entre los niveles más simples de autoorganización físico-química hasta la complejidad de los seres vivos.

El primer punto importante para comprender vida parte de la idea de autoorganización de fenómenos físico-químicos complejos, a partir de la idea de autorregulación en

²⁴ No todos los autores son partidarios de emplear el término mecanismo, por ejemplo Dupré (2013). De momento, y hasta que se entre en más detalle, en los apartados 10.4 y 11.3 se entenderá mecanismo en un sentido amplio, tal y como hacen Boyd (1999) o Khalidi (2013).

sistemas disipativos de Nicolis y Prigogine (1994). La autoorganización es compartida, como numerosos autores han hecho notar, por sistemas físicos complejos y biológicos. Ahora bien, parece haber una diferencia sustancial en el modo en que dicha autoorganización tiene lugar en un tipo y otro de sistemas. En el caso de los sistemas biológicos, son los seres vivos los que crean las propias restricciones, algo que parece estar ausente en los sistemas físico-químicos. Luego no basta con apelar a la mera autoorganización para explicar la vida.²⁵ Por ello el segundo concepto al que recurren los autores es el automantenimiento:

Un auto-mantenimiento más significativo no puede tener lugar hasta que un sistema comienza a producir algunas de las restricciones que son cruciales para controlar el flujo de materia-energía a través de él y, de esta manera, comienza a desarrollar la capacidad de mantener su organización frente a perturbaciones externas (es decir, un tipo primitivo de "homeostasis organizacional"). (p. 332)

Es preciso introducir en la autorregulación una cierta direccionalidad interna, algo que no parece posible en los sistemas meramente físicos. La complejidad, en la medida que supere la simple autoorganización para llegar al automantenimiento, sólo puede hacerse en el contexto de la química. Los sistemas automantenidos son sistemas químicos, en la medida que solo a través de ellos puede darse la complejidad necesaria para la vida, pero no se debe olvidar que las restricciones físico-químicas juegan un importante papel en el mantenimiento de los propios sistemas químicos. Puede observarse en este punto la complejidad de vida, y la necesidad de no limitarse a aspectos parciales de la misma. Porque si bien las constricciones físico-químicas juegan un importante papel, no bastan para explicar la vida.

Aun así, tampoco puede decirse que los sistemas automantenidos sean sistemas vivos. De hecho, existen sistemas químicos complejos que, siendo automantenidos, no estaríamos dispuestos a considerar como vida (aunque sí como prerequisites para ella,

²⁵ En este sentido, resulta significativo que uno de los objetivos explícitos de Nicolis y Prigogine (1994) sea superar la identificación de sistemas complejos con sistemas biológicos. Los sistemas físicos son también complejos, aunque a un nivel distinto que los biológicos.

véase ejemplos de ello en la p. 332). De hecho, estos sistemas aún carecen de capacidades adaptativas. Para que esto sea posible es necesario añadir:

Una membrana (un recinto a través del cual el sistema controla las concentraciones, establece una clara distinción con el medio y canaliza la interacción con él), un conjunto de elementos de intercambio energético (al menos una soluble en agua -como PPI o ATP- y otro directamente relacionado con los procesos de transporte, como el gradiente de potencial electroquímico de protones o iones de sodio a través de una membrana) y un conjunto de catalizadores (polímeros, o inicialmente oligómeros más cortos como los "multímetros" de De Duve), responsables de modular las velocidades a las que tienen lugar las reacciones, para establecer mecanismos de regulación / homeostáticos y para realizar procesos de transporte. (p. 333)

Estos tres elementos deben ser entendidos como un sistema en un doble sentido. Por un lado, poseen una dinámica interna en la medida que establecen relaciones entre ellos. Por otro establecen relaciones con el medio en el que se desenvuelven. Se trata, por tanto de sistemas autónomos básicos. Sin embargo, la autonomía no es la única propiedad de los seres vivos, es preciso también considerar su carácter evolutivo. Y esto es así porque los sistemas autónomos no son capaces de adoptar las innovaciones metabólicas que pudieran surgir. Para ello son precisos componentes capaces de transmitir dichas innovaciones, estableciéndose con ello linajes de individuos. Se necesita, por tanto, considerar algún sistema capaz de transmisión de la información. Los sistemas vivos, por tanto, deben poseer:

Un límite activo semipermeable (es decir, una membrana), un aparato de transducción / conversión de energía (un conjunto de flujos de energía) y, al menos, dos tipos de componentes macromoleculares interdependientes: los que llevan a cabo y coordinan directamente procesos de autoconstrucción (catalizadores) y otros que almacenan y transmiten información relevante para llevar a cabo de manera eficiente esos procesos en el transcurso de las generaciones posteriores. (p. 337)

Retomando el inicio del presente apartado, uno de los aspectos fundamentales para comprender la vida es la relación entre los distintos sistemas de los que se compone. Esta relación se establece en dos direcciones distintas: una sincrónica y ecológica y otra diacrónica y evolutiva. La complejidad a la que se ha hecho referencia presiona en un doble sentido: por un lado, a nivel de los individuos entendidos como sistemas autónomos hereditarios, y por otro a nivel colectivo mediante la dinámica evolutiva. La vida es, por tanto, un fenómeno complejo, en el que intervienen múltiples sistemas. A nivel individual tales sistemas son los descritos anteriormente (existencia de una frontera semipermeable, dos tipos distintos de polímeros, etc), y a nivel colectivo mediante la dinámica evolutiva. Ambos sistemas interactúan entre sí, siendo cada uno de ellos causa y consecuencia del otro.

La teoría de Ruiz-Mirazo et al. (2004) supone un avance frente a otras porque, como se ha señalado, intenta establecer una explicación a la complejidad de lo vivo en sus diferentes facetas. Se indican los diferentes sistemas de los que se componen los seres vivos y lo que es más importante, se señala la relación entre ellos. Esta relación no es de tipo jerárquico, es decir, no existe una propiedad fundamental a la que se pueda reducir la vida. La vida sólo puede ser entendida como un sistema complejo, autónomo y evolutivo, en el que intervienen aspectos metabólicos y hereditarios, ecológicos y evolutivos.

Uno de los aspectos más interesantes de esta teoría es la integración de los distintos elementos de lo vivo en un todo coherente. Existen otras teorías que han considerado los diferentes aspectos de lo vivo. Sin embargo, algunas de estas teorías no pasan de ser un listado de propiedades inconexo, en el que no se establecen relaciones causales entre ellas. Su carácter meramente descriptivo impide establecer verdaderas definiciones sobre lo vivo.

Otras teorías priman un aspecto parcial, y derivan el resto de propiedades a partir de dicho aspecto. Establecen una jerarquía reduccionista de los elementos que componen lo vivo. Es decir, consideran que lo vivo se caracteriza por la propiedad x , o al menos que el conjunto de propiedades asociadas a la vida derivan jerárquicamente de x . El problema es que en fenómenos complejos como la vida la interrelación entre los componentes debe ser entendida en su complejidad. Esto supone considerar las contradicciones que pueden aparecer en los sistemas, los modos de superar tales

contradicciones, y la doble direccionalidad entre causas y efectos en las relaciones entre los distintos componentes. La coherencia que deriva de considerar estos aspectos en su conjunto es lo que hace especialmente atractiva la teoría de Ruiz-Mirazo et al.(2004).

Se establece así un marco de condiciones necesarias para estudiar el concepto de vida que puede servir de guía en diferentes disciplinas (astrobiología, vida sintética, origen de la vida, etc). El límite explicativo de esta teoría viene dado por restricciones químicas. El paso de la autorregulación al automantenimiento sólo es posible en un marco químico (los límites del mismo podrían ser objeto de debate). Esto excluye considerar como vivo la vida artificial. El modelo de Ruiz-Mirazo et al. (2004) apela a no abstraerse totalmente de ciertos tipos de materialidad:

Los modelos computacionales tienden a ignorar los aspectos físicos, materiales y energéticos de la organización biológica (que consideramos cruciales), mientras que la robótica –incluso la llamada robótica autónoma- presta muy poca atención al problema de la autoconstrucción (que es, de hecho, bastante difícil –si no imposible- de tratar fuera de la química). (p. 341)

6.3 Weber y Deacon. Vida como complejidad emergente

Diversos autores como Ikehara (2005), Weber (2010) o Spitzer et al. (2015) exploran la posibilidad de vida como concepto emergente. Según la idea de emergencia, el paso de lo inerte a lo vivo debe ser entendido de un modo holístico, esto es, considerando el conjunto de relaciones complejas que caracterizan las diferentes propiedades de manera no reduccionista. Lo importante aquí es que, siguiendo la idea de emergencia, el todo es más que la suma de sus partes.

La idea fundamental en las propuestas de Weber y Deacon es la existencia de tres diferentes grados de emergencia (Weber y Deacon, 2000; Deacon, 2003; Weber, 2010). Según esta propuesta el primer grado de emergencia es de carácter sincrónico, mientras que los dos siguientes son diacrónicos. Deacon (2003) desarrolla con detalle la diferencia entre la emergencia en un sentido sincrónico y uno diacrónico.

En lo que respecta a la propuesta sobre vida, el triple modo de entender la emergencia permite caracterizar el modo en que la historicidad emerge a partir de la bioquímica. Esta cuestión será de gran importancia a la hora de caracterizar las diferentes estrategias de conceptualización. En efecto, aquellas propuestas que no consideren la historicidad como algo inherente a lo vivo (o no lo hagan de una forma adecuada) difícilmente serán aceptadas por los biólogos. Así pues, lo vivo debe caracterizarse a partir del tercer tipo de emergencia.

De forma más detallada, cada uno de los tres tipos de emergencia se caracteriza por:

- Primer tipo de emergencia (supervivencia). Este tipo de emergencia, el más simple de los tres, hace referencia a “las propiedades simples de orden superior de un agregado” (Deacon 2003, p. 288). Frente a las propiedades aisladas de una molécula (carga, masa, polaridad...), su comportamiento cuando se encuentra en un agregado no puede describirse solo a partir de tales propiedades. Es por ello por lo que en este caso las propiedades que aparecen son de tipo relacional. A este tipo de emergencia se le llamará supervivencia.
- Segundo tipo de emergencia hace referencia a la autoorganización diacrónica de sistemas disipativos de energía (Weber, 2010, p. 224). Sería el caso de reacciones químicas oscilantes a lo largo del tiempo. Tales reacciones se diferencian notablemente de las reacciones químicas ordinarias, tendentes a un punto de equilibrio. En este caso, las reacciones pueden comportarse de un modo regular o caótico, pero se encuentran fuera del equilibrio. Este tipo de emergencia, sin embargo, todavía no corresponde a lo que se considera como vivo.
- Tercer tipo de emergencia se caracteriza por ser diacrónico (al igual que el segundo) pero en este caso existe una variación acumulada a través de iteraciones. Deacon (2003, p. 299) muestra que en este caso las variaciones diacrónicas propias del segundo tipo de emergencia se ven amplificadas por la entrada en escena de las iteraciones, o generaciones.

La vida es entendida por los autores como un sistema emergente de tercer tipo, “en este sentido amplio un sistema emergente de tercer tipo ofrece algo así como una definición

de vida” (Deacon, 2003, p. 300). De esta manera, conceptos tales como la transmisión de la información o las propiedades teológicas adquieren sentido en un marco emergente de tercer tipo.

Nótese que aunque para considerar los seres vivos es necesario apelar al tercer tipo de emergencia, esto es, a un determinado tipo de emergencia diacrónica, la vida se puede estudiar desde otros tipos de emergencia. Por ejemplo, la supervivencia de un individuo particular puede entenderse desde una perspectiva diacrónica (Deacon, 2003, p. 291). Lo cual parece remitir a una emergencia de primer tipo. Sin embargo, para entender la vida en toda su complejidad es necesario apelar a niveles superiores de emergencia, esto es, diacrónicos y con un determinado tipo de complejidad. La relación entre los tres tipos de emergencia es, por tanto, fuertemente jerárquica. Por ello, la vida, definida como una emergencia de tercer tipo, incluye también los otros dos tipos.

A partir de lo anterior, Weber señala que para entender la vida es necesario conocer las condiciones de transición entre un sistema emergente de segundo tipo y uno de tercero, esto es “podríamos imaginar la emergencia de la vida como una transición de la emergencia de segundo orden a la emergencia de tercer orden en un sistema químico complejo bajo condiciones iniciales y de contorno correctas” (Weber, 2010, p. 224).

Queda por analizar de qué modo esta propuesta se acerca a las investigaciones de los científicos sobre vida. Es cierto que no se ofrece una respuesta concreta acerca de cómo la vida es posible. Pero se sugiere la posibilidad de explorar diversos escenarios diferenciados. Dando por ello a entender que el paso entre los sistemas emergentes de segundo y tercer tipo puede realizarse de distintas maneras. Por otro lado, esta propuesta se diferencia de otras en que la emergencia de tercer tipo (y en la que se integran las otras dos), explica el conjunto de propiedades asociadas a vida. Por ello, no tiene sentido analizar unas propiedades asociadas a vida descontextualizadas de las otras. La visión que se ofrece aquí es, por tanto, fuertemente holística.

Weber (2010) analiza las propuestas de diferentes autores, la mayoría de ellos más cercanos a lo que aquí ha venido a llamarse como propuestas de vida como concepto autosostenible que de vida a partir de la evolución. Sin embargo, nótese que la diferencia es un tanto de matiz. Esto es así porque los autores que consideran la evolución como lo definitorio de lo vivo se sitúan plenamente en lo que Weber y Deacon consideran como sistemas emergentes de tercer tipo. Por su parte, los autores que se centran en vida como sistema autosostenible parten de lo que, en opinión de Weber y

Deacon, aún no está vivo, en la medida que no es un sistema emergente de tercer tipo. Por ello, vida como emergencia permite agrupar ambas visiones en una misma teoría.

6.4 Conclusiones

Las propuestas de Ruiz-Mirazo et al. (2004), así como la de Weber (2010), tienen en común con los listados de propiedades el considerar la complejidad de vida. Pero a diferencia de estas, las propiedades en juego se relacionan mediante mecanismos causales o mediante el concepto holístico de emergencia. Por ello, este tipo de teorías pretenden ir más allá de un mero listado de propiedades. Estas propiedades se relacionan entre sí, lo que supone un avance científico relevante. Sin existir un consenso mayoritario hacia este tipo de propuestas, las hipótesis híbridas lideran las líneas de investigación más prometedoras.

Sin embargo, tales teorías no están aún lo suficiente maduras como para ofrecer una alternativa clara y definida. Ante esta realidad, es frecuente que los científicos respondan de forma sencilla: es necesaria más investigación. A fin de cuentas, el concepto de vida depende de otras muchas ramas de la biología que son embrionarias. O que están empezando ahora a mostrar todo su potencial. ¿Cómo pedir en este escenario una respuesta definida de lo que es vida?

Existen diversos frentes que pueden ayudar a desentrañar el concepto de vida. La biología molecular y la biología sintética son el primero de ellos. Si las bases moleculares de las formas de vida conocidas empiezan a estar más o menos definidas, no ocurre así con sus límites. ¿Cuál es el número mínimo de genes necesarios para la vida? ¿qué moléculas, o tipos de moléculas, son imprescindibles? Las investigaciones que tratan de responder a estas preguntas están en sus inicios.

Lo mismo ocurre en otras disciplinas. El análisis genético ha revolucionado la clasificación de los seres vivos, así como las relaciones filogenéticas en el árbol de la vida. Sin embargo, más allá de LUCA todo son especulaciones. Además, debe tenerse en cuenta que si la biología sintética u origen de vida son disciplinas que están dando sus primeros pasos (prometedores, eso sí), en astrobiología o en vida artificial los

científicos están en la casilla de salida. A la investigación sobre los límites de lo vivo le queda mucho por recorrer. Y no es posible adelantar qué deparará el camino.

Pero también es posible dar otra respuesta. ¿No estará acaso el problema en la propia pregunta? ¿Tiene sentido definir vida? ¿Es posible y/o útil? A fin de cuentas, no es la primera vez que la ciencia debe redefinir sus conceptos, o sus ámbitos de investigación. ¿Y si vida no fuera realmente un concepto científico? Queda claro que, en ese caso, toda esta investigación sería una pérdida de tiempo, y de recursos. Esta es, precisamente, la apuesta de aquellos que critican los intentos por definir vida.

Queda una última cuestión a considerar respecto a las hipótesis híbridas, a saber, si son o no esencialistas. En principio parecen serlo. La diferencia con la hipótesis de vida como sistema autosostenible, o como sistema evolutivo, consiste en que en este caso se considera más de una propiedad. Esto es cierto, pero conviene hacer algunos matices. Las hipótesis híbridas no se limitan a considerar más de una propiedad, como hacen los listados de propiedades. Pretenden dar una explicación a las relaciones entre las propiedades en juego, y como consecuencia de ello, dan un paso más allá.

Al intentar integrar aspectos que en cierta medida son incompatibles, en estas propuestas se hace especialmente patente la complejidad que supone definir vida. En los entornos complejos es donde los límites se vuelven más difusos. Ruiz-Mirazo et al. (2004) muestran la gradualidad entre lo vivo y lo no vivo a través de una serie de estadios entre lo inequívocamente vivo y lo no vivo. Con lo que las propiedades en juego no son del tipo todo-o-nada.

Es cierto que esta gradualidad aparece en otro tipo de teorías (recuérdese, por ejemplo, el caso de Bedau). Pero en las hipótesis híbridas esta gradualidad es casi una exigencia, derivada de la compleja relación entre elementos contrapuestos. Así pues, la interacción gradual entre los distintos tipos de mecanismos asociados a las diferentes propiedades supone un debilitamiento importante de los compromisos metafísicos de este tipo de teorías. Es por ello por lo que este tipo de propuestas superan la visión esencialista de otras ya estudiadas, abriendo las puertas a nuevas estrategias para la conceptualización de vida.

SECCIÓN II. VIDA COMO PROBLEMA FILOSÓFICO

7. DIFICULTADES PARA DEFINIR VIDA. POSICIONES CRÍTICAS

7.1 Introducción

En los primeros capítulos del presente trabajo se han estudiado algunas de las líneas de investigación respecto al concepto de vida. Estas teorías frecuentemente se oponen entre sí, en la medida que enfatizan aspectos difícilmente reconciliables. Este es el caso, por ejemplo, del debate entre teorías que destacan la vida como sistema autosostenible, frente a las teorías evolutivas. Además de estas condiciones contrapuestas, existen otros motivos que dificultan el consenso: el difuso límite entre lo vivo y lo no vivo (Dupré y O'Malley, 2009), los diferentes presupuestos de las distintas disciplinas (Ruiz-Mirazo et al., 2004, Machery 2012, Root-Bernstein, 2012a), la complejidad de los procesos involucrados (Deamer, 2008), o nuestro limitado conocimiento respecto a diferentes tipos de vida (Cleland, 2012).

Ante esta situación no es de extrañar que algunos autores muestren dudas sobre la posibilidad y la utilidad de definir la vida. Respecto al debate acerca de la propuesta de Trifonov (2011), ya se ha visto que las críticas de algunos autores no se limitan a su propuesta concreta, sino que se centran más bien en la posibilidad y/o utilidad de definir el concepto de vida (por ejemplo, Szostak, 2012, o Tang, 2012). Otros muchos autores también han mostrado su escepticismo, como Cleland y Chyba (2002, 2007), Keller (2010), Tirard et al. (2010), Machery (2012), Cleland (2012).

Así pues, el presente capítulo pretende mostrar los motivos que llevan a algunos autores a mostrarse escépticos frente a la posibilidad de definir vida. Si se recuerda la introducción del presente trabajo, esta cuestión se encuentra en la frontera de lo que se ha denominado “problema filosófico de vida”. Estos autores muestran su escepticismo en base no sólo a los resultados de la investigación científica, sino considerando cuestiones de índole filosófica.

Algunas de estas cuestiones son señaladas de manera explícita. Por ejemplo, Machery realiza una distinción entre los *folk concepts* y los conceptos científicos. Por su parte, Cleland analiza los conceptos desde el punto de vista de la filosofía del lenguaje. Sin

embargo, el aspecto filosófico más relevante es que para los autores escépticos las definiciones asumen un marco conceptual esencialista. Algo que entra en contradicción con los supuestos básicos de la biología actual. El objetivo del presente capítulo será mostrar que tanto aquellos que tratan de definir vida, como aquellos que rechazan tal posibilidad se fundamentan en un marco conceptual esencialista. Esta cuestión, como se verá en los próximos capítulos, será fundamental para rebatir a los autores escépticos.

7.2 Dificultades para definir el concepto de vida

Llegados a este punto, ha podido verse con cierto detalle que existen modos muy diferentes de considerar vida. Ante tal situación, algunos autores proponen una solución de la mano del análisis terminológico (Trifonov, 2011), mientras otros pretenden integrar los aspectos evolutivos y de autonomía en una teoría coherente (Ruiz-Mirazo et al., 2004), o conocer el motivo que subyace tras la dificultad de integrar ambos aspectos (Kompanichenko, 2012a).

Una primera consideración a tener en cuenta es que no siempre los autores pueden encuadrarse de manera inequívoca dentro de uno u otro tipo. Esto ocurre incluso en los que parecen tener una adscripción más clara. Ya se ha comentado que, según Mix (2014) Schrödinger ofrece una definición metabólica de vida, a diferencia de lo que piensan la mayoría de los autores. Además, señala que las definiciones metabólicas han ido variando el enfoque, inicialmente centrado en la química de los procesos metabólicos, hacia el intercambio de energía.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que las dificultades a las que se refieren la mayoría de los autores se plantean a partir de los contenidos de las definiciones. Es decir, si vida es tal o cual cosa, y como integrar esas diferentes propiedades. Sin embargo, es posible enfocar la cuestión desde otro punto de vista. Esto es, considerar el propio concepto que se está definiendo: si es esencialista, unívoco, homeostático, abierto, etc. Esta cuestión, como se ha venido diciendo a lo largo de la presente tesis,

rara vez se plantea de forma explícita. Lo que es una fuente importante de malentendidos, cuando no de errores.

Más allá de los contenidos concretos de las definiciones de vida, subyacen una serie de problemas no resueltos. El primero de ellos, y quizá más obvio, es el problema de acotación. Acotar excesivamente el problema supone que, entidades consideradas como vivas, no responden a la definición. Por ejemplo, Koshland (2002) señala que si se considera la capacidad de reproducción como un requisito indispensable para la vida, entonces un conejo macho (o hembra) no estaría vivo. La vida se reservaría a la pareja macho-hembra, conclusión bastante contraintuitiva²⁶.

Además, debe tenerse en cuenta que adoptar definiciones demasiado amplias supone asumir como vivas entidades que difícilmente serían aceptadas por la comunidad científica como tales. Si la vida se caracteriza por mantener niveles elevados de ordenación, entonces se podría considerar como vivos los tornados o las geodas, entre otras muchas entidades físicas. Algo que resulta inadmisibles. También es un riesgo que corren la mayoría, si no todas, las definiciones que se centran en la forma y dejan de lado la materia (véase Moreno y Fernández, 1997). ¿Pueden considerarse vivos los autómatas fabricados por el hombre? ¿Y los programas informáticos? Esto sería posible si tales entidades responden positivamente a los requisitos establecidos por las definiciones que se centran exclusivamente en los procesos (la forma, en vez de la materia) de lo vivo.

En relación con este primer problema se encuentra el segundo, a saber, los distintos enfoques dados por diferentes disciplinas. A pesar de que durante en los capítulos previos se ha pretendido dar una visión general acerca de lo vivo, ha podido verse como los enfoques dados por distintas disciplinas son, con frecuencia, bastante diferentes. Por ejemplo, como señala Smith (2018), “las explicaciones metabólicas de la vida tienden a ser populares entre los bioquímicos y otros autores en la comunidad de investigación de los orígenes de la vida” (p. 81). La mayoría de los biólogos, sin embargo, tienden a enfatizar los aspectos evolutivos, dado que la síntesis evolutiva moderna es el pilar fundamental de la biología tal y como se entiende actualmente. Por otro lado, disciplinas como la vida artificial o la astrobiología tienden a considerar

²⁶ No se va a entrar aquí en este ejemplo en concreto, ya que la respuesta, a la luz de lo visto hasta ahora, sería sencilla, si se adopta el criterio de separación entre el concepto vida y los individuos vivos (véase Bedau, 1998). Lo cual, por su parte, también puede resultar problemático.

definiciones menos restrictivas. Lo importante aquí es que, como señala Machery (2012), las definiciones apuntan a aspectos distintos, sin que haya un núcleo común. Esto le lleva a una posición escéptica respecto a la posibilidad de definir el concepto de vida.

Otro punto importante ya mencionado es considerar la vida como fenómeno o como propiedad individual. Ya se ha visto que, mientras los autores que priman la vida como sistema autosostenible se centran en la vida de los individuos, los que enfatizan la evolución tienden a hablar de la vida de las poblaciones. Mientras que los primeros identifican la vida con los seres vivos concretos, los segundos establecen dos planos distintos, el del fenómeno, y el de su concreción. Como indican Ruiz-Mirazo et al. (2004), esta cuestión puede plantearse a partir de la disyuntiva ecología/evolución. También como vida entendida sincrónicamente frente a vida entendida diacrónicamente.

Por tanto, y a modo de resumen, los únicos puntos en los que existe un mínimo consenso son:

- La vida está constreñida por las restricciones de las leyes físico-químicas. Tales leyes, aun siendo insuficientes para definir el concepto vida, son el marco general que restringe las posibilidades de lo vivo.
- La vida es un fenómeno complejo. El problema es cómo entender tal complejidad.
- En el centro del concepto de vida se encuentra la autosostenibilidad y la capacidad de evolucionar. La existencia de un sistema de aislamiento semipermeable también suele considerarse como algo constitutivo de lo vivo. Cómo se articula la relación entre estos tres aspectos, si existe una prioridad de uno frente a otro, o si existe un mecanismo subyacente a todos ellos, es ya otra cuestión.

Las conclusiones anteriores son demasiado vagas, no permitiendo establecer una definición consensuada. Y no parece que la situación vaya a cambiar en breve. Es por ello por lo que algunos autores se muestran escépticos sobre la posibilidad de definir el concepto de vida.

En este contexto, preguntarse por las estrategias de conceptualización sobre vida puede arrojar algo de luz sobre la cuestión. Ya se ha visto que para abordar una definición de vida, la mayoría de los autores tratados hasta el momento se centran en el contenido de

tal concepto. Es decir, qué propiedad, o propiedades, son relevantes, conforme a los criterios científicos establecidos en las ciencias de la vida. Para ello se valen tanto del establecimiento de hipótesis como de los resultados de la investigación científica (véase, a modo de ejemplo, Luisi, 1998, 2015). Este modo de proceder es imprescindible en toda disciplina científica. Sin embargo, ante la ausencia de resultados y la disparidad de criterios empleados, los autores escépticos muestran sus reservas sobre la posibilidad y utilidad de definir el concepto de vida. En definitiva, para los autores escépticos definir el concepto de vida no es una empresa científica.

En una situación como la descrita respecto al concepto de vida, con múltiples teorías incompatibles, resulta interesante analizar no sólo su contenido. También resulta interesante estudiar las estrategias de conceptualización que emplean los investigadores que se tratan con este problema. Esta cuestión está presente en la investigación científica, incluso si no se manifiesta de forma abierta. Algo que, por otro lado, no suele ser frecuente. A pesar de ello, algunos investigadores han considerado qué tipo de propiedades definen el concepto de vida, y la relación entre ellas, no es una cuestión secundaria, y, por tanto, debe ser convenientemente abordada (Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto, 2013).

Este enfoque podría servir de ayuda para resolver, por ejemplo, si se debe asumir que la vida es un concepto dual (todo-o-nada), como propone originalmente el concepto de vida como sistema autopoietico, o gradual, como proponen otros autores (p.e. Bedau, 1998, Ruiz-Mirazo et al., 2004). En este sentido, es interesante mostrar que según las teorías basadas en una única propiedad existe una tendencia a considerar vida de un modo esencialista. Esto es cierto tanto de aquellos que tratan vida como un concepto termodinámico o físico, como de los que consideran vida como un sistema autosostenible o evolutivo. Considerar este esencialismo es importante porque entra en contradicción con uno de los paradigmas fundamentales de la biología, esto es, su carácter histórico.

A partir de todo lo dicho en este apartado, puede decirse que existen dos grandes tipos de dificultades a la hora de definir vida. El primer tipo es evidente para todos los científicos que tratan la cuestión, esto es, las dificultades derivadas de su propio contenido. Esto remite a la cuestión que se ha venido a llamar en la introducción del presente trabajo como pregunta científica.

Pero, junto con ello, otras dificultades derivan de la poca atención que ha recibido el modo de abordar el problema. Esto es, qué estrategias de conceptualización se siguen a la hora de definir vida. Frecuentemente los investigadores explican vida de forma esencialista. Lo cual es problemático cuando el marco conceptual con el que habitualmente se trabaja en biología es no esencialista. Algunos autores, especialmente aquellos que abogan por teorías híbridas, son conscientes de esta cuestión. Pero dado que la conciencia de ello está lejos de ser mayoritaria, no es extraño que los críticos con la posibilidad de definir vida hayan puesto de manifiesto esta contradicción.

7.3 Autores críticos con la posibilidad de definir vida

En el presente apartado va a estudiarse la argumentación empleada por los principales autores críticos con la posibilidad de definir el concepto de vida. Estos son Cleland y Chyba (2002, 2007), Keller (2010), Tirard et al. (2010), Machery (2012), y Cleland (2012).

7.3.1 Evelyn Fox Keller: la vida como concepto convencional

Keller (2002, en Bedau y Cleland, 2010) comienza planteando el estatus del concepto de vida a partir del estudio del término “vida artificial”. Este término resulta ambiguo, ya que puede referirse tanto a la materialización física de la misma como a su simulación en el ciberespacio, y no siempre resulta fácil separar ambos aspectos. Ahora bien, en la medida que el desarrollo científico y tecnológico lo permita, la brecha entre las simulaciones (entendidas en un sentido más o menos metafórico) y los organismos realmente vivos puede ir estrechándose, algo que de hecho ya está ocurriendo. En este contexto cabe preguntarse, ¿cómo determinar el límite entre lo vivo y lo no vivo?

Algunos autores como Lange (1996) señalan que es el estudio empírico lo que determinará la frontera entre no vivo y lo no vivo. Otros como Levy (1993) consideran que el desarrollo tecnológico responderá esta cuestión. Sin embargo, según Keller (2010), para que la ciencia empírica (o la tecnología) puedan dar con una definición de

lo vivo, se precisa asumir previamente que la vida es entendida de un determinado modo, a saber, como género natural. Es por ello por lo que la delimitación del concepto de vida viene determinada por el tipo de entidad de que se trate, y en este sentido Keller considera que la vida no es un género natural. La pregunta acerca de si una entidad concreta pertenece (o no) al ámbito de lo vivo presupone la existencia de alguna esencia que permita esclarecer la cuestión. Para Keller (2010) las esencias son lo que determinan los géneros naturales:

Pero el mismo planteamiento de la pregunta en esta forma depende de una suposición previa, a saber, que existe una propiedad esencial y definitoria para la categoría de la vida, o que la vida es lo que los filósofos llaman un “género natural”. ¿Es la vida de hecho un género natural y no meramente humano? Si no es el caso, como Foucault argumentó de manera tan provocativa, la demarcación entre vida y no vida debería ser vista como un producto de la historia humana mejor que de la evolución. (p. 291)

Keller muestra cómo el concepto de vida ha variado notablemente en el curso de la historia. Con anterioridad al siglo XIX la demarcación de lo vivo venía dada por la muerte. Por ello, aunque el término vida existe antes del desarrollo de la biología del siglo XIX, su sentido difería notablemente de aquello a lo que se refiere actualmente. La vida antes de Lamarck no se definía en términos positivos, y por tanto, tampoco tenía sentido la búsqueda de un núcleo identificativo esencial. Esta situación cambia a partir del desarrollo experimentado por la biología decimonónica. La vida deja de ser entendida en oposición a la muerte. Lo opuesto a lo vivo pasa a ser lo inorgánico. Esta nueva situación permite definir la vida en un sentido positivo. Existen unas propiedades, unas esencias de lo vivo que permiten diferenciarlo de lo inorgánico. Ahora bien, la propia manera de delimitar la frontera entre lo vivo y lo inorgánico no está exenta de tensiones, lo que permite establecer diferentes delimitaciones.

Se llega así al núcleo de la crítica de Keller. Si la vida puede definirse de forma independiente a los seres humanos (esto es, como género natural), es porque existe un(as) esencia(s) que permiten identificar y acotar extensionalmente el término. Sin embargo, en la situación actual encontramos que i) no existe un consenso sobre el núcleo esencial ii) diferentes disciplinas emplean criterios distintos para establecer el

género. No puede, por ello, establecerse una delimitación nítida entre lo vivo y lo no vivo. Esta situación indicaría que el concepto vida hace referencia a un género humano convencional, no a un género natural. Por ello, considerando diferentes modos de organización pueden obtenerse diferentes taxonomías. Esta situación puede llevar hasta el absurdo:

Pero de cualquier manera, conceptual o materialmente, tales puentes invitan a la formación de nuevas agrupaciones, agrupaciones que necesariamente violan las taxonomías más extrañas. En lugar de unir plantas y animales en una sola categoría, podrían unir computadoras y organismos, tormentas eléctricas, personas y paraguas; o ejércitos y máquinas expendedoras. (Keller, 2010, p. 292)

Ahora bien, como Keller se pregunta, ¿no supone esto llevar el concepto vida demasiado lejos? ¿En función de qué pueden establecerse los distintos agrupamientos? La respuesta está, para Keller, en el carácter convencional del concepto, ya que vida es un género humano (*human kind*), sujeto a constricciones históricas y culturales. Ello permite que sean los valores e intereses de los humanos los que determinen las taxonomías, y no las restricciones dadas por la naturaleza.

Esta situación no impide definir el concepto de vida, pero lo hace en unos términos que la mayoría de los biólogos considerarían inaceptables. Como señala Cleland (2007), cuando los biólogos estudian la vida pretenden encontrar lo que la vida realmente es, independientemente de las convenciones establecidas por los seres humanos. Definir un concepto de forma exclusivamente convencional implica aceptar, al menos potencialmente, infinitas definiciones. Esto supone vaciar de contenido real cualquier posible definición.

7.3.2 Tirard, Morange y Lazcano. La vida como concepto histórico

Al igual que muchos otros autores, Tirard et al. (2010) recogen la diversidad de teorías existentes acerca de la vida. Lo paradójico resulta que esta diversidad tiene lugar en un

momento en el que el desarrollo de la biología molecular ha sido espectacular. ¿A qué se debe tal contradicción, y cómo abordar el problema? Como se verá, estos autores señalan que es preciso cambiar el modo de abordar las cuestiones relacionadas con el concepto de vida para encontrar respuestas satisfactorias.

Algunos investigadores, ante el desarrollo actual de la biología, proponen alcanzar el conocimiento de la vida a partir de la comprensión del punto exacto en el que ésta tiene lugar. Esta propuesta presupone un límite preciso entre lo no vivo y lo vivo. Sin embargo, tal y como se ha visto en el apartado anterior, autores como Keller (2002) señalan la inexistencia de tal límite, algo propio de los conceptos históricos. Para Tirard et al. (2010), siguiendo a Nietzsche, existen conceptos que no pueden ser definidos, y sólo tienen historia. Y es esta historia la que pretenden reconstruir.

Un primer aspecto interesante que los autores resaltan es la apremiante necesidad que ciertas disciplinas tienen para definir el concepto de vida. Esto ocurre en campos bien distintos:

La falta de una definición de vida puede ser en algunos casos una pesada carga para las ciencias biológicas. Esto puede verse, por ejemplo, en los intensos debates sobre la naturaleza última de las estructuras microscópicas en el meteorito marciano Allan Hills 84001; las interminables discusiones sobre si los virus están vivos o no; y más recientemente por los sorprendentes logros de la biología sintética, como lo demuestra la síntesis química de un genoma bacteriano completo y su incorporación al micoplasma (Bedau, 2010; Deamer, 2010; Gibson et al., 2010). También se refleja en los debates cargados de valores, influenciados por los principales avances en la investigación biomédica que se relacionan con el aborto, la eutanasia y los organismos transgénicos, por nombrar solo algunos. (Tirard et al., 2010, p. 1003)

Es interesante resaltar que esta urgencia es algo nuevo en las ciencias de la vida. Al menos entre el siglo XVIII y mediados del XX, la definición de vida no ha sido una cuestión prioritaria en la agenda de la mayoría de los biólogos. De hecho, durante este largo periodo muchos de los principales biólogos no poseen un concepto preciso de vida. Lo cual no supone que no tengan una concepción de la vida, entendida en un

sentido amplio, pero tal concepción no está articulada a través de una definición precisa y acotada:

Es algo sorprendente darse cuenta de que desde el siglo XVIII hasta la primera parte del siglo XX algunos de los naturalistas y biólogos más influyentes discutieron el origen y la evolución de la vida sin emplear definiciones precisas, confiando en cambio en concepciones bastante amplias de la vida, que incluía descripciones y explicaciones fenomenológicas. (Tirad et al., 2010, p. 1004)

Algunos ejemplos de este tipo de autores serían el conde de Buffon, Larmark, Darwin, Huxley u Oparin²⁷. Todos ellos abordaron aspectos relevantes de la vida, pero entendiéndola contextualmente, dentro de un marco general sobre sus investigaciones biológicas. Ninguno de ellos pretendió dar con una definición de vida. Al menos, no una definición que permita establecer, a partir de una(s) poca(s) propiedad(es) lo que es vida, de una vez y para siempre. Incluso algunos, como Lamarck, afirmaron que no es posible explicar la vida a partir de una simple definición, ya que debería incluir aspectos complejos como la transformación y organización de los seres vivos. Algo difícilmente abordable a través de una definición.

Para los autores, siguiendo la estela de Kant, todo esto apunta a que la vida es uno de esos conceptos empíricos que rehúyen ser definidos. Los conceptos empíricos suelen adaptarse mejor a los marcos contextuales que a las definiciones precisas, “quizás lo que se requiere es más un marco de referencia que una definición precisa” (Tirard et al., 2010, p. 1005). Dichos marcos se caracterizan por ser mucho más permeables a cambios en el estado de la cuestión que las definiciones rígidas. En tanto en cuanto son contextuales, también pueden ser diferentes, al menos parcialmente, en función del contexto de investigación. Pero simultáneamente existen relaciones entre los diferentes marcos, que permiten relaciones estables entre las distintas definiciones. Relaciones de mayor o menor proximidad, que no de identidad.

Hasta la fecha, ninguno de los intentos de definir la vida ha alcanzado un consenso suficiente. Quizá los listados de propiedades sean los menos satisfactorios, en la medida

²⁷ Para una visión alternativa respecto de Lamarck véase la nota 4.

que no ofrecen una explicación causal de las propiedades asociadas. Tampoco las teorías que pretenden explicar la vida a partir de los sistemas autónomos, la física de lo complejo o la evolución son aceptadas de manera generalizada. Ante esta situación, es lícito, tal y como Tirard et al. hacen, cuestionar no tanto las respuestas sino las preguntas relacionadas con el concepto a tratar.

Siguiendo esta línea de trabajo, estos autores consideran que las respuestas a las preguntas sobre vida se han centrado más en responder lo que es vida y lo que la diferencia de lo no vivo que en explicar cómo las características de la vida se fueron asociando a las entidades denominadas organismos, “¿cómo se asociaron progresivamente esas características en los objetos que llamamos organismos?” (Tirard et al, 2010, p. 1008). La búsqueda de una definición de lo vivo remite a la pregunta sobre qué es lo vivo. Y esta pregunta es de carácter sincrónico. Pero lo que realmente caracteriza lo vivo es su carácter diacrónico. De ahí que sólo desde un cambio de perspectiva puedan abordarse correctamente las cuestiones sobre vida.

Desplazar el foco de atención hacia cómo se adquirieron las características de la vida, en vez de centrarse en qué es la vida, tiene consecuencias importantes en el estudio de lo vivo. En primer lugar, porque supone el rechazo a la visión de que la vida es un fenómeno repentino, en vez de una sucesión de pasos desde lo no vivo hasta lo inequívocamente vivo. Entre ambos extremos no hay un paso fundamental que permite demarcar los límites, sino una sucesión de fenómenos en los que se integran los diferentes aspectos considerados en las distintas teorías (restricciones físicas, metabolismo, transmisión de la información). Esto permite incorporar elementos de distinta naturaleza a la hora de estudiar lo vivo, sin tener que establecer un criterio unívoco de demarcación. Además, este cambio de perspectiva hace que los casos límite sean especialmente interesantes.

Por ello, lo que se propone es un nuevo enfoque para abordar la vida. Las definiciones, tal y como son entendidas por Tirard et al. (2010), presuponen unas propiedades definitorias a las que no parecen amoldarse conceptos históricos complejos, como el de vida.

7.3.3 *Eduard Machery. O la vida no es definible, o no tiene sentido definirla*

Al igual que Tirard et al. (2010), Machery (2012) expone la paradójica situación entre el desarrollo de la biología molecular y las dificultades para encontrar una definición del concepto de vida. Sin embargo, Machery destaca que el interés por definir dicho concepto, más que encontrarse en disciplinas bien establecidas como la biología, tiene lugar en disciplinas recientes (astrobiología, vida artificial, vida sintética y origen de vida). Incluso desde ámbitos externos a la propia ciencia, como la ética, urge una definición que pueda servir como punto de partida para diversos dilemas morales. Ahora bien, el que distintos campos demanden una definición precisa de vida no implica, necesariamente, que tal empresa sea posible. O quizás, como señala Machery, lo que no se asegura es que se cumplan las expectativas que se tienen sobre tal concepto, “aunque puede ser posible definir vida, es algo inútil” (Machery, 2012, p. 145).

Machery plantea el problema de la vida desde dos perspectivas diferentes. O bien la vida es un *folk concept*, o bien se trata de un concepto científico. La investigación moderna de los *folk concept* no los considera definibles, mientras que como concepto científico su definición carece de sentido. Por tanto, para Machery debe abandonarse todo intento de definir la vida.

Respecto al primer caso, cabe decir que si la vida es un *folk concept* entonces responderá al modo en que la gente emplea el término a la hora de conceptualizar un conjunto en la vida ordinaria. Los elementos pertenecientes al conjunto podrían caracterizarse, en un principio, a partir de una definición. Sin embargo, actualmente pocos investigadores de los *folk concepts* apoyarían esta afirmación. Una de las dificultades que tiene considerar los *folk concepts* a partir de las definiciones es que existen muchos casos donde pueden encontrarse contraejemplos, tanto de individuos que se consideran pertenecientes al conjunto y no cumplen la definición, como de individuos que la cumplen pero no estaríamos dispuestos a considerarlos como miembros del conjunto.

Una solución es considerar que sólo algunos *folk concepts* pueden ser definidos. Estas definiciones son conocidas de forma explícita y no es posible encontrar en ellas contraejemplos o situaciones embarazosas en las que no quede claro si un individuo concreto forma parte o no del concepto. Se puede estar soltero o no, pero no existen situaciones límite en las que no quede claro si se está o no soltero. El concepto vida, sin

embargo, no puede ser definido de manera sencilla, al menos no en el modo en que se define el concepto soltero. En cualquier caso, Machery señala que las diferentes teorías actuales sobre los *folk concepts* evitan las referencias a las definiciones. Esto descartaría la vida como *folk concept*, al menos con el conocimiento actual que se tiene sobre los mismos.

La segunda posibilidad es considerar la vida como concepto científico. Machery señala que esta línea de investigación parece, a priori, más atractiva para muchos investigadores. Ello permitiría sacrificar algunas intuiciones comúnmente aceptadas pero que carecen de soporte empírico, (Boden, 1999), o considerar las posibles esencias de la vida (Cleland y Chyba, 2002; Bedau, 1998, Ruiz Mirazo et al., 2004). Y de hecho, esto es lo que ha ocurrido con otros conceptos precientíficos al incorporarse a la ciencia.

Sin embargo, para aceptar vida como concepto científico es preciso abordar algunas dificultades. La primera de ellas es hasta qué punto el término vida, definido científicamente hace referencia a lo que habitualmente se entiende por vida como *folk concept*. Quizá lo único que se esté haciendo es emplear un mismo término para conceptos que poco tienen en común. Por otro lado, no parece que tenga demasiado sentido definir la vida como concepto estipulado. Una definición científica describe las propiedades de las entidades reales a las que hace referencia (sean entendidas como clases naturales o en cualquier otro sentido). Las definiciones empíricas describen las propiedades, no las estipulan.

Si las objeciones vistas hasta ahora hacen referencia a dificultades de naturaleza lingüística, la principal argumentación en contra de las definiciones científicas del concepto de vida proviene de la variedad de disciplinas que tratan esta cuestión. Los objetivos, intereses y valores subyacentes a cada una de ellas son muy diferentes. En ocasiones, son incluso incompatibles entre sí. Machery ilustra la cuestión con diversos ejemplos. Así, mientras que algunas disciplinas biológicas consideran como una cuestión importante el soporte material, para otras disciplinas como la vida artificial esta cuestión es secundaria frente a las características funcionales de la misma. En la medida que las agendas de investigación difieren en cuestiones sustanciales, Machery considera poco probable que se llegue a una definición consensuada, incluso entre aquellas disciplinas como mayores puntos de contacto.

De una manera más o menos explícita muchos investigadores asumen que vida es un género natural. Esto podría llevar a pensar en una convergencia de las diferentes definiciones. Pero en el estado actual de las investigaciones no parece que exista un núcleo central de consenso. Esto no es debido a que unas estén equivocadas y otras no, o al insuficiente desarrollo de las mismas. De hecho, a medida que las distintas disciplinas avanzan parece que las diferencias, en vez de atenuarse, se acrecientan, y ninguna de las alternativas posibles parece dar con una respuesta satisfactoria.

En opinión de Machery queda una última alternativa: asumir como válida una pluralidad de respuestas. Esta es la única salida posible frente a una situación en la que no hay una coincidencia ni extensional ni intensional. No existe un núcleo común, unas propiedades mínimas a las que hacer referencia desde cualquier punto de vista. Aceptar una pluralidad de definiciones parece la única salida, al menos desde una perspectiva instrumental. Pero el precio a pagar es, en opinión de Machery, la imposibilidad de evaluar comparativamente las distintas definiciones, con lo que las mismas quedarían encapsuladas dentro de sus propios ámbitos de investigación. Por ello, Machery concluye que ligar los programas de investigación a la búsqueda de una definición de vida es una empresa inútil o sin sentido, y en cualquiera de los dos casos lo mejor que puede hacerse es abandonarla.

7.3.4 *Críticas al concepto de vida según Cleland*

Cleland es una de las investigadoras contemporáneas cuyas aportaciones al concepto de vida suscitan mayor debate. En Cleland y Chyba (2002, 2007) y especialmente en Cleland (2012, 2013) se muestra algunas de las dificultades a las que se debe hacer frente si se pretende dar respuesta al concepto de vida. Estas dificultades son de una doble naturaleza:

- En primer lugar, intentar definir la vida supone confundir el plano lingüístico con el epistémico. La vida no es un concepto definible, en el sentido que no puede definirse a partir de los usos lingüísticos del término. En lugar de buscar una definición, Cleland propone enmarcar la investigación sobre la vida dentro un marco teórico más general.

- En segundo lugar, por lo limitado de nuestros conocimientos. Conocemos un solo tipo de vida y de manera parcial. Con tan poca información resulta imposible establecer una teoría general sobre la vida.

Si la vida no puede ser definida a partir de los usos lingüísticos del término, y el conocimiento del marco teórico general sobre la misma resulta ser muy limitado, difícilmente se puede llegar a ninguna conclusión. El reconocimiento de tales limitaciones puede ser el acicate que permita avanzar, de manera efectiva, las investigaciones sobre la misma. Ello tiene implicaciones importantes, puesto que una mirada demasiado restrictiva tiene consecuencias prácticas sobre los modos de realizar investigación. Más aún en una situación donde el interés por la vida se ha revitalizado desde distintos campos, algunos de ellos muy alejados de los problemas clásicos de la biología tradicional.

Como ya se ha señalado, Cleland se muestra escéptica sobre la posibilidad de establecer una definición de lo que es vida. Para entender esta cuestión, es importante saber a qué se refiere Cleland al hablar de definición. Las definiciones se caracterizan, en su opinión, por su naturaleza lingüística. En tanto en cuanto lingüísticas, son las comunidades de hablantes las que establecen la relación entre el término y el referente. Las definiciones de términos como soltero establecen relaciones necesarias y suficientes sobre los mismos. Sin embargo, no ocurre lo mismo en términos como vida, “cuando un científico busca una respuesta a la pregunta ¿qué es la vida? no está interesado en un análisis del concepto humano contemporáneo de la vida. Quiere saber qué es realmente la vida”, (Cleland, 2012, p. 127).

Para ilustrar la situación, Cleland (2012) establece un paralelismo entre el concepto de vida y el de agua. Antes del desarrollo de la química molecular, no era posible establecer una teoría sobre lo que es el agua, al menos de un modo suficientemente satisfactorio. El conocimiento sobre la misma se realizaba sobre sus propiedades aparentes. Pero sin el marco teórico de la química molecular resultaba imposible un entendimiento profundo de lo que es el agua. Como mucho se podía establecer un listado de propiedades cuyas relaciones causales resultaban, en el mejor de los casos, débiles e incompletas. Una situación muy parecida a la que se encuentra actualmente el concepto de vida.

Entendiendo el estudio de la vida (y el agua) en el sentido que le atribuye Cleland, parece claro que ambos conceptos no son meramente estipulados. Es decir, no se puede afirmar que tales términos vengan dados por decisiones meramente

convencionales. La identidad “agua es H₂O” no es algo meramente estipulado, sino una cuestión empírica.

Uno de los puntos que se ha asumido hasta aquí es que términos como agua o vida hacen referencia a géneros naturales. Es decir, de alguna manera hacen referencia a géneros cuya realidad es independiente del investigador y de la comunidad de hablantes en la que este se desenvuelve. Por supuesto, existen muchas maneras de entender los géneros naturales, pero para la investigación es suficiente con asumir que la vida es algún tipo de género natural:

Basta decir que los biólogos creen que la vida es de género natural; creen que están explorando un fenómeno natural que existiría incluso si el Homo Sapiens no hubiera evolucionado en la Tierra. Asumo que tienen razón en esto y adopto una postura realista. Pero, como verá el lector, mi realismo no necesita ser demasiado fuerte para argumentar que un enfoque definitorio para entender la vida es fundamentalmente erróneo. (Cleland, 2012, p. 127)

El objetivo de Cleland no es considerar si la vida es un género natural, ni qué tipo de género natural es. Asumiendo que lo sea, pretende ver qué tipo de teorías permiten establecer definiciones y cuáles no. En este sentido, es importante destacar que solo entendiendo los términos dentro de las teorías descriptivas de la referencia es posible desarrollar los conceptos como definiciones. Para este tipo de teorías los términos vienen definidos por un conjunto de propiedades, y no permiten establecer diferencias claras entre los términos referidos a géneros naturales y los no naturales. Es decir, son las convenciones humanas las que determinan qué propiedades se asocian a cada término, y cuáles no.

Esta postura, sin embargo, fue duramente criticada por Putnam (1975) a través de ejemplos como el de la Tierra Gemela. Las teorías descriptivas no pueden dar cuenta de situaciones donde dos sustancias (H₂O y XYZ) tienen propiedades externas indistinguibles pero cuya composición química es diferente. ¿Son o no son la misma sustancia? ¿Qué ocurre si esta situación se da antes del desarrollo de la química

molecular? Esta y otras preguntas similares²⁸ ponen en aprietos a los defensores de las teorías descriptivistas, haciéndolas entrar en crisis hasta ser prácticamente abandonadas, al menos en su formulación original.

El que las teorías descriptivas tradicionales hayan sido abandonadas no significa que las teorías causales de la referencia no hayan sido aceptadas sin resistencia. Así, autores como Boyd (1999) desarrollan alternativas en las que se reformulan algunos aspectos del descriptivismo desde una perspectiva causal. Pero lo realmente importante para Cleland es que, tanto para las teorías causales de la referencia como para las alternativas contemporáneas los términos de género natural no pueden ser descritos mediante meras definiciones. Ello permite justificar su rechazo a la construcción de definiciones de vida. Aunque no siempre reconociéndolo de forma explícita, Cleland considera que los autores que tratan definir vida están asumiendo unos presupuestos sobre los términos de género natural ya superados.

A diferencia de aquellos que pretenden dar definiciones de vida, Cleland insiste en que las respuestas a las preguntas científicamente relevantes no pueden darse fuera de un marco conceptual, en una línea similar a la defendida por Tirard et al. (2010). Por ello, las afirmaciones del tipo “el agua es H₂O” no son definiciones. Y no lo son porque tras ellas subyace todo un marco teórico sobre el que dicha identidad descansa, y sin el cual pierde el sentido. Decir “el agua es H₂O” supone asumir todo un conjunto de leyes y teorías físico-químicas respecto a la naturaleza de la materia, las relaciones entre los elementos, etc.

Por todo ello Cleland considera que el estudio sobre vida solo puede hacerse a partir de un marco general, del cual lamentablemente carecemos. Pero antes de continuar, debe considerarse una cuestión añadida a los supuestos dados hasta el momento. Se ha asumido acríticamente que la vida es un género natural por el simple hecho de que así la consideran la mayoría de los biólogos. Sin embargo, ¿qué ocurre si, siguiendo a autores como Keller (2010), la vida no es un género natural? Incluso en este caso la situación, en opinión de Cleland, no cambia. Porque la afirmación de que vida no es un género natural solo puede realizarse dentro de una teoría general sobre lo vivo, y no a partir del mero análisis de los usos lingüísticos.

²⁸ A pesar de que el ejemplo de la Tierra gemela es el que más fortuna ha tenido, Putnam explica otras situaciones similares. Por ejemplo, señala que, a pesar de que él mismo no es capaz de distinguir los olmos de la hayas, esto no significa que la extensión de ambos términos sea la misma.

En lo visto hasta el momento parece bastante claro que para encontrar una respuesta satisfactoria sobre el concepto vida no basta con una definición descontextualizada. Se necesita toda una teoría sobre lo vivo que soporte las afirmaciones que puedan hacerse sobre vida. En este sentido Cleland, en la línea de otros autores, insiste que la biología actual está muy lejos de establecer un marco general sobre lo vivo. Y ello es debido a que se conoce un solo tipo de vida, la terrestre.

Según las teorías actuales sobre el origen de la vida en la tierra, todos los seres vivos descienden de un mismo ancestro (LUCA). Y con solo un individuo de un género resulta difícil establecer qué aspectos resultan relevantes y cuales son meros accidentes. La enorme biodiversidad existente en la Tierra contrasta con la escasa variedad bioquímica en la que se fundamenta. El empleo de aminoácidos distintos a los 20 que pueden encontrarse en los seres vivos, la consideración de distintos nucleótidos o azúcares en el ADN o el ARN, o los modos en que las proteínas se sintetizan a partir de la información del ADN permiten pensar en otras posibilidades distintas. El que no se hayan desarrollado en la Tierra no implica que sea imposible el desarrollo de la vida basada en una bioquímica diferente.

La situación resulta similar a la que se daría si se pretendiera definir a los mamíferos solo conociendo a las cebras. ¿Cómo distinguir los aspectos accidentales, como el hecho de poseer rayas, de otros mucho más importantes como las glándulas mamarias? De hecho todas las cebras poseen rayas, mientras que solo las hembras poseen glándulas mamarias. En este limitado contexto los intentos que pretenden definir vida están condenados al fracaso.

Así pues, que cabe preguntarse sobre el tipo de teorías que pretenden explicar el concepto vida. En primer lugar se encuentran las propuestas que explican la vida a partir de sus propiedades sensibles. El problema es que al carecer de una teoría general, estas teorías no dejan de ser listados más o menos afortunados, sin conexiones causales claras entre los elementos que los componen. La situación es similar a intentar describir el agua sin una teoría molecular, solo a partir de sus propiedades sensibles.

Frente a las teorías basadas en listados, las teorías que pretenden ser explicativas adolecen de un exceso de generalidad. Las teorías de base termodinámica incluyen casos difícilmente considerados como vida (p.e los cristales), mientras que las teorías evolutivas no pueden dar cuenta de las situaciones problemáticas más que mediante estipulaciones. Por último se encuentran las propiedades funcionales asociadas a la

vida, esto es, la vida como capacidad de autorregulación y la vida como capacidad de reproducirse y transmitir modificaciones adaptativas. La evidencia de que tales propiedades sean el fundamento de la vida resulta limitada y parece apuntar, más bien, a propiedades más básicas desconocidas:

La noción de que estas características proporcionan los mejores candidatos para las propiedades esenciales de vida se basa en la suposición de que la vida es funcional y no compositiva o estructural. Pero hay poca evidencia empírica que apoye las suposiciones de que la vida es un género funcional. Por lo que sabemos, estas características funcionales generalizadas de la vida terrestre contemporánea representan síntomas poco fiables de propiedades de vida, más fundamentales pero aún desconocidas. (Cleland, 2012, p 130)

El escepticismo mostrado por Cleland hacia el modo en que se ha tratado la cuestión sobre la vida pretende, más que minar el concepto en sí mismo, reorientar las investigaciones en un sentido diferente. En primer lugar, propone abandonar la empresa de definir vida, por los motivos ya expuestos. En segundo lugar, pretende obtener una comprensión más profunda del marco general en el que se desenvuelve la vida. Para ello insiste en la necesidad de una apertura de miras más allá de la vida tal y como es conocida en la Tierra.

Esta apertura resulta imprescindible en disciplinas tales como la astrobiología o la biología sintética. Las dificultades encontradas en investigaciones como la búsqueda de vida en Marte pueden provenir, al menos en parte, de un marco teórico demasiado restrictivo. La NASA, por ejemplo, ha empleado en la misión Vicking métodos de identificación basados en definiciones metabólicas que difícilmente pueden detectar alternativas diferentes a la vida tal y como es entendida en la Tierra. Así pues, la búsqueda de anomalías y situaciones límite puede servir como punto de partida para una investigación del concepto de vida más amplio.

Cleland y Copley (2005) llevan esta última posibilidad aún más lejos. Es una afirmación comúnmente aceptada el hecho que toda la vida en la Tierra descienda de LUCA. Pero en la medida que LUCA es un organismo relativamente complejo, éste debe proceder de formas menos evolucionadas. Nada impide pensar que una posible variabilidad en

los estadios previos a LUCA pudiera dar lugar a distintas formas de vida. Sin un conocimiento más completo de la físico-química de la Tierra primigenia no se puede afirmar o negar la posibilidad de que formas previas de vida emplearan distintos aminoácidos o proteínas a los empleados por LUCA.

Afirman, incluso, que tales formas de vida no tendrían por qué haberse extinguido y podrían encontrarse aún en la Tierra. El que no se hayan detectado hasta el momento no resulta tan sorprendente si se tiene en cuenta que hasta épocas bien recientes no se ha establecido una diferenciación precisa entre los reinos Archaea y Bacteria. Por otro lado, si las interacciones entre la vida descendiente de LUCA y otros modos de vida alternativos fueran limitadas su detección sería muy improbable²⁹. En este y otros contextos Cleland propone alejar el estudio de la vida de los campos tradicionales de investigación:

En otro lugar he argumentado que la solución a este enigma es buscar anomalías. En el contexto de nuestras preocupaciones, en este artículo, las anomalías son sistemas físicos que se asemejan a la vida familiar en la Tierra de maneras provocativas y, sin embargo, también se diferencian de ella de maneras importantes e imprevistas. (Cleland, 2012, p. 141)

Este modo de avanzar no puede realizarse a partir de definiciones preestablecidas, cuyo objetivo sea identificar lo vivo frente a lo no vivo. Los criterios propuestos son tentativos, y como tales son necesariamente incompletos y modificables en la medida que la investigación avance. Aunque el punto de partida sea las características de la vida en la Tierra, estas no pueden ser tomadas como un criterio definitivo.

²⁹ Para más información sobre esta posibilidad señalada por Cleland Y Copley (2005), véase la nota 55.

7.4 Conclusiones: el esencialismo inherente en las críticas al concepto de vida

Los autores estudiados en los apartados anteriores tratan de mostrar, desde perspectivas distintas, la imposibilidad o la inutilidad de definir el concepto de vida. Todos ellos son conscientes de las dificultades con las que se encuentran los investigadores actuales. Algunos se muestran escépticos con la posibilidad de definir el término, pero no con el concepto en sí. Cleland (2012) insiste en nuestro limitado conocimiento respecto a los posibles tipos de vida, lo cual hace imposible establecer un marco teórico general.

Por su parte, otros autores parecen favorecer una visión donde lo vivo no debe formar parte de los programas de investigación (Machery, 2012), o niegan cualquier compromiso realista del concepto (Keller, 2010). Respecto a los diferentes modos de abordar la cuestión, vale la pena diferenciar entre las posturas de Cleland (2012) y Tirard et al. (2010), por un lado, y las de Keller (2010) y Machery (2012), por otro. Los primeros se limitan a abandonar la posibilidad de definir el concepto. Sin embargo, no rechazan el concepto de vida, aunque lo consideren dentro de un contexto más general. Los segundos, sin embargo, niegan la posibilidad de que el concepto pueda referirse a nada más allá de las meras convenciones.

Ahora bien, en los diferentes modos de presentar el problema subyacen algunas líneas comunes que merecen ser destacadas:

- *Objeciones a la definición de vida como género natural.* Encontrar una definición de vida supone, para estos autores críticos, asociar el concepto con unas características o propiedades esenciales. Estas propiedades definen de forma necesaria y suficiente el concepto al que se refieren. Por tanto, definir vida supone, para todos estos autores, que vida es un género natural.

Es importante destacar, por motivos que posteriormente se expondrán, que el género natural al que remiten es de tipo esencialista intrínseco. Es decir, existen unas esencias propias del género e independientes del investigador que determinan la pertenencia o no al género en cuestión. Ahora bien, la investigación actual no parece ponerse de acuerdo en qué propiedades definen la vida de forma necesaria y suficiente. Y lo que es más importante, el mayor

conocimiento de lo vivo no ha supuesto un avance hacia un consenso mínimo, sino más bien al contrario.

- *Las esencias no son compatibles con el marco evolutivo.* Una segunda dificultad relacionada con la anterior proviene del carácter ahistórico de las esencias. Éstas determinan unívocamente y de una vez para siempre la pertenencia al género. Un electrón es una partícula con unas propiedades determinadas (carga eléctrica, masa...), en cualquier lugar y momento. Pero las entidades que estudia la biología son históricas, dado que evolucionan a lo largo del tiempo, siendo dicho carácter evolutivo consustancial a las mismas.
- *Las definiciones no son capaces de establecer una demarcación del concepto de vida.* Las definiciones, según los autores críticos, deben establecer límites precisos a los conceptos definidos. Pero mediante el concepto vida no se pueden establecer unos límites precisos entre lo vivo y lo no vivo. Como puede verse, este punto deriva del primero, es decir, de entender la vida como género natural esencialista.
- *Descontextualización de las definiciones de vida.* Los conceptos complejos como el de vida sólo pueden ser entendidos dentro de un marco conceptual más amplio. Desde un punto de vista epistémico, las definiciones establecen unas condiciones demasiado rígidas y estáticas, incompatibles con la investigación de conceptos complejos como el de vida.
- *Confusión del plano lingüístico y el epistémico.* Si los conceptos científicos como el de vida pretenden describir un concepto real, no pueden ser meramente estipulativos. Si lo fueran las definiciones carecerían de interés para los científicos. Ahora bien, de la crítica al primer punto se deduce que la salida más plausible para el concepto de vida es que se estipule, puesto que no se trata de un género natural. Los investigadores que tratan la vida no son lingüistas, es decir, no pretenden estudiar el uso del término lingüístico por los hablantes, sino aquello a lo que el término realmente se refiere. Cualquier otra solución remitiría a un problema lingüístico, pero no científico.
- *Asunción de teorías descriptivas de la referencia.* Lingüísticamente, las definiciones suponen asumir algún tipo de teoría descriptiva de la referencia. Sin embargo, estas teorías han sido desplazadas por las teorías causales de la referencia, donde el referente no puede definirse a partir de un listado de propiedades

- *Escepticismo frente la pluralidad de propuestas.* Aunque esta pluralidad no es en sí una refutación determinante, sirve de punto de partida para las reflexiones de los autores críticos. ¿Por qué hay tal pluralidad, y cómo es posible que el desarrollo de las ciencias biológicas parezca aumentar la disparidad de criterios, en vez de encontrar puntos de unión? Esta situación apunta a que la vida no es un género natural, puesto que no es posible establecer unas esencias mínimas comunes. Esto lleva a pensar que la vida sólo puede ser entendida dentro de ciertos intereses y valores propios de las comunidades que estipulan el concepto, y no de otra manera.

Las objeciones consideradas anteriormente son asumidas por la mayoría, si no por todos, los autores tratados. Es interesante mostrar que estas objeciones van más allá de los contenidos de las definiciones, estableciendo una crítica a la propia posibilidad de definir. Esto les lleva a emplear determinadas estrategias de conceptualización. Es decir, los autores críticos van más allá de lo que diga una u otra definición, para centrarse en lo que supone en sí definir. Así, en todos los casos se asume la idea de que definir la vida supone asumir que es un género natural esencialista. Los problemas derivados de la pluralidad de propuestas también son tratados por todos los autores. Así como los derivados de los marcos conceptuales. Las cuestiones lingüísticas son tratadas en profundidad por Cleland (2012), apareciendo en menor medida en Machery (2012) y Keller (2010). Los problemas de demarcación y las cuestiones de los límites son estudiados especialmente por Tirard et al. (2010), así como por Cleland (2012), también otros no tratados aquí como Szostak (2012). Indirectamente aparecen en Keller (2010) y Machery (2012).

Como puede verse, el conjunto de estas objeciones tiene como objetivo fundamental criticar el esencialismo de las definiciones de vida. Esta crítica al esencialismo intrínseco es compartida en el presente trabajo. Sin embargo, limitar los géneros naturales a un tipo concreto de esencialismo intrínseco con un fuerte compromiso metafísico excluye otras estrategias diferentes para conceptualizar vida.

Es cierto que la mayoría de los científicos tratan de encontrar qué propiedad, o propiedades, definen vida de forma unívoca. Pero, además, los autores críticos consideran que el esencialismo fija tales propiedades de una vez para siempre. Algo que no coincide con las prácticas científicas. Puesto que, si bien los científicos definen vida a partir de ciertas propiedades, en sus prácticas las definiciones son

revisables. Es decir, si bien la mayoría de los científicos son esencialistas ontológicos (esto es, consideran que existen unas propiedades esenciales sobre lo que es vida independientes de los seres humanos), no lo son desde una perspectiva epistémica. Esto es así porque consideran que las propiedades pueden ser modificadas conforme avanza la investigación científica. Como se verá, esta cuestión será relevante a la hora de considerar la posibilidad y utilidad de definir vida.

8. POSIBILIDAD Y UTILIDAD DE DEFINIR EL CONCEPTO DE VIDA

8.1 Introducción

Tal y como ha podido verse en los capítulos anteriores, existen dificultades importantes para definir vida. Estas dificultades tienen una doble naturaleza. Mientras que unas derivan del propio contenido del concepto (pregunta científica sobre qué es vida), otras se deben al tipo de concepto que sea vida (pregunta filosófica). En este sentido, el presente capítulo pretende responder a las dos primeras preguntas filosóficas consideradas en la introducción, esto es, **¿es posible definir el concepto de vida?** y **¿es útil para la investigación científica?**

La mayoría de los autores que tratan de definir vida se centran en los contenidos. Por su parte los críticos consideran, además, el tipo de concepto de que se trata. De hecho, la mayoría de las objeciones tienen como base el carácter esencialista de una parte importante de las definiciones. Una de las cuestiones que se ponen de manifiesto en este trabajo es la contradicción entre el esencialismo implícito de la mayoría de las definiciones y el rechazo de los biólogos al esencialismo. Por ello, en este punto se coincide con los escépticos respecto a la posibilidad de definir vida. Así pues, una de las cuestiones importantes mostradas en la presente tesis es la falta de coherencia entre el discurso suscrito por la mayoría de los biólogos, contrario al esencialismo, y el modo esencialista con el que se plantean muchas de las definiciones de vida.

Sin embargo, los autores críticos llevan sus objeciones demasiado lejos, en la medida que el esencialismo al que hacen referencia no coincide exactamente con el esencialismo empleado en las definiciones. Por otro lado, los críticos obvian que el esencialismo no es la única alternativa para definir vida. La consecuencia que extraen los críticos con el esencialismo intrínseco es que no es posible, ni útil, definir vida. A diferencia de ellos, aquí se va a defender que esta conclusión no está justificada. A demostrar esta posición es a lo que se dedicará el presente capítulo.

Conviene recordar que todos los autores críticos, más allá de sus diferencias, consideran que definir vida supone:

- a) Encontrar las propiedades necesarias y suficientes que permitan definir la vida. Es decir, definir supone conocer la(s) esencia(s) de vida.
- b) Estas condiciones deben establecer la definición de manera unívoca, de forma que se establezcan de una vez y para siempre.
- c) De los dos puntos anteriores se deduce que establecidas las esencias, estas establecerán de forma precisa el límite entre lo vivo y lo no vivo.
- d) Por último, las propiedades de los géneros esencialistas son independientes de los investigadores, de sus intereses y valores.

En sus argumentaciones, los autores críticos señalan objeciones a los cuatro puntos anteriores. En la medida que tales puntos se asocian a la idea de género natural, queda claro que la vida no puede definirse porque no cumple con los requisitos exigidos. Sin embargo, como señalan Bich y Green (2018) respecto a Machery (2012) y Cleland (2012), estas críticas sólo son asumibles para una idea de género natural con una fuerte carga esencialista. Es decir, en la medida que no pueden cumplirse los requisitos a-d, los autores críticos con la posibilidad de definir la vida proponen abandonar todo intento de conseguirlo.

En un contexto fuertemente esencialista no es posible, ni útil, definir vida. Vida no puede definirse de forma unívoca, en función de un(as) propiedad(es). Existen diferentes modos de formular esta cuestión: lo difuso de los límites, el que diferentes disciplinas empleen distintos criterios clasificatorios, etc. Por otro lado, el escepticismo considera que definir vida no solo no es posible, sino que no es útil. Recuérdese que para autores como Machery (2012) puede ser, incluso, contraproducente.

Sin embargo, existe una consideración que no ha sido suficientemente valorada por los críticos. A pesar que la mayoría de los autores que definen vida lo hacen en un sentido más o menos esencialista, dicho esencialismo no se establece de una vez para siempre. Al contrario, las prácticas científicas son revisables. Recuérdese, por ejemplo, el caso de Dyson, quien modificó radicalmente su inicial apuesta por la idea de vida como sistema metabólico.

Por lo tanto, los científicos son más flexibles desde una perspectiva epistémica de lo que consideran sus críticos. Esto es cierto incluso en aquellos casos que se parte de una definición marcadamente esencialista, como es el caso de la autopoiesis, tal y como se verá en el presente capítulo. Es por ello por lo que, al contrario de lo que afirman los

autores críticos, definir vida sí es posible, y útil para la investigación científica. Para lo cual se debe entender que las definiciones, tal y como son empleadas por los científicos, tienen un sentido operacional.

8.2 Es posible definir vida, en un sentido operacional

Una alternativa interesante a la hora de definir vida es la desarrollada por Bich y Green (2018). Estos autores, en vez de focalizar la atención en el problema de si la vida es o no un género natural, desplazan la atención hacia la utilidad práctica y teórica de definir el concepto. Como ocurre con otros conceptos, definir puede ser relevante en un sentido operacional, esto es, relevante para la investigación científica. Incluso en aquellos casos donde no existe una definición unánimemente reconocida, definir tiene un valor para las teorías y prácticas científicas. Ocurre algo similar en conceptos como gen, enfermedad u organismo. Aunque no está claro si algunos de estos conceptos son o no un género natural (al igual que ocurre en el caso del concepto de vida), no por ello no dejan de ser conceptos relevantes. Los científicos comparan y evalúan definiciones alternativas, y ello resulta crucial en sus investigaciones:

Las definiciones de vida juegan un papel similar a las definiciones de otros conceptos científicos como 'gen', 'enfermedad' u 'organismos' que desempeñan roles relevantes en los discursos científicos y filosóficos a pesar de la falta de consenso o de optimismo de que estos se correspondan con distintos o inequívocamente definibles géneros naturales (...). Como estos conceptos, la noción de "vida" puede verse como una herramienta conceptual para diferentes sistemas experimentales y programas de investigación. Puede jugar un papel importante en la actividad teórica de comparar, a través de referencias a definiciones, diferentes tipos de sistemas que se consideran casos límite con implicaciones epistémicas. (Bich y Green, 2018, p. 3924)

Bich y Green aceptan como correctas las críticas de Machery (2012) y Cleland (2012) respecto de las definiciones con un fuerte compromiso metafísico. Pero el modo en que las definiciones son entendidas por los científicos es mucho más flexible, abierto y plural. Este modo de definir es lo que denominan definir operacionalmente. Comparativamente, proponen el siguiente cuadro sinóptico:

DEFINICIONES FUERTES	DEFINICIONES OPERACIONALES
<p>(fuerte) compromiso ontológico</p> <p><i>Demarcación de vida: cortando a partir de géneros naturales</i></p>	<p>Compromiso instrumental</p> <p><i>Herramientas epistémicas y teóricas: guía para debates y experimentos</i></p>
<p>Completa</p> <p><i>Condiciones necesarias y suficientes</i></p>	<p>Abiertas</p> <p><i>Condiciones de necesidad (y satisfacción) provisionales</i></p>
<p>Fijas</p> <p><i>Categorías estáticas</i></p>	<p>Flexibles</p> <p><i>Variaciones en la práctica operacional</i></p> <p><i>Las definiciones evolucionan en el tiempo</i></p>
<p>Unificación</p> <p><i>El consenso y la generalización de las características de toda la vida son los valores clave</i></p>	<p>Pluralismo</p> <p><i>Su objetivo es el debate, cambio y revisión</i></p> <p><i>La utilidad es el valor clave</i></p>

Tabla 4: Definiciones fuertes y operacionales. Fuente: Bich y Green (2018), p. 3941

Tras analizar las dificultades a las que se enfrentan las definiciones según Machery (2012) y Cleland (2012), Bich y Green llegan a la conclusión que ninguna de ellas afecta las definiciones en un sentido operacional. Por tanto, el modo adecuado de enfocar la definición de vida es desde esta perspectiva, no desde un esencialismo que define los conceptos de una vez para siempre. En sus prácticas científicas, los investigadores parten de determinadas hipótesis. Dichas hipótesis pueden ser explícitas o implícitas. Pero, en cualquier caso, las definiciones no se establecen como entidades fijas e

inmutables, tal y como parece sugerir tanto los críticos, como Bich y Green en las definiciones en un sentido fuerte.

Por el contrario, en la investigación científica las definiciones son entendidas en un sentido operacional, como instrumentos revisables de trabajo. Esto supone que pueden servir de guía para las investigaciones. Para guiar la investigación necesitan ser evaluadas. De hecho, una definición que no pueda evaluarse difícilmente puede decirse que sea científica. El dogmatismo que se desprende de una hipótesis establecida de una vez para siempre no se ajusta con la práctica científica. Aunque en ocasiones hayan reticencias para aceptar los resultados de las evaluaciones que no casan con las teorías establecidas, o puedan darse situaciones de mala praxis científica.

Bich y Green contraponen las definiciones operacionales con las definiciones fuertes. Estas, a su vez, son entendidas como géneros naturales, por lo que los autores sugieren abandonar dicho escenario. A diferencia de Bich y Green (2018), aquí se propone que esto no es necesario, ya que existen modos alternativos de entender los géneros naturales, en un sentido no esencialista³⁰. El problema de los géneros naturales esencialistas en biología no se limita exclusivamente al caso del concepto de vida. Lejos de ello, es en torno al concepto de especie a través del cual se han articulado diversas alternativas a la idea esencialista de género natural, las cuales no poseen las propiedades a-d señaladas al principio del presente apartado.

Si el debate sobre el tipo de género natural que sean las especies ha generado una intensa reflexión, en el caso de vida los autores considerados parecen haber obviado la mayoría de las alternativas, centrándose exclusivamente en los géneros naturales esencialistas. Una excepción a este modo de entender la vida como género natural es la postura de Diéguez (2008, 2013), quien defiende que la vida puede definirse a partir de la idea de agrupación homeostática de propiedades. También resulta destacable, en este sentido, el trabajo de Ferreira y Umerez (2018), así como de Soler (2019) y Amilburu y Soler (en prensa). En definitiva, el cuadro de Bich y Green podría modificarse en el siguiente sentido, de manera que se recogieran todas las posibilidades:

³⁰ Para ser más exactos, se debe especificar “género natural no esencialista intrínseco”, puesto que Boyd (1999) defiende que su propuesta es esencialista. Pero el tipo de esencialismo que defiende difiere notablemente del esencialismo intrínseco de Ellis (1998), en la medida que incluye propiedades relacionales como “ser descendiente de”.

Definiciones metafísicamente fuertes	Definiciones metafísicamente debilitadas		Definiciones operacionales, sin considerar géneros	Definiciones estipuladas (convencionales)
Vida como género natural esencialista	Vida como género natural no esencialista		Vida entendida no como género, ni natural ni convencional	Vida como convención humana
	Con compromiso causal	Sin compromiso causal		
Compromiso causal	Compromiso causal e instrumental	Compromiso instrumental	Compromiso instrumental	Compromiso instrumental
Completa	Abierta	Abierta	Abierta	Abierta
Fija y estable	Parcialmente fija y parcialmente flexible. Operacional.	Parcialmente fija y parcialmente flexible. Operacional.	Flexible y operacional.	Totalmente convencional
Compromiso realista	Compromiso realista y epistémico	Compromiso realista y epistémico	Compromiso epistémico	Compromiso sociolingüístico

Tabla 5: Modificación de la tabla de Bich y Green.

Resulta interesante mostrar que los autores críticos para definir la vida sólo atienden a las columnas de los extremos del cuadro. Por su parte, Bich y Green (2018) recogerían la segunda columna de la derecha, mientras que Diéguez (2008, 2013), así como Ferreira y Umerez (2018), la segunda de la izquierda. En esta tesis se tratará de defender que, al contrario de lo que señalan Bich y Green, vida puede ser entendida como género natural, y también en un sentido operacional. Con lo que la columna “definiciones operacionales, sin géneros naturales”, sería prescindible. Esto es así en la medida que los géneros naturales no esencialistas y las definiciones operacionales son plenamente compatibles.

Por supuesto, se pueden seguir defendiendo las definiciones operacionales y negando la posibilidad de que sean géneros naturales no esencialistas. Pero esta posibilidad no ha sido por el momento argumentada. Las críticas de Bich y Green se dirigen, como las

de los autores críticos, a los géneros naturales esencialistas. Pero no son válidas para el resto, como se verá en próximos capítulos.

Por último, una posibilidad no contemplada por ninguno de los autores sería entender la vida como género natural pero sin compromiso causal, de forma similar a como Dupré (2002) entiende las especies. Todas estas posibilidades se tratarán en profundidad en capítulos posteriores. En este momento se pretende mostrar que:

- Las críticas a la definición de vida sólo parecen ser válidas para unas alternativas muy concretas (géneros naturales esencialistas) y no para todo el espectro de posibilidades
- Vida se puede definir operacionalmente. De hecho, este es el modo real de proceder en la práctica científica.
- Definir operacionalmente es útil para las prácticas científicas

8.3 Respuestas a las objeciones sobre la posibilidad de definir la vida

En los apartados anteriores se ha mostrado que los autores que critican la posibilidad de definir la vida suponen el cumplimiento de las condiciones a-d. Esto equivale a asumir que la vida es un género natural esencialista. A partir de las críticas de Bich y Green (2018) se ha visto que este modo de entender la vida no corresponde con la realidad de la práctica científica, mucho más cercana a las definiciones operacionales. Sus críticas al esencialismo coinciden con las de Machery (2012) y Cleland (2012). Pero entendida operacionalmente la vida puede ser, en su opinión, definida.

Por otro lado, las propuestas de Diéguez (2008, 2013), Ferreira y Umerez (2018) y Soler (2019) muestran escenarios alternativos para el concepto de vida. Estos autores consideran que puede ser un género natural, pero rechazando el esencialismo con un fuerte compromiso metafísico. En cualquier caso, lo que parece claro es que vida no es un género natural esencialista, lo cual no descarta otro tipo de estrategias ligadas a los géneros naturales no esencialistas.

Con ello se refuta la conclusión según la cual vida no se puede definir, puesto que no es un género natural. Para negar esta posibilidad se debería mostrar que vida no puede

entenderse como género natural en cualquiera de los diferentes escenarios alternativos ligados al concepto de género natural. Algo que los autores críticos no hacen, puesto que se limitan a un estereotipo simplificado de género natural, obviando las aportaciones más relevantes en filosofía de la biología.

Así pues, queda refutada la principal objeción de los autores críticos, según los cuales vida no puede definirse por no ser un género natural, tal y como aparece en el apartado 7.3. Ahora bien, siendo esta la primera de una serie de objeciones, cabe preguntarse qué ocurre con el resto:

- *Las definiciones no son capaces de establecer una demarcación del concepto de vida.* El problema de la demarcación es equivalente al establecimiento de unos límites precisos. En el caso concreto de la vida, esto se traduce en la existencia de una frontera precisa entre lo vivo y lo no vivo, como ocurre en algunas concepciones de vida. Tal y como se vio en el primer capítulo, algunas teorías apuntan a que existen unas propiedades fundamentales que permiten establecer la demarcación del concepto. Sin embargo, la investigación actual sobre diversos aspectos de la vida (vida mínima, virus, priones...) parece incidir en lo difuso de los límites. Esta indefinición de la frontera entre lo vivo y lo no vivo resulta compatible con definiciones instrumentales de vida, sea o no un género natural. Resulta llamativo que uno de los argumentos empleados en contra de la posibilidad de definir vida es lo borroso de las fronteras de lo vivo, así como las dificultades en el estudio de las situaciones límite. Las fronteras solo son precisas en las propuestas con un marcado compromiso metafísico, pero no en el resto.
- *Descontextualización de las definiciones de vida respecto al marco teórico.* Tanto para Cleland (2012) como para Tirard et al. (2010), uno de los problemas de las definiciones es que se ajustan peor al concepto de vida que los marcos teóricos globales. Es decir, establecen una dicotomía entre considerar la vida a partir de un marco teórico o partiendo de una definición. En favor de esta postura argumentan que los marcos teóricos son más flexibles y generales que las definiciones. Sin embargo, tal y como señalan Bich y Green, no existe tal dicotomía. En vez de ello, lo que realmente hacen las definiciones es resumir los aspectos más relevantes del marco teórico. Pero en tanto que ajustadas a dicho marco, son tan revisables como cualquier otro elemento del mismo.

Nuevamente, la descontextualización sólo resulta ser un problema si se considera que definir vida es establecer unas condiciones necesarias y suficientes, de una vez para siempre.

- *Confusión de los planos lingüístico y epistémico. Aceptación de teorías descriptivas de la referencia.* Para Cleland (2012), las definiciones son de naturaleza fundamentalmente lingüística. Sin embargo, los investigadores que estudian la vida no están interesados por el uso de que los hablantes hacen del término, sino por aquello a lo que el término realmente se refiere. Cleland considera que las definiciones, en tanto que ligadas a unas propiedades necesarias, van ligadas a las teorías descriptivas de la referencia. Ahora bien, estas teorías parecen haber sido desplazadas tras el desarrollo de las teorías causales de la referencia (aunque siguen teniendo sus defensores, véase Laporte, 2004). Al igual que en los casos anteriores, esta dificultad queda superada si se considera que existen alternativas a la consideración de las definiciones a partir de unas propiedades necesarias y suficientes.
- *Escepticismo frente la pluralidad de propuestas.* Respecto a esta cuestión, Machery (2012) parte de la suposición de que diferentes disciplinas emplean definiciones distintas, y a menudo, incompatibles. Sea el caso de tres disciplinas que definen la vida a partir de tres propiedades distintas:
 - $Def_1(A, B, C)$
 - $Def_2(A, C, D)$
 - $Def_3(B, D, F)$

No existe una propiedad mínima común compartida, y por tanto, la vida no puede ser definida. Respecto a esta cuestión se pueden realizar algunas objeciones. En primer lugar, que las propiedades fundamentales aún no hayan sido descubiertas, y que las propiedades referidas no sean sino propiedades no fundamentales de otras subyacentes. De hecho, Cleland emplea una argumentación similar para señalar nuestras limitaciones a la hora de definir vida.

Una segunda objeción resulta de considerar la vida en un sentido operacional, en el sentido de Bich y Green (2018), o como agrupamiento de propiedades, como señalan Diéguez (2008, 2013) o Ferreira y Umerez (2018). En ambos casos, no es necesaria la existencia de ninguna propiedad común esencial. Autores como Keller (2010) aciertan al señalar que detrás de las diferentes

definiciones se encuentran distintos valores e intereses. Pero esto, lejos de ser un problema, resulta consustancial a los modos de definir alternativos propuestos por Bich y Green, por Diéguez, así como por otras propuestas alternativas mencionadas en el apartado anterior. Y lo que es más importante, estos modos de definir no suponen asumir que las definiciones sean exclusivamente convencionales.

Queda una última consideración a tener en cuenta. En opinión de Cleland (2012, 2013), nuestro conocimiento de la vida resulta demasiado limitado. Ello nos impide definir el concepto. A pesar de la gran variedad de formas de vida existentes en la Tierra, todas ellas tienen una base bioquímica común, algo que por otro lado parece ser accidental. De hecho, la biología sintética ha mostrado la posibilidad de que el ADN reemplace los aminoácidos propios de la vida por otros, sin perder sus propiedades básicas. Esto apunta a que toda la vida en la Tierra proviene de un ancestro común (LUCA), no que no puedan existir modos alternativos de entender la vida. Pero dado que tales modos no son conocidos, resulta difícil separar las propiedades necesarias de las contingentes.

Ahora bien, aunque la argumentación de Cleland en estas cuestiones resulta muy sólida, no prueba que la vida no pueda ser definida. Lo único que demuestra son las dificultades actuales para definirla. De hecho, esta misma argumentación puede emplearse en un sentido contrario desde una perspectiva instrumental. Partiendo de que la situación real no permite definir de forma definitiva la vida, nada impide que se formulen definiciones a modo de hipótesis para que puedan ser contrastadas, ayudando así al desarrollo de la investigación.

Así pues, la conclusión que puede extraerse es que para los autores críticos con la posibilidad de definir la vida dicha definición está íntimamente ligada con la idea de género natural esencialista. Sin embargo, como se trató de demostrar en el apartado anterior, esta opción no es más que una entre diversas posibilidades. El resto de objeciones pierden su validez en la medida que la pierde la premisa fundamental.

8.4 Utilidad de definir el concepto de vida en la práctica científica

En los apartados precedentes se ha mostrado que los autores críticos aciertan en sus objeciones al esencialismo fuertemente metafísico. Sin embargo, tales objeciones no son válidas para otras posibilidades. De hecho, una de las conclusiones es que los científicos, aunque tienden a definir a partir de una(s) propiedad(es), consideran tales definiciones revisables. Esto supone un cierto grado de esencialismo ontológico, pero no epistémico.

En el presente apartado se pretende mostrar cómo en sus prácticas reales los científicos parten de definiciones instrumentales y revisables, las cuales son relevantes desde el punto de vista epistémico, en la medida que sirven de guía para la investigación científica. En este sentido, van a analizarse dos casos distintos. En primer lugar, se considerará el caso de Luisi, analizado en detalle por Bich y Green (2018). En este caso pretende mostrarse cómo la definición de vida sirvió de guía para sus investigaciones. En segundo lugar se analizará el caso de la sonda Viking, analizado por Benner (2010), entre otros. En esta ocasión, lo que se pretende mostrar es cómo, aun sin una definición explícita, existe una noción de lo que es vida. Sin embargo, en la medida que dicha noción no sea explícita, puede suponer la toma de decisiones a partir de creencias a priori no debidamente justificadas.

8.4.1 El concepto de vida en Luisi y su influencia en la praxis científica

El empleo de una definición pragmática de vida puede ser un instrumento útil para la investigación científica. Luisi y su equipo ofrecen un interesante ejemplo de ello, como ponen de manifiesto por Bich y Green (2018), “según la visión pragmática de Luisi, las definiciones están directamente relacionadas con los propósitos y objetivos de los científicos, y su 'éxito' no se evalúa en términos de unificación o consenso” (Bich y Green, 2017, p. 3946).

Luisi (1998) comienza sus investigaciones sobre vida inspirado por la idea de autopoiesis desarrollada por Maturana y Varela. Además de ofrecer un marco teórico, el equipo encabezado por Luisi orientó sus investigaciones hacia estudios concretos,

como el desarrollo de las membranas de los sistemas vivos. De esta manera, diseñaron experimentos que ayudaron a una comprensión más profunda de la membrana y las relaciones que en ella se establecen. Esta cuestión resulta relevante en diferentes campos, y permitió la colaboración entre científicos con distintos enfoques. Por ello, es interesante ver cómo el partir de una definición concreta de vida tiene consecuencias en distintas líneas de investigación. Esto puede verse, por ejemplo, en Luisi et al. (2006), donde Luisi y equipo abordan el problema de la vida mínima. Según ellos, el problema de la vida mínima está íntimamente unido a qué se entiende por vida:

Por ejemplo, podemos tener protoceldas capaces de auto-mantenimiento pero no de auto-reproducción, o viceversa. O podríamos tener protoceldas en las que la autorreproducción está activa solo durante unas pocas generaciones, o sistemas que no son capaces de evolucionar. En cualquier tipo dado de celda mínima (es decir, una con los tres atributos), puede haber formas bastante diferentes de implementación y sofisticación. Por lo tanto, claramente, el término "celda mínima" describe grandes familias de posibilidades y no simplemente una construcción en particular. (Luisi et al., 2006, p. 2)

El proceso de interacción entre definiciones y prácticas es, por tanto, mucho más complejo que el descrito por Cleland y Chyba (2002, 2007), Cleland (2012, 2013), Keller (2010) o Machery (2012). Las definiciones instrumentales orientan las líneas de investigación en una determinada dirección. Ahora bien, estas pueden modificar las definiciones, permitiendo la apertura de nuevas líneas investigación. Se trata de un proceso iterativo que permite el enriquecimiento tanto de los modelos teóricos como de las prácticas científicas.

Como muestran Bich y Green (2018), Luisi y su equipo modificaron sustancialmente su definición de vida a medida que avanzaban sus investigaciones (y también las de otros equipos científicos). Partiendo de la idea de vida como sistema autopoietico, (Luisi, 1998), incorporaron aspectos importantes a dicha definición, (Damiano y Luisi, 2010). Por ello es interesante, siguiendo la estela de Bich y Green (2018), comparar las definiciones de vida de Luisi (1998) y Damiano y Luisi (2010):

Definiciones de vida en 1998 ³¹	Definición de vida en 2010
<p>1.A [La vida es] un sistema que se define espacialmente por un compartimento semipermeable capaz de fabricarse a sí mismo y que es autosuficiente al transformar la energía / nutrientes externos mediante su propio proceso de producción de componentes.(Luisi, 1998, p. 619)</p> <p>(1.B) [La vida es] un sistema que es autosuficiente mediante la utilización de energía / nutrientes externos debido a su proceso interno de producción de componentes, acoplado al medio a través de cambios adaptativos que persisten durante la historia temporal del sistema (Luisi, 1998, p. 621)</p>	<p>Un sistema vivo es un sistema capaz de autoproducción y auto mantenimiento a través de una red regenerativa de procesos que tiene lugar dentro de un límite creado por sí mismo y se autoregenera <u>a través de interacciones cognitivas o adaptativas con el medio</u> (Damiano y Luisi, 2010, p. 149) ³²</p>

Tabla 6: Definiciones de vida de Luisi.

La primera definición (1.A) muestra una clara dependencia de la idea de autopoiesis. Hay además un énfasis en la compartimentación de los sistemas vivos. Esto justifica el que la investigación se orientara hacia el estudio de las membranas y la separación del sistema con el entorno. El papel central de lo vivo como sistema autosuficiente enmarca la primera definición de Luisi dentro de las definiciones que podríamos llamar, empleando la clasificación del segundo capítulo, vida como sistema autosostenible, en contraposición a las evolutivas o los listados de propiedades.

La definición dada en 2010 es, en un principio, similar a la primera, en la medida que se sigue insistiendo en la vida como un sistema autosostenible. Sin embargo, se introducen dos matices importantes. El primero es la importancia que adquiere la interacción con el medio. Es cierto que en la definición original también parece el medio, puesto que se

³¹ En Luisi (1998) se hace referencia a diversas definiciones, destacándose estas dos que aparecen en el cuadro. Existen diferencias importantes entre ellas, como la referencia a los cambios adaptativos que aparece en la segunda pero no en la primera, o la relevancia dada a la compartimentación que aparece en la primera pero no en la segunda. Sin entrar en los detalles, cabe señalar que el propio Luisi señala cierta equivalencia entre ambas, y que son los científicos los que deben posicionarse, según el caso, más cercanos a una u otra. En cualquier caso, lo que se quiere resaltar aquí son las diferencias con la definición dada en 2010, donde aparecen modificaciones sustanciales tanto si se considera 1.A como 1.B.

³² El subrayado no aparece en el original. Existe una versión algo más extendida de esta misma definición, formulada por el propio Luisi, que no ha sido incluida aquí, dado que no aporta información sustancial respecto a la más sencilla.

menciona la transformación de energía y nutrientes procedentes del exterior. Pero en este caso la relación con el exterior es pasiva, en tanto en cuanto se limita a ser recurso para el sistema, que es quien realmente actúa.

Sin embargo, en la definición de 2010 el medio, además de aparecer de forma explícita, no se limita a ser un mero proveedor de recursos. El empleo del término “interaction” supone que la relación pasa de un individuo (el ser vivo) que emplea unos recursos pasivos (el medio), a establecer una dinámica en la que sistema vivo y medio establecen una relación mucho más compleja, tal y como puede verse en otros textos de Luisi:

Pero todavía hay otro tema muy importante que aún no ha sido discutido con la debida atención por los autores que estudian la célula mínima: la interacción con el medio ambiente. Por supuesto, la alimentación de la célula mínima se toma en consideración de alguna manera, pero solo como un depósito pasivo de nutrientes y / o energía. De hecho, creemos que la próxima generación de estudios sobre la célula mínima debería incorporar de manera más activa dichas interacciones con el entorno, cuestionando, en particular, en qué condiciones ambientales la célula mínima es capaz de realizar sus tres funciones básicas. (Damiano y Luisi, 2006, p. 12)

Otros aspectos relevantes del concepto de vida fueron también modificándose a lo largo del tiempo. Por ejemplo, a medida que sus investigaciones fueron dando resultados el modo de entender la frontera entre lo vivo y lo no vivo cambió de forma sustancial. En un principio la frontera entre lo vivo y lo no vivo está claramente demarcada, aunque ya aquí se considera una cierta apertura, por ejemplo “una definición de vida debe permitir discriminar entre los seres vivos y los no vivos de una manera operativamente simple y no debe ser demasiado restrictiva” (Luisi, 1998, p. 617). Posteriormente Luisi modifica la idea de límite estricto y pasa a considerar la posibilidad de organismos a medio camino entre lo vivo y lo no vivo, cuya relevancia para la investigación científica es subrayada en diversas ocasiones:

“Por lo tanto, la creación de estas células mínimas parcialmente vivas en el laboratorio, así como la vía evolutiva histórica por la cual se pudo haber alcanzado este objetivo, pueden ser de fundamental importancia para comprender la esencia real de la vida celular. (Damiano y Luisi, 2006, p. 12)

Esta cuestión resulta interesante, en la medida que en su planteamiento original la autopoiesis hace referencia a sistemas del tipo todo-o-nada. Los sistemas vivos son autopoieticos, pero no pueden serlo parcialmente. Esto puede entenderse desde una doble perspectiva. Si el flujo de relaciones concatenadas cesa, el sistema autopoietico deja de existir en tanto en cuanto que autopoietico. Por otro lado, si los sistemas autopoieticos son entendidos como identidades individuales, no tiene sentido decir que un sistema es entendido parcialmente como una unidad. El concepto “ser parcialmente una unidad” es equivalente a negar la unidad.

El que la autopoiesis sea una propiedad no gradual tiene implicaciones importantes. Respecto a la praxis científica, lo relevante es que esto supone el establecimiento de una línea divisoria clara entre los organismos vivos y los no vivos. No existen entidades intermedias, parcialmente autopoieticas. Sin embargo, Luisi modifica las definiciones originales para dar cabida a nuevas líneas de investigación, aunque estén en contradicción con la idea original de autopoiesis. En este sentido, cabe afirmar que el desarrollo de las investigaciones llevaron a Luisi a considerar la autopoiesis una propiedad necesaria, pero no suficiente, para la vida.

Llegados a este punto, cabe preguntarse a qué son debidos tales cambios en el concepto de vida. En primer lugar, se debe considerar los resultados de las propias investigaciones, y en segundo, a la incorporación de nuevos descubrimientos debidos a otros equipos. Para Bich y Green (2018) ello supuso que el propio Luisi superara dicho marco de referencia, consciente de las limitaciones de la idea de autopoiesis entendida como definición instrumental y operacional.

Tampoco conviene exagerar el cambio de posición de Luisi, dado que ya en sus primeros estudios puede encontrarse algunas ideas que apuntan a lo desarrollado posteriormente. La evolución en su modo de entender el concepto de vida ha sido gradual, teniendo lugar a lo largo de dos décadas. En cualquier caso, lo que se pretende destacar aquí es que la idea de vida ha sido un concepto dinámico sobre el que Luisi y

su equipo han desarrollado la investigación científica. Dicho concepto ha cambiado a lo largo del tiempo a través de la interacción entre teoría y praxis científica. Por ello, el modo que Luisi emplea la definición de vida está lejos de las estáticas definiciones esencialistas criticadas por los autores más escépticos.

8.4.2 *Los costes epistémicos de no asumir una definición instrumental: el caso Viking*

En 1976 el programa Viking llevó a cabo la primera búsqueda de indicios de vida marciana in situ. El programa incluía las sondas VL-1 y VL-2, las cuales se posaron sobre la superficie marciana y realizaron diversos estudios sobre distintos aspectos de la atmósfera y la propia superficie. Entre tales estudios destacan los destinados a identificar indicios de actividad bioquímica propia de la vida. En concreto, estos experimentos eran tres (PR, LR, GE), a los que hay que añadir otro experimento de gran importancia, el GC/MS:

- Experimento de emisión pirolítica (pyrolytic release experiment, PR). En este experimento se añadió ^{14}CO y $^{14}\text{CO}_2$ a unas muestras de suelo marciano, unas esterilizadas y otras sin esterilizar, en condiciones de luz y oscuridad. El objetivo consistía en ver si había una fijación del carbono por parte de la materia orgánica, tal y como hacen las plantas en la Tierra. La diferente concentración de carbono entre las muestras esterilizada y la sin esterilizar podría ser una prueba de la existencia de vida, así como la mejora de los resultados en presencia de luz. Sin embargo, según algunos autores existe una explicación no biológica de los resultados (Klein, 1999). A dicha explicación alternativa contribuyó en no poca medida la interpretación conjunta de los resultados de PR y GCMS (Biemann et al. 1976), como se verá más adelante.
- Experimento de detección de emisiones (labeled reelease experiment, LR). En este experimento se incubó una sustancia con diversas moléculas orgánicas que actúan como nutrientes, las cuales estaban marcadas con C-14. Si hubiera una interacción con los supuestos microorganismos marcianos mediante el ciclo de Krebs o la glucólisis por la vía Embden–Meyerhof, ésta sería detectable gracias a la emisión de gases marcados con $^{14}\text{CO}_2$. La interpretación de los resultados es nuevamente controvertida, aunque la mayoría de la comunidad científica

consideró que los resultados no verifican la presencia de materia biológica en las muestras tratadas (puede verse una interpretación distinta en Levin y Straat, 1977).

- Experimento de intercambio de gas (gas exchange experiment, GeX). En este caso, se pretendía medir mediante un cromatógrafo la posible liberación de gases como el oxígeno, consecuencia de la mezcla de una muestra de suelo marciano con nutrientes. Aunque la emisión de oxígeno resultó ser elevada, se consideró que tal emisión podría ser debida a procesos químicos no biológicos (Klein, 1978).
- Cromatógrafo de gases (GC) y un espectrómetro de masas (MS). Estos instrumentos, tomados conjuntamente, resultaron determinantes a la hora de decantarse hacia la interpretación negativa de los resultados. El procedimiento consistió en calentar una muestra de suelo, y los gases resultantes se separaron en el GC, determinándose posteriormente las masas de las diferentes sustancias obtenidas mediante el MS. El resultado fue la inexistencia de moléculas orgánicas, lo cual fue el factor determinante para que la mayoría de los científicos se decantaran hacia una posición escéptica. Sin embargo, estudios posteriores han mostrado las limitaciones de este experimento, (por ejemplo, Navarro-González et al., 2006).

Como puede verse, ya desde un principio existieron dudas importantes a la hora de interpretar los resultados. A pesar del escepticismo inicial de la comunidad científica, desde el comienzo existieron voces discordantes que interpretaron los resultados como positivos, como el ya mencionado caso de Levin y Straat (1977). Además, estudios posteriores mostraron dudas respecto a la validez de los experimentos, así como su interpretación (por ejemplo, Schuerger y Clark, 2006; Benner 2010; Guaita 2017). Un ejemplo de ello sería la presencia de percloratos en el suelo marciano. Dichas sustancias son inertes a las temperaturas propias del suelo marciano, así como a las realizadas en el LR. Sin embargo, a temperaturas cercanas a los 500° C, (las empleadas en el GCMS) se vuelven fuertemente oxidantes, descomponiendo la posible materia orgánica compleja existente. Esto permitiría explicar el resultado positivo del PR y el negativo del GCMS, como prueba de la existencia de vida en Marte (Guaita, 2017).

Los debates acerca de las sales de perclorato muestran, por un lado, la complejidad del problema, y por otro, las dificultades de llegar a conclusiones definitivas cuando los

datos aportados son tan limitados, o tan sujetos a diferentes interpretaciones. Llegados a este punto, cabría preguntarse un aspecto importante de los experimentos, a saber, ¿en base a qué los resultados se consideran como negativos o positivos? O lo que es lo mismo, ¿qué aspectos se consideraron como definitorios de vida?

Una primera consideración a tener en cuenta es que los investigadores contaron con un número limitado de experimentos. Tanto por limitaciones de espacio y tiempo, como tecnológicas, no era posible hacer todo tipo de experimentos. Esto supone priorizar unas líneas de investigación frente a otras, en las que se tuvieron en cuenta tanto aspectos pragmáticos como teóricos. Es decir, las pruebas debían ser: a) factibles en el sentido de poder ser realizadas por los landers y su instrumentación, b) debían ser lo suficientemente significativas como para determinar lo que es la vida.

Un aspecto importante señalado por Benner (2010) es que los científicos que diseñaron los experimentos no poseían una definición canónica de lo que es la vida a partir de la cual realizaron los experimentos. Sin embargo, esto no implica que no tuvieran unas ideas bastante precisas de lo que es la vida:

Los científicos de la [misión] Viking no establecieron claramente su definición teórica de vida. Pero el diseño de estas pruebas de detección de vida habla claramente de definición teórica que sostenían constructivamente. Como “antropólogos” de la ciencia, podemos inferir de sus acciones qué creencias sostenían constructivamente esos científicos. Como todas sus pruebas de detección de vida buscaban productos del metabolismo, los diseñadores de la misión Viking colocaron, evidentemente, el "metabolismo" en un lugar destacado de su lista de criterios para la vida. (Benner, 2010, p. 1205)

Uno de los problemas importantes a la hora de interpretar los resultados es, precisamente, esta falta de explicitación. Por ejemplo, el papel del GCMS fue crucial para la interpretación negativa de los resultados, ya que no se detectaron moléculas orgánicas. Este resultado fue sorprendente, en la medida que se esperaba la presencia de tales moléculas, aunque sólo fuera porque están presentes en muestras de polvo y meteoritos extramarcianos. Sin embargo, su ausencia condicionó todas las interpretaciones posteriores.

Lo que realmente deja traslucir esta interpretación de los resultados es que la vida, al menos para los investigadores que interpretaron los resultados, está ligada al carbono. Al no haber una evidencia suficiente de moléculas orgánicas, el resto de pruebas pierde su validez. Con ello no se pretende decir que esta interpretación sea errónea, tan sólo que los investigadores están asumiendo, de forma implícita, ciertas condiciones como necesarias, aunque no suficientes. Un segundo aspecto importante a considerar es que las tres pruebas se centraron en aspectos metabólicos. No sólo esto, sino que las consideraciones que se llevaron a cabo se basaron en los ciclos conocidos en la Tierra (Krebs, glucólisis, fotosíntesis) lo cual excluye la posibilidad de vías metabólicas alternativas.

Se entiende, por tanto, que para considerar como positiva la presencia de vida hubiera sido necesario tanto resultados positivos en GCMS como en las tres pruebas biológicas. Esto hubiera probado que existe vida en Marte cuyas bases químicas y metabólicas son iguales a las de la Tierra. Pero este proceder cierra la puerta a otras alternativas.

Así pues, lo que los experimentos dejan al descubierto es que los científicos estaban asumiendo que la vida: a) está ligada al carbono, y b) está asociada a ciertos mecanismos metabólicos tal y como tienen lugar en la Tierra. Como ya se ha señalado, no se pretende decir que esto sea falso. Es probable que, dadas las limitaciones tecnológicas y de espacio a las que ya se ha hecho referencia, no hubiera sido posible diseñar otros experimentos que asumieran otros aspectos en la definición, por ejemplo, consideraciones evolutivas o ecológicas.

Lo interesante es que, en tal caso, los investigadores hubieran asumido una definición pragmática de forma explícita, y que la evidencia negativa, caso de corroborarse, negase la presencia de vida basada en el carbono y en un metabolismo concreto, más que negar la posible presencia de cualquier tipo de vida. Asumir esta definición instrumental, de forma explícita, probablemente hubiera permitido arrojar algo de luz en la maraña de argumentaciones y contraargumentaciones posteriores sobre los resultados obtenidos por los experimentos.

Desde un punto de vista ecológico, existen algunas consideraciones a tener en cuenta para futuras misiones. En primer lugar, no puede asegurarse que las condiciones de temperatura y presión a las que fueron sometidas las muestras no hubieran destruido los microorganismos marcianos. Además, es necesario un mejor conocimiento de los suelos y la geodinámica marciana para poder establecer una relación entre los

microorganismos y el ambiente. Es por ello por lo que Schuerger y Clark (2006) sugieren que:

Aunque es probable que las condiciones de incubación para los experimentos de detección de vida en Marte se extiendan a condiciones de presión, temperatura y humedad que generalmente no se encuentran en la superficie, no se sabe si estas condiciones inhibirán la actividad de una supuesta microbiota de Marte. Por lo tanto, las consideraciones ecológicas marcianas deben incluirse en el diseño de futuras cargas útiles de detección de vida. Además, abogamos por que todos los experimentos de detección de vida vayan acompañados de experimentos sólidos de química del suelo para obtener una comprensión simultánea de las condiciones geoquímicas en suelos hidratados. (p. 241)

Por otro lado, Zuilen (2007) señala la importancia de considerar el entorno marciano a la hora de buscar biomarcadores. En concreto, señala que los marcadores de carbono empleados en la Tierra pueden no ser una buena alternativa en Marte, sugiriendo posibles alternativas:

Se concluye que los estudios de biomarcadores isotópicos en Marte encontrarán varios obstáculos importantes. En el caso de los isótopos de carbono, el obstáculo más importante es la ausencia de un depósito de carbono abiológico contemporáneo (como los depósitos de carbonato en la Tierra) que actúe como patrón isotópico. La presencia de un reservorio biológico de sulfato contemporáneo (depósitos de evaporita) sugiere que los isótopos de azufre pueden usarse como un biomarcador potencial para bacterias reductoras de sulfato. (Zuilen, 2008, p. 221)

En la evolución entre los experimentos de la misión Viking y las propuestas posteriores puede verse una variación en el modo de entender vida. Mientras que en el primer caso parece haber una definición carbono-céntrica, en las últimas propuestas se está asumiendo que la interacción entre la vida y el entorno como algo determinante. El que

esto finalmente se incluya o no en una definición de vida es algo que la investigación deberá dilucidar, pero en cualquier caso muestra la interdependencia entre la práctica científica y el modo en que los conceptos teóricos, como el de vida, están íntimamente ligados.

En el caso concreto de Marte, parece haber una reconsideración teórico-práctica, en la que los aspectos teóricos y los tecnológico-prácticos son mutuamente dependientes. En efecto, el avance en diversas parcelas de conocimiento (extremófilos, astrobiología, origen de vida, etc) plantea la posibilidad de nuevos escenarios teóricos, que a su vez implican modificaciones en las prácticas científicas para poder confirmarlos o refutarlos.

La lección más importante que puede extraerse del caso Viking, en lo que aquí se refiere, es que los resultados negativos pueden significar la reinterpretación de las pruebas (lo que se hizo, por ejemplo, con el LR experiment), o que es necesario replantearse los supuestos sobre las que éstas han sido diseñadas (en este caso, un modelo carbono-céntrico, y una vías metabólicas concretas como biomarcadores).

Sin embargo, para replantearse los supuestos adoptados en el diseño de las pruebas es necesario que tales supuestos sean explícitos. Es en este sentido donde una definición instrumental de vida hubiera sido de utilidad, en la medida que, planteada dicha definición de forma explícita, hubiera podido replantearse alguno de los supuestos (al igual que el equipo de Luisi modificó los propios a medida que los resultados de las investigaciones fueron dando sus frutos). Al no explicitarse tal definición, los investigadores entraron (y de hecho, aún continúan) en una espiral de argumentaciones y contraargumentaciones sobre la validez de las pruebas. Esto, aun siendo necesario, limita el alcance de posibilidades que se abrirían si los debates consideraran explícitamente sobre qué supuestos se está trabajando.

8.5 Conclusiones

¿Es posible definir vida? ¿Es necesario, y útil, definir un concepto para avanzar en la práctica científica? La respuesta a esta cuestión no es sencilla. En situaciones y

contextos distintos los científicos pueden decantarse, o no, por establecer tales definiciones.

Tirard et al. (2010) muestran que el desarrollo de la biología entre los siglos XVIII y XX pudo realizarse sin necesidad de un concepto claro y preciso de vida. Lo que no significa que autores como Lamarck o Darwin no tuvieran una idea, más o menos explícita, de la misma. En todo caso, de lo que carecían es de una definición canónica establecida. Por otro lado, los ejemplos de Luisi y el programa Vicking nos muestran que las definiciones de vida pueden ser útiles, y su carencia, una dificultad que puede conducir a los investigadores a conclusiones equivocadas. Asumiendo ambas posibilidades, que la biología pueda avanzar sin una definición de vida, y que las definiciones sean relevantes para su avance, cabe preguntarse ¿cómo hacerlas compatibles?

Una primera respuesta a esta pregunta se refiere a los ámbitos concretos de investigación. Los padres de la biología estudiaron el comportamiento de seres inequívocamente vivos. No precisaron delimitar con precisión su ámbito de estudio porque este venía dado, a partir de asunciones más o menos explícitas. Establecer las leyes generales de lo vivo era su objetivo. Por su parte, Luisi y los investigadores del programa Vicking se encontraban en la situación inversa. Las leyes generales establecidas por Darwin y otros biólogos son el marco general dado, mientras que el objeto de estudio pasa a ser los límites de dichas leyes. Aunque las leyes generales de la biología son las mismas para aquellos que las descubrieron y para aquellos que las emplean como marco de referencia para fijar sus límites, el modo en que dichas leyes son utilizadas difiere. De hecho, existe la posibilidad de que una teoría tenga que reformarse, o substituirse, si los límites de la misma se desplazan en exceso.

Es por ello por lo que el establecimiento de límites deviene como una cuestión primordial en aquellos autores que tratan de definir un concepto de vida inequívoco, mientras que tal cuestión es pasada por alto por aquellos que establecieron las leyes generales de la biología. Pero tales límites, como ya se ha visto, no responden a un modelo esencialista. Límites precisos y esencias no son sino las dos caras de la misma moneda.

A pesar del extraordinario desarrollo experimentado por las ciencias de la vida en las últimas décadas, no existe un consenso acerca de qué propiedad, o propiedades, caracterizan lo vivo. Y lo que es más importante, el desarrollo de nuevas investigaciones parece alejar tal posibilidad. Esto descarta soluciones de corte esencialista con un fuerte

compromiso metafísico, tal y como señalan Keller (2010) Machery (2012), Cleland (2012) o Bich y Green (2018), entre otros.

Sin embargo, a lo largo del presente capítulo ha podido verse que las pruebas de los críticos respecto a la posibilidad de definir el concepto de vida solo resultan válidas para los marcos conceptuales esencialistas, no para otros. Estos otros modos de entender la vida se discutirán con más detalle en los capítulos siguientes. Por ello, existe la posibilidad de definir vida de otras maneras que no se verían afectadas por las críticas de los autores escépticos.

Además, en contra de lo afirmado por Machery (2012), los casos Luisi y Vicking muestran que las definiciones instrumentales pueden ser útiles en la praxis científica, mientras que no emplear definiciones (o, al menos, no explicitar el marco teórico básico) dificulta cuestionar esos mismos marcos teóricos, con el consiguiente perjuicio para el desarrollo de la ciencia. La conclusión, por ello, es clara. Sí es posible, y útil, definir vida, al menos en un sentido operacional.

9. ESTRATEGIAS DE CONCEPTUALIZACIÓN DE VIDA

9.1 Introducción

A lo largo del presente trabajo ha podido verse la existencia de una amplia variedad de modos de entender el concepto de vida. Para algunos autores lo vivo viene definido por una única propiedad. Sería el caso, por ejemplo, de vida como autopoiesis (Maturana y Varela, 2004) o como flexibilidad adaptativa (Bedau, 1998). En estos ejemplos se hace referencia a propiedades de distinto tipo, vida como sistema autónomo en el primer caso, vida como sistema evolutivo, en el segundo. Pero ambas coinciden en señalar a una propiedad fundamental para definir el concepto. Por otro lado, difieren en que, mientras la flexibilidad adaptativa es entendida gradualmente, la autopoiesis es una propiedad todo-o-nada.

Otros autores, sin embargo, tratan de integrar tanto los aspectos evolutivos como la vida entendida como autosostenibilidad, en una única definición. Además, existen aquellos que defienden los listados de propiedades más o menos heterogéneas. Todo ello lleva a una situación compleja que conviene aclarar si se pretende abordar el problema sobre la definición de vida, así como el tipo de concepto del que se trata.

Para abordar de forma adecuada esta cuestión conviene tener en cuenta el contenido de las definiciones y teorías que pretenden dar cuenta del concepto de vida, esto es, lo que ha venido a llamarse la pregunta científica. Pero, además de ello, también puede ser interesante abordar qué estrategias de conceptualización se siguen para considerar el concepto de vida. Con ello, a partir del presente capítulo se entra de lleno en la segunda parte del presente trabajo, esto es la pregunta filosófica sobre vida: **¿qué estrategias de conceptualización siguen los científicos para definir vida? ¿qué criterios explícitos e implícitos se siguen para tomar una u otra, y qué implicaciones metafísicas y epistémicas tienen tales estrategias?**

De hecho, algunos de los debates en torno al concepto de vida pueden ser resueltos, o al menos aclarados en parte, si se considera detenidamente no solo el contenido, sino también cómo abordan los científicos el concepto de vida. Esto es, qué estrategias

emplean para acercarse a este concepto. Señalar los distintos tipos de estrategias, así como esbozar sus implicaciones, será el objetivo del presente capítulo. Cada una de ellas será abordada de forma detallada en los capítulos 11 a 14.

Antes de continuar, conviene aclarar que por estrategia de conceptualización se entiende el modo en que los científicos se acercan a determinado concepto. Este acercamiento se puede hacer desde distintas perspectivas filosóficas, esto es, a partir de determinados presupuestos. Entre tales presupuestos destacan los que podemos denominar como metafísicos (si los conceptos definidos son reales, qué tipo de propiedades los definen, y cómo se relacionan entre sí tales propiedades), los epistémicos (referidos a cómo los investigadores abordan la praxis científica), axiológicos (cuáles son los intereses y valores de los científicos) y los éticos (estos últimos, como ya se señaló en la introducción, exceden los objetivos del presente trabajo).

Es importante señalar que en las estrategias de conceptualización los presupuestos metafísicos, epistémicos y axiológicos están íntimamente relacionados. Por ejemplo, en las estrategias que priman un fuerte compromiso metafísico (esto es, una visión según la cual existe una única forma correcta de describir la naturaleza, independiente de los seres humanos), tienden a minimizar la importancia de los aspectos epistémicos y axiológicos. En este caso, los intereses y valores de los investigadores podrían tener un cierto valor instrumental, pero no influyen en la manera en que las definiciones son entendidas. Por ello, en este caso, se considera que existe una única forma correcta de definir un concepto.

Por su parte, en las estrategias no esencialistas los intereses y valores de las diferentes disciplinas forman parte ineludible de las definiciones. Por este motivo, para estas estrategias no tiene sentido hablar de una única forma correcta de describir el mundo. En lugar de ello, se considera que hay diferentes modos de describir la naturaleza de forma correcta. Existen, además otras estrategias más allá de los géneros naturales, sean esencialistas o no, como puede ser aquellas que consideran las entidades individuales.

Es cierto que definir parece implicar, en una primera aproximación, un cierto compromiso esencialista. Por ejemplo, según la definición de la RAE, definir es “fijar con claridad, exactitud y precisión el significado de una palabra o la naturaleza de una persona o cosa” (RAE, 2019). Ahora bien, el grado de precisión y exactitud

dependerá de cada contexto, y en ámbitos como la biología (también en otras ciencias especiales) las definiciones unívocas con un fuerte componente esencialista no parecen ajustarse a la realidad de la práctica científica. Esto no supone que no existan definiciones (Bich y Green, 2018), sino que tales definiciones tienen un menor compromiso metafísico.

Un ejemplo de una posible estrategia en lo que a vida respecta es el empleado por los críticos con la posibilidad de definir vida. Para ellos, encontrar una definición supone adoptar una estrategia marcadamente esencialista, desde una perspectiva metafísica. Esto pudo verse con claridad en el capítulo 7, donde se puso de manifiesto la identificación del concepto de vida con los géneros naturales esencialistas en autores críticos como Keller (2010), Machery (2012) o Cleland (2010). En la medida que la estrategia considerada no es posible, los críticos concluyen que vida no puede definirse (en contra de este planteamiento véase el capítulo 8).

Por tanto, bien sea implícita o explícitamente, una de las estrategias más habituales a la hora de abordar el problema de vida es considerar que se trata de un género natural. Aunque como se ha señalado en el párrafo anterior, el concepto de género natural al que se refieren la mayoría de los autores es marcadamente esencialista. Por supuesto, es perfectamente lícito abordar vida desde este punto de vista. Pero si se restringe a esta única posibilidad, se está dejando de lado otras opciones que pueden ser interesantes, tal y como se señala en debates filosóficos similares. Este sería el caso del debate filosófico sobre el concepto de especie.

Por otro lado, conviene señalar que considerar el concepto de vida como género natural no es la única estrategia posible. Puede, por ejemplo, considerarse operacionalmente, sin comprometerse con los géneros naturales. También puede entenderse como un concepto convencional. Una tercera opción es considerar, más allá de los géneros naturales, vida como individuo. Así pues, el presente capítulo pretende abordar la pregunta acerca de las estrategias que pueden emplearse para abordar el concepto de vida. Es decir, se pretende responder a las preguntas ¿por qué es pertinente considerar los tipos de estrategias de conceptualización a seguir? ¿Qué maneras hay de entender vida, como concepto, esto es, qué diferentes estrategias de conceptualización son posibles?

9.2 Pertinencia de abordar las estrategias de conceptualización de vida

En la introducción se ha señalado que, desde una perspectiva filosófica, puede estudiarse las estrategias de conceptualización para abordar el concepto de vida. Limitar la cuestión a la dicotomía esencialismo/realismo de la misma supone simplificar el problema excesivamente, tal y como se vio en capítulos anteriores. Ahora bien, previamente a la pregunta sobre las estrategias de conceptualización puede hacerse otra pregunta, esto es, ¿resulta pertinente estudiar tales estrategias? ¿No basta con los resultados propios de la investigación científica? ¿No es suficiente con tratar de definir el concepto vida?

En el capítulo 8 ya se justificó la pertinencia de definir dicho concepto. Recuérdese, en este sentido, que las definiciones permiten servir de guía a la investigación científica (caso Luisi). Y que, en su ausencia, se están asumiendo ciertos compromisos no explícitos, lo que puede llevar a resultados confusos (caso Vicking). Sin embargo, una cosa es considerar necesario, o útil, definir el concepto de vida, y otra abordar las diferentes estrategias de conceptualización.

Ya se ha mencionado que definir el concepto de vida es algo que compete en exclusiva a los investigadores. Es lo que ha venido a llamarse, en el presente trabajo, estudio científico de vida. Por ello, parece que en la medida que la investigación científica llegue a unas u otras conclusiones, la estrategia de conceptualización del concepto dependerá de las mismas. Con lo que bastaría estudiar con detalle qué es vida. Sin embargo, la cuestión es algo más compleja.

Los investigadores no emplean las definiciones como algo rígido, establecido de una vez para siempre, sino como guías para la investigación susceptibles de cambio conforme a nuevos descubrimientos. Sin embargo, tales definiciones, aun aceptando su cambio, parten de unos supuestos filosóficos determinados. Incluso cuando tales supuestos no se señalan de forma explícita. Ya se ha visto, por ejemplo, que el concepto de vida como autopoiesis asume que la vida es definida de forma esencialista, a partir de una única propiedad. Por su parte, las definiciones a partir de listados de propiedades tienden a ser esencialistas, aunque en este caso se asume la existencia de más de una propiedad. En cualquier caso, definir el concepto de vida a partir de los resultados de una investigación no está totalmente desligado de la estrategia que se considere.

Es aquí donde se puede ver la paradoja entre los modos de entender los conceptos biológicos y la praxis de los científicos. En diversos puntos del presente trabajo se ha mostrado el poco predicamento del esencialismo entre los biólogos, y los filósofos de la biología. El único autor cercano al esencialismo es, como se vio, Devitt (2008). Sin embargo, considérense algunas de las definiciones dadas al principio del presente estudio³³:

Autor	Año	Definición
Marutana y Varela	1973	Si un sistema es autopoietico, ese sistema se define como vivo
Gánti	1974	El criterio distintivo de los seres vivos es: metabolismo, autorreproducción y proliferación espacial. Los tipos [de seres vivos] más complicados tienen también la habilidad de evolucionar.
Mercer	1981	El único rasgo distintivo, y por tanto la característica definitoria de un organismo vivo es el soporte material transitorio de una organización con la propiedad de la supervivencia.
Kauffman	1993	La vida es una propiedad colectiva de autoorganización de los polímeros catalíticos.
Boiteau	2002	La vida aparece como un conjunto de máquinas moleculares vinculadas simbióticamente, operando fuera del equilibrio de forma permanente, en un flujo abierto de energía y materia, aunque reciclando una gran cantidad de sus componentes químicos, a través de ciclos químicos.
Maynard-Smith	1975	Consideramos viva cualquier población de entidades que tenga las propiedades de multiplicación, herencia y variación.
Oparin	1961	Cualquier sistema capaz de replicación y mutación está vivo.
NASA definición de trabajo	1994	La vida es un sistema químico ausostenido con evolución darwiniana.
Bedau ³⁴	1998	X está vivo si X es un sistema de adaptación flexible, o se explica de la manera correcta mediante un sistema de adaptación flexible.
Horowitz	2002	Vida es sinónimo de posesión de propiedades genéticas, es decir, las capacidades de autorreplicación y mutación.

³³ Por razones de espacio no se han recogido las definiciones a partir de listados de propiedades, como por ejemplo en Koshland (2002), o Mayr (2010).

³⁴ Esta referencia no aparece recogida en Popa (2004).

Brack	2002	La vida es un sistema químico capaz de transferir su información molecular de forma independiente (autorreproducción) y también capaz de cometer algunos errores accidentales para permitir que el sistema evolucione.
-------	------	--

Tabla 7: Definiciones de vida. Extracto a partir de Popa (2004), pp. 197-205

Prácticamente todas se caracterizan por poseer un marcado sesgo esencialista. Es cierto que dicho esencialismo no suele explicitarse. La intensidad de los debates acerca de qué propiedades son relevantes ha dejado de lado la naturaleza esencialista de la mayoría de tales propiedades. Esta esencia puede entenderse en términos de autopoiesis (Marutana y Varela), capacidad de replicar y mutar (Oparin, Horowitz), capacidad de evolucionar y autoreplicarse (Brack, entre otros), o en términos distintos en otras definiciones. Sin embargo, aunque no se explicita, se considera que estar vivo es poseer una (unas) propiedad(es) determinada(s). Con ello se está asumiendo implícitamente un discurso esencialista. A pesar de que, en el discurso explícito, el esencialismo es habitualmente rechazado en biología.

La praxis científica, al menos en el caso del concepto de vida, muestra así cómo se asumen presupuestos contradictorios. Por un lado, se considera el concepto de vida como algo revisable a la luz de nuevos descubrimientos. A pesar de las reticencias de Keller (2010) o Machery (2012) en este sentido, ¿cómo abordar los nuevos descubrimientos en biología sintética, o la búsqueda de vida en Marte, si no fueran conceptos revisables?³⁵ Este carácter revisable, así como los diferentes modos de abordar la cuestión en distintas disciplinas, muestran un modo operacional de entender el concepto. Lo cual contrasta con la rigidez de las definiciones esencialistas (la vida depende de la propiedad x), habituales en el modo de plantear la cuestión.

¿Cómo compaginar el carácter esencialista de las definiciones con el carácter instrumental de las mismas en las investigaciones? Una respuesta a esta pregunta es que existe una contradicción entre el rechazo de la mayoría de los biólogos hacia el esencialismo, y la forma que tienen de definir. Aunque el esencialismo empleado en las definiciones es matizable, en la medida que son revisables y evaluables conforme se vean corroboradas (o no) a través de los resultados de las propias investigaciones.

³⁵ Tal y como señala Deplazes-Zemp (2012), la biología sintética pretende ir más allá, y no sólo ayudar a explicar el concepto de vida, sino superarlo a partir de su manipulación y modificación.

Frecuentemente en biología, definir implica asumir estrategias de conceptualización con un menor compromiso metafísico de lo que a priori sugiere la propia idea de definir.

Por todo ello, la respuesta a si es útil estudiar las estrategias de conceptualización es afirmativa. En la medida que saber qué tipo de estrategias y supuestos filosóficos se están empleando puede ser interesante a la hora de establecer un análisis crítico de los propios conceptos, y los criterios con los que se están evaluando. Lo cual puede facilitar la tarea de modificar los supuestos sobre los que se asientan las definiciones, caso que sea necesario.

9.3 Estrategias de conceptualización del concepto vida

Resulta interesante resaltar que, si bien existen múltiples teorías acerca de lo que es la vida, el interés por las estrategias de conceptualización ha sido bastante limitado. Es por ello por lo que destacan las ideas expuestas por Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013, pp. 28-31), quienes señalan la importancia de la cuestión acerca del tipo de propiedades que definen el concepto de vida. Según estos autores, la vida puede entenderse:

1. A partir de un conjunto de propiedades existentes en los seres inertes, pero solo de forma conjunta en los vivos.
2. A partir de una propiedad necesaria y suficiente exclusiva de los seres vivos.
3. A partir de un conjunto de propiedades necesarias y suficientes, propia de los seres vivos.
4. A partir de un conjunto de propiedades, pero no de forma necesaria ni suficiente.

Esta clasificación es interesante en la medida que establece una separación entre el tipo de propiedades y contenido de las mismas³⁶. Por otro lado, resulta relevante que

³⁶ Realmente, Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013) no desvinculan totalmente esta clasificación del contenido, en la medida que separan las propiedades exclusivas de los seres vivos de aquellas que se encuentran en las entidades no vivas. Es decir, no se limitan a establecer las relaciones entre las propiedades, sino que incluyen contenido referido a las mismas. Sin embargo, esto no afecta a la cuestión que se quiere resaltar aquí, que es la posibilidad de abordar el problema a partir de diferentes tipos de relaciones entre las propiedades que entran en juego, sean estas propiedades del tipo que sean.

las distintas estrategias empleadas por diferentes autores para definir vida, aun correspondiendo con alguno de los tipos señalados por Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013), no suelen ser explicitadas como tales. Es decir, los autores que asumen, pongamos por caso, la segunda estrategia, suelen centrarse en explicar los contenidos relativos a sus propuestas, y no el tipo de propuesta que se trata.

Por ejemplo, resulta evidente que vida como autopoiesis corresponde con una estrategia del segundo tipo. Aunque Marutana y Varela señalan las características de su propuesta, no inciden en la misma medida en por qué el concepto de vida debe estar fundamentado en una propuesta del segundo tipo, siguiendo la clasificación de Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto. Lo mismo ocurre con aquellos autores que defienden propiedades en función del parecido de familia (cuarta estrategia), o cualquier otra.

Ya se ha señalado que una de las estrategias más habituales es considerar vida como género natural. En este sentido, las definiciones 2 y 3 son del mismo tipo, es decir, definiciones que remiten a géneros naturales esencialistas, o unitarias, siguiendo la terminología de Amilburu (2015). La situación respecto a las definiciones de tipo 1 es algo más complicada, ya que parece apuntar a cuestiones aún no resueltas como el papel de las propiedades emergentes, algo que excede los límites de este trabajo. Esta propuesta puede ser compatible con distintos modos de entender los géneros naturales, aunque a priori parece más alejada del esencialismo tradicional que las propuestas 2 y 3.

Quedan, sin embargo, dos alternativas de vida como género natural, a considerar dentro de la propuesta de Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto. Una de ellas es la consideración el concepto de vida a partir de un conjunto de propiedades ni necesarias ni suficientes. Con ello se abre la posibilidad de que la vida sea un género natural integrador o promiscuo. La primera de estas opciones ha sido tratada por Diéguez (2008, 2013), para quien la vida puede entenderse como AHP, así como por Ferreira y Umerez (2018), a partir del concepto de estabilidad relevante. Una alternativa diferente que también va a ser considerada es la vida como un género natural promiscuo (Soler, 2019). Por último, señalar que la propuesta de Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto no parece contemplar otras opciones, esto es, vida como individuo, o como concepto de tipo convencional.

En los capítulos 7 y 8 de la presente tesis se argumentó los motivos por los que la vida no es un género natural esencialista. Para ello se puso de manifiesto una serie de cuestiones a las que el esencialismo tradicional no podía responder. Así pues, la

estrategia que se pretenda tomar debe responder de forma adecuada a aquellas cuestiones para las que el esencialismo no ofrece respuesta. Es decir, debe ser capaz de explicar:

- Los difusos límites entre lo vivo y lo no vivo. Se debe ofrecer una respuesta que permita explicar esta situación, para lo cual se debe articular una alternativa lo suficientemente flexible como para permitir una cierta gradualidad entre lo vivo y lo no vivo.
- Debe integrar la historicidad como un elemento propio de lo vivo. Independientemente de que se consideren las teorías evolutivas (u otro tipo de teorías) como el fundamento de la vida, resulta imprescindible que el concepto de vida que se tenga sea compatible con la historicidad de la vida.
- El concepto de vida debe explicar por qué existe una diversidad de enfoques respecto a diferentes disciplinas. También si es posible, y/o conveniente, reducir tales enfoques a un núcleo común, o si existe algún tipo de jerarquía en las definiciones.
- El concepto de vida que se tenga debe ser compatible con la complejidad de dicho concepto. Aceptando que nuestros conocimientos sobre vida son bastante limitados, dicho concepto debe ser lo suficientemente flexible como para modificarse a la luz de nuevos descubrimientos.
- Dicha flexibilidad debe ser compatible con que vida sea un género natural, es decir, no algo meramente estipulado.
- Debe responder al modo empleado por los investigadores a la hora de considerar el concepto de vida, tanto de modo implícito como explícito. Una teoría plausible, pero que no corresponde con el modo en que dicho concepto es empleado por los científicos, realmente no describe el concepto objeto de estudio, sino otro diferente³⁷. Además, debe ser relevante y/o útil para sus investigaciones.

³⁷ Recuérdese, tal y como se expuso en el capítulo 8, que esto es lo que Bich y Green (2018) objetan a Cleland (2012) o Machery (2012) respecto a la posibilidad de definir el concepto de vida. El tipo de definiciones a las que Machery, Cleland y otros autores críticos hacen referencia no se corresponden con la realidad de la práctica científica (tampoco con la teoría). Por ello tales críticas, aun siendo acertadas, lo son respecto a un tipo de definiciones diferentes de las empleadas por los científicos. El que el tipo de entidades a las que se haga referencia (sean géneros naturales o de otro tipo) correspondan con la realidad de la praxis científica es indispensable en filosofía de la ciencia. Por supuesto, siempre es posible enfocar el problema desde una perspectiva distinta, pero dejando claro que de lo que se está tratando no son conceptos científicos.

En última instancia, estas preguntas remiten a dos cuestiones básicas, que son los compromisos metafísicos y epistémicos de las diferentes propuestas. Como se verá, el habitualmente a mayor compromiso metafísico menor compromiso epistémico, y viceversa. Desde la perspectiva de Amilburu (2015), se está preguntando por el criterio de membresía natural.

9.4 Diferentes modos de entender el concepto vida

Existen, por tanto, diferentes modos de abordar el problema de vida como concepto. Esto es, diferentes estrategias de conceptualización, más allá de la dicotomía esencialismo/convencionalismo. De hecho, ya en el capítulo 8 se estableció una clasificación más amplia de los modos en los que puede definirse el concepto de vida. Más allá de dicho marco dicotómico, diversos autores amplían la posibilidad de considerar el concepto de vida en otros sentidos, bien a partir de otros modos de entender los géneros naturales (Diéguez, 2008), bien enfatizando los aspectos operacionales de las definiciones (Bich y Green, 2018).

La tabla 5, aparecida en el capítulo 8, muestra en los extremos las posiciones radicales, identificadas con el esencialismo intrínseco, y el convencionalismo, mostrando también cómo existe una gradación de posibilidades a la hora de definir dicho concepto. Recuérdese, además, que dicha tabla tiene como origen la propuesta de Bich y Green (2018).

Esta clasificación servirá de punto de partida para una nueva tabla, de manera que se permita incluir otras posibilidades, tales como la vida como individuo (Mariscal y Doolittle, 2020). También propuestas recientes, tales como la de Ferreira y Umerez (2018), quienes, partiendo de la propuesta de vida como agrupación homeostática de propiedades, modifican algunos aspectos, acercándose con ello a las propuestas de Slater (2015) sobre los géneros naturales.

Aunque las tablas 5 y 8 son similares, el nuevo cuadro parte de los distintos modos de considerar las estrategias de conceptualización de vida, y no tanto de la división entre definiciones metafísicamente comprometidas y operacionales, basadas en los

supuestos de Bich y Green (2017). Por ello, se modifican las características asociadas a cada propuesta, tal y como aparecen en la tabla 5, por las características relevantes señaladas en el apartado anterior (vaguedad de límites, historicidad, etc).

Por otro lado, se va a considerar que definir operacionalmente es compatible con las definiciones basadas en géneros naturales no esencialistas. Ya se ha comentado que existe la posibilidad de definir sin aludir al concepto de género natural. Pero, dado que los criterios para definir dados con Bich y Green (2018) son plenamente compatibles con modos promiscuos e integradores de entender los géneros naturales, se va a eliminar esta posibilidad.

Por ello, desde el punto de vista de las estrategias de conceptualización, las definiciones instrumentales y operacionales se considerarán como géneros naturales (aunque desde una perspectiva no esencialista). Por otro lado, definir operacionalmente y considerar que vida no es un género natural supone, en cierto sentido, asumir las tesis del convencionalismo. Por ello, se va a eliminar la columna que señala, como opción independiente, las definiciones operacionales. Con ello, quedaría:

Tipo de estrategia para definir vida						
Vida como género natural					Vida como individuo	Vida como concepto estipulado/ convencional
Vida como género natural esencialista	Vida como género natural no esencialista					
	Con compromiso causal (AHP)	Sin compromiso causal				
		Vida como AEP	Vida como género natural promiscuo			
Criterio de demarcación	Fijo, bien delimitado, real.	Abierto, difuso, parcialmente real	Abierto, difuso, parcialmente real	Abierto, difuso, parcialmente real	Fijo, real.	Abierto, difuso, convencional
Operacional y modificable con nuevos descubrimientos	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Flexibilidad frente a distintos criterios de clasificación	Un único modo correcto de clasificar. No flexible	Flexible, en función de mecanismos	Flexible, en función de la estabilidad	Flexible en función de intereses	No flexible	Flexible, en función de intereses
Compatibilidad con evolución	Difícilmente compatible	Compatible, con reservas	Compatible, con reservas	Compatible	Compatible	Compatible
Justificación del realismo	Fuerte compromiso realista, a partir de esencias.	Compromiso realista a partir de mecanismos	Compromiso realista a partir de estabilidad	Basada en proyecciones, inducciones y explicaciones	En base a historia común y cohesión	Sin justificación

Tabla 8: Estrategias de conceptualización del concepto de vida.

El cuadro anterior abarca un total de seis propuestas distintas. Independientemente de la mayor plausibilidad de una u otra propuesta, queda claro que no resulta adecuado considerar el concepto de vida a partir de la dicotomía esencialismo/convencionalismo. Es por ello por lo que, de aquí en adelante, se pretende abordar los distintos modos de considerar el concepto de vida:

- Vida como género natural esencialista. Esta posibilidad ya ha sido estudiada en profundidad en los capítulos previos, y rebatida. Es por ello por lo que no volverá a tratarse, excepto como contraste a otras propuestas que parecen más plausibles.
- Vida como agrupación homeostática de propiedades. Esta es la propuesta desarrollada por Diéguez (2008, 2013). En este caso, la posesión de ciertas propiedades favorece la presencia de otras, pero no de forma necesaria, ni suficiente. El que los géneros sean reales viene dado por los mecanismos homeostáticos (o causales, según la versión de la teoría a la que se refiera).
- Vida como género natural basado en la estabilidad relevante. Propuesta desarrollada por Ferreira y Umeriz (2018). Conscientes de algunas de las dificultades de vida como agrupación homeostática de propiedades, los autores sustituyen el compromiso con los mecanismos por el compromiso con la estabilidad relevante.
- Vida como género natural promiscuo. Esta propuesta, desarrollada por Soler (2019), y sugerida también por Amilburu y Soler (en prensa) considera que no pueden asegurarse compromisos metafísicos en un concepto complejo como el de vida. Quizá futuros desarrollos y descubrimientos permitan concretar esta cuestión, pero de momento no existe un criterio suficientemente aceptado como para restringir metafísicamente el concepto. Lo cual no supone que no puedan hacerse inferencias, explicaciones y proyecciones de dicho concepto, dentro del marco conceptual de cada disciplina.
- Vida como individuo. Propuesta desarrollada por Mariscal y Doolittle (2020). Existen algunos antecedentes a la misma, como Hermida (2016). Sin embargo, en Hermida vida se contempla como un individuo perteneciente a un género natural. Es decir, vida-en-la-Tierra, sería un individuo perteneciente al género natural vida-en-general. Para Mariscal y Doolittle, vida como individuo sería independiente de otras posibilidades de vida (otros individuos), de manera que no podrían agruparse en un género natural (o sólo de un modo convencional).

- Vida como concepto operacional. Esta propuesta no tiene en consideración si la vida es, o no, un género natural, sino cómo dicho concepto resulta útil a los científicos en sus prácticas. Por ello, no es incompatible con el concepto de vida como género natural promiscuo, pero en este caso se evita cualquier referencia a los géneros naturales.
- Vida como concepto convencional. Vida, para esta propuesta, es algo estipulado. Puede ser útil para la investigación científica, pero lo que sea depende de lo útil que dicho concepto pueda ser para las distintas disciplinas, y no de que sea un concepto "real". Esta cuestión también ha sido abordada en capítulos anteriores, aunque se retomará de nuevo en las conclusiones.

9.5 Conclusiones

El presente capítulo pretende mostrar por qué es relevante estudiar las estrategias de conceptualización de vida, así como aquellas que se consideran más relevantes. La mayoría de los estudios científicos se centran en el estudio de los contenidos de las definiciones. Sin embargo, tal y como muestran Razeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013) emplear un tipo de estrategia u otro modifica sustancialmente la definición.

Las estrategias de conceptualización pretenden estudiar el modo con los que los científicos se acercan al concepto de vida, esto es, qué presupuestos metafísicos, epistémicos y axiológicos tienen en consideración en sus definiciones. Esto lleva a cuestiones tales como si la definición de vida es real o una mera convención, si existen propiedades que definen vida de forma unívoca, o la relación entre definiciones y praxis científica, entre otras.

Estudiar las distintas estrategias de conceptualización posibles puede servir no sólo a los filósofos de la biología, sino también a los propios biólogos. En la medida que sean conscientes de los supuestos sobre los que descansan sus teorías, pueden tomar decisiones sobre si es conveniente (o no), modificar tales supuestos. Un ejemplo de ello es la poca consciencia que existe entre los biólogos sobre el esencialismo en el que descansan la mayoría de las propuestas. Y ello a pesar que, preguntados de forma explícita, los investigadores suelen mostrarse escépticos hacia el esencialismo en

biología. Algo poco sorprendente, dado el peso de la síntesis evolutiva moderna en las ciencias de la vida.

Considerar tales estrategias puede ayudar a abrir nuevos caminos. Más allá de las propuestas con un fuerte compromiso metafísico y el convencionalismo, existen otros modos de entender los géneros naturales (integradores, promiscuos), e incluso la posibilidad de explorar escenarios alternativos (vida como individuo). Abordar estas cuestiones será el objeto de los siguientes capítulos.

SECCIÓN III. VIDA COMO GÉNERO NATURAL

10. GÉNEROS NATURALES Y BIOLOGÍA

10.1 Introducción. Modos de entender los géneros naturales

En el capítulo precedente se mostró la importancia de estudiar las distintas estrategias que pueden seguirse a la hora de considerar vida. Entre dichas estrategias destacan aquellas que consideran vida como género natural. Existen, además, otras posibilidades (vida como individuo y como género convencional). Es importante tener en cuenta que algunos de los últimos desarrollos sobre los modos de acercarse a vida como por ejemplo en Diéguez (2008, 2013), Ferreira y Umerez (2018) o Soler (2019), se consideran escenarios alternativos en base a diferentes concepciones de géneros naturales. Es por ello que en el presente capítulo se presentará, de forma resumida, cómo se puede entender el concepto de género natural. Para ello se tendrá en cuenta, de manera especial, cómo ha evolucionado dicho concepto en filosofía de la ciencia, y muy especialmente, en filosofía de la biología.

En primer lugar, es conveniente tener en cuenta que el término género natural³⁸ se desarrolla en la filosofía contemporánea de la mano de Russell (2009, primera edición de 1948), y especialmente en Quine (1969), Kripke (1972, traducción al español del original en inglés de 1972) y Putnam (1975; 1985, traducción al español del original en inglés de 1970)³⁹. Sin embargo, los antecedentes del mismo se sitúan en diferentes

³⁸ El término empleado en inglés es *natural kind*. Dicho término se traduce habitualmente al español como *género natural*. También puede traducirse como *clase natural*. Aunque no es una regla estricta, es habitual emplear el término *género natural* en filosofía de la ciencia, mientras que *clase natural* se emplea con mayor frecuencia en filosofía del lenguaje y lógica.

³⁹ Una cuestión a considerar es que las preocupaciones de Putnam y Kripke son más de naturaleza semántica que epistémica o metafísica. Debe tenerse en cuenta que el paradigma básico en filosofía del lenguaje era, hasta ese momento, la teoría descriptiva de la referencia. Esta teoría es desplazada por las teorías causales de la referencia desarrolladas por Putnam y Kripke. Putnam, además, desarrolla el denominado externalismo semántico. Algunos de los ejemplos empleados por Putnam para explicar el externalismo son particularmente conocidos, como el conocido experimento mental de la Tierra gemela. Quizá menos espectacular, pero más importantes para el caso que nos ocupa, son otros ejemplos empleados por él (comparación molibdeno/aluminio, u olmo/haya).

El externalismo semántico puede entenderse con facilidad a través de ejemplos sencillos como el de los limones (Putnam, 1970, 1985). Ser un limón no viene dado por un conjunto de propiedades asociadas, tal y como se suponía en las teorías descriptivas de la referencia. Realmente, lo que sea “ser un limón” no depende de las propiedades consideradas por los hablantes normales, sino por la ciencia. En palabras del propio Putnam (1985) “no es cosa del análisis del lenguaje, sino de la construcción de teorías científicas,

momentos, en función del autor que trate la cuestión (Macleod y Reydon, 2013). Por un lado se encuentran aquellos que consideran su origen en la filosofía griega, especialmente en el aristotelismo. Es el caso, por ejemplo, de Devitt (2008) o Smith (2018). Otros autores, como Dupré (1981), consideran que es Locke quien inicia el estudio acerca de los géneros naturales. Por su parte, Hacking (1991, 2007) señala a Whewell, Venn y Mill como primeros autores que se embarcan en su estudio.

Si bien el debate historiográfico sobre los géneros naturales no es objeto de este trabajo, es interesante señalar las discrepancias en este punto. Como señalan Macleod y Reydon (2013), estas discrepancias no son casuales, sino que remiten a los distintos modos de entender los géneros naturales. Así, es habitual que los autores que insisten en los compromisos esencialistas de los géneros naturales tiendan a situar su origen en la filosofía aristotélica. Aquellos que limitan (en algunos casos incluso prescinden) de tales compromisos se muestran partidarios de considerar el empirismo inglés como el origen del debate, especialmente en Locke, o en la filosofía anglosajona del siglo XIX (Whewell, Mill).

En lo que sí parece haber acuerdo es en señalar que el problema resurge con fuerza en la década de los setenta del siglo XX de la mano de autores como Quine, y especialmente, de Kripke y Putnam. Desde entonces, el concepto ha sido objeto de

determinar la esencia natural; hoy diríamos que se trata de la estructura cromosómica, en el caso de los limones” (p. 133). De forma similar, el famoso experimento mental de la Tierra gemela parte del supuesto que ser agua es tener una determinada estructura química, es decir, H₂O. XYZ, la supuesta sustancia de la Tierra gemela indistinguible con el agua, no sería agua, incluso en el caso que los habitantes de la Tierra gemela y los terrícolas no poseyeran los medios de distinguirlas. La interpretación más habitual de la filosofía de Putnam considera que lo relevante es que existe una “esencia” externa que justifica que los limones sean limones, y que el agua sea agua, más allá de los usos lingüísticos de los términos.

Por tanto, en la medida que las preocupaciones de Kripke y Putnam son fundamentalmente semánticas, no parecen demasiado pertinentes algunas de las críticas a ambos desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia. Por ejemplo, algunos autores les achacan su falta de conocimiento científico sobre las especies biológicas (véase, por ejemplo, Torres, 2011). Tales críticas no son exactamente falsas. Más bien, estos autores críticos realizan una equiparación injustificada entre la semántica desarrollada por Putnam y los contenidos científicos a los que ellos hacen referencia.

Sea como fuere, el mensaje que ha calado entre los filósofos de la ciencia es que los géneros naturales tal y como son desarrollados por Kripke y Putnam resultan bastante problemáticos en el ámbito de la filosofía de las ciencias especiales. Este modo simplificado de entender a Kripke y aún más a Putnam es asumido no solo en filosofía de la biología, sino también en otras disciplinas como la filosofía de la química, por ejemplo en Hendry (2005), o Harvstad (2018). En filosofía de la biología autores como Dupré (1981) o Devitt (2008), entre otros, comparten esta visión simplificada de las teorías de Kripke y Putnam.

Hacking (2007), sin embargo, señala que considerar a Putnam como esencialista metafísico es simplificar en exceso su filosofía. A pesar de lo interesante del análisis de Hacking, compartido por el autor del presente trabajo, no parece que esta idea haya calado entre los filósofos de la ciencia.

múltiples estudios, abordándose desde distintos ámbitos de la filosofía. Si las clases naturales han jugado un papel relevante en filosofía del lenguaje, no se puede obviar la relevancia de los géneros naturales en filosofía de la ciencia o metafísica. Por su parte, dentro de disciplinas como filosofía de la ciencia los enfoques pueden ser bastante diferentes si se habla de ciencia básica o de ciencias especiales.

Es cierto que en una primera formulación el concepto de género natural no parece ser demasiado complejo. Así, Bird y Tobin (2018), en la entrada sobre natural kinds en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, emplean la siguiente definición “decir que un género es natural es decir que corresponde a una agrupación que refleja la estructura del mundo natural, más que los intereses y acciones de los seres humanos”.

Sin embargo, esta aparentemente sencilla definición puede ser interpretada desde muy distintos puntos de vista, en función de los presupuestos asumidos. ¿Qué propiedades debe tener un género para ser considerado como natural? ¿Cuál es la relación entre los términos de clase natural y aquello que denotan? ¿Es posible que un mismo individuo forme parte de distintos géneros? ¿Cómo se articulan las relaciones entre los aspectos metafísicos y los epistémicos de los géneros naturales? ¿De qué manera influyen los intereses y los valores de los investigadores en las distintas clasificaciones? ¿Existe una jerarquía entre distintos géneros? Todas estas preguntas, así como otras posibles, ponen de relieve las múltiples facetas desde las que se pueden abordar los géneros naturales.

Esto ha llevado a algunos autores como Hacking (2007) a variar su posición inicial, favorable al estudio de los géneros naturales, hacia un escepticismo respecto de los mismos. Este escepticismo se ha ido acrecentando en la medida que los problemas asociados a los géneros naturales se mantienen sin resolver, especialmente los derivados de la disyuntiva entre metafísica y epistemología. Esto se enmarca dentro del debate acerca del realismo sobre los géneros naturales, como señalan Amilburu (2019), Soler (2019) y Amilburu y Soler (en prensa).

Así pues, es posible clasificar las propuestas sobre los géneros naturales en función de los supuestos asumidos. Reydon (2009) clasifica las definiciones sobre los géneros naturales considerando aquellas propuestas con un enfoque metafísico, frente a las propuestas epistémicas. A pesar de que, aparentemente, ambas propuestas tratan problemas distintos, Reydon señala que se trata de “diferentes maneras de aproximarse al mismo problema” (p. 726). La diferencia estaría en el modo de abordar el problema,

no en el problema en sí. Aunque Reydon muestra una mayor proximidad hacia los enfoques epistémicos, señala que ambas propuestas no son excluyentes, sino complementarias.

La propuesta de Reydon resulta interesante, en la medida que responde a los dos modos extremos en los que pueden clasificarse los géneros naturales. Sin embargo, como señala Amilburu (2019), esta propuesta se encuentra con dificultades para clasificar algunas propuestas. ¿Cómo interpretar una propuesta como la de Boyd (1999), o como la de Khalidi (2013)? Ambos autores parecen integrar aspectos metafísicos y epistémicos, lo que supone un problema para la clasificación empleada por Reydon. Por otro lado, la identificación entre las propuestas metafísicas y el esencialismo resulta problemática, ya que no recoge los compromisos metafísicos de las propuestas no esencialistas.

Amilburu (2015) intenta solventar estas dificultades sustituyendo las aproximaciones metafísica y epistémica por el concepto de naturalidad. Clasifica los diferentes modos de entender los géneros naturales en tres propuestas distintas: unitarias, integradoras y promiscuas. El hilo conductor sobre el que se fundamenta esta clasificación es el concepto de naturalidad, o membresía natural. Es decir, lo que permite establecer una clasificación no es tanto la disyuntiva metafísica/epistemología, sino de qué manera se asume la naturalidad de los géneros naturales. Se trata, así, de responder a la pregunta ¿en base a qué los géneros naturales son considerados como tales? El presente trabajo va a asumir dicha clasificación, dado que la separación entre propuestas integradoras y promiscuas resulta de utilidad en el debate acerca de la vida. Esto no implica dejar de lado los aspectos metafísicos y epistémicos, sino abordarlos desde una perspectiva distinta.

10.2 Teorías unitarias sobre los géneros naturales

Según Amilburu (2015), las teorías unitarias se caracterizan por considerar que los géneros naturales existen en el mundo independientemente de los seres humanos. Los géneros naturales son reales, tal y como los entienden los autores que defienden esta concepción, más allá de los valores y los intereses de los investigadores, y de los seres

humanos en general. De hecho, esta visión es la habitualmente considerada cuando se generaliza, simplificando, sobre los géneros naturales. Así, por ejemplo, aparece formulada en la definición empleada inicialmente por Bird y Tobin (2018), mencionada en el apartado anterior.

Es fácil entender que tales propuestas, al considerar el mundo como algo externo, aceptan el externalismo semántico, es decir, con que los significados no están en la cabeza. Más aún, puede decirse que ni siquiera están en el conjunto de cabezas, es decir, no forman parte del corpus cultural o social, sino de la realidad en sí misma⁴⁰. Los géneros naturales son independientes de los seres humanos en tanto en cuanto que son objetivos. Esta objetividad es lo que permite desligarlos de cualquier tipo de compromiso epistémico o axiológico.

Como destaca Amilburu, el poseer esencias (entendidas en un sentido intrínseco) es lo que permite asegurar que un género es natural. Tales esencias aseguran el compromiso metafísico de los géneros naturales. De esta manera, poseer la(s) esencia(s) es lo que permite decidir si un individuo pertenece o no a un determinado género. Y a la inversa, un género determina las características de los individuos que lo componen a partir de tales esencias.

De forma un poco más precisa, puede decirse que: sea un individuo x , un género natural G y una propiedad esencial P , se dice que $\forall x, x \in G$ si y solo si x posee la propiedad esencial P ⁴¹. Esta formulación, a pesar de su sencillez, tiene algunas consecuencias importantes sobre el modo en que se entienden los géneros naturales, y el concepto de naturalidad asociado, que conviene precisar antes de seguir adelante.

En primer lugar, la propiedad P define de forma necesaria y suficiente al género en cuestión. Esto permite marcar una diferencia entre los géneros naturales unitarios y los integradores, a saber, el carácter intrínseco de las propiedades (Boyd, 1999). Por intrínseco se entiende aquella propiedad que no depende de nada externo a los

⁴⁰ Como se ha señalado en el apartado anterior, si bien Putnam suscribiría sin dudar el externalismo semántico, difícilmente dejaría de lado el papel de lo social en los significados. Esto, que es especialmente evidente en el giro dado por Putnam en la década de los ochenta, puede verse también en *The meaning of meaning*, a partir de la importancia dada a la división del trabajo lingüístico.

⁴¹ En caso de haber más de una propiedad esencial se tendría que $\forall x, x \in G$ si y solo si x posee $\sum_1^n P_i$, donde i es cada una de las n propiedades esenciales.

individuos que instancian el género natural⁴². Por ello, aunque todo el entorno cambiase, el individuo que instancia un género continuaría poseyendo dicha propiedad.

Por ejemplo, la carga eléctrica de una partícula subatómica sería una propiedad intrínseca, ya que no depende de nada externo a dicha partícula. Sin embargo, si la pertenencia a una especie biológica se realiza a partir de las relaciones de parentesco, entonces tales relaciones son extrínsecas. El coeficiente de rozamiento sería otro ejemplo de propiedad extrínseca. Un material concreto no posee su propio coeficiente de rozamiento, sino que dicho coeficiente depende de la interacción entre dos materiales distintos. Por ello, no puede determinarse el valor del coeficiente de rozamiento a partir de las propiedades intrínsecas de cada material⁴³.

La segunda precisión es que la delimitación de los géneros naturales se realiza de forma inequívoca. La posesión de las propiedades características determina la pertenencia a un determinado género; su ausencia la exclusión del mismo. No tiene sentido considerar casos intermedios, o difusos, en los que la pertenencia a un determinado género sea una cuestión de grado. Esta restricción, consecuencia de la definición de género a partir de la posesión necesaria y suficiente de unas esencias, tiene importantes restricciones

⁴² Este modo de entender las esencias es de corte aristotélico, es decir, se precisa de los individuos que instancian a los géneros para considerar la realidad de los mismos. Otra forma de entender las esencias sería de modo platónico, es decir, las esencias de los géneros serían entendidas como universales, y no precisarían de los individuos en los que se instancian para considerar su realidad. Estas consideraciones, sin embargo, no alteran la tesis principal, es decir, el carácter necesario y suficiente de las propiedades.

⁴³ Más allá de considerar el si las esencias de los géneros naturales pueden ser extrínsecas, algunos autores ponen en cuestión los conceptos de extrínseco/intrínseco. Así, Khalidi (2013) muestra la dificultad de distinguir entre tales tipos de propiedades. En primer lugar, asumir la distinción intrínseco/extrínseco en los géneros naturales supone una confusión entre el plano lógico y metafísico. Según Khalidi, el carácter intrínseco de las propiedades es de naturaleza lógica, mientras que los géneros naturales son de naturaleza metafísica. Asociado a esta cuestión aparecen algunas paradojas, como la consideración de la independencia (¿es una propiedad extrínseca o intrínseca?), o el estatus dual intrínseco/extrínseco de propiedades tales como *ser el único objeto rojo en el mundo*. En cualquier caso, detrás de la insistencia en las propiedades intrínsecas se encuentra la idea de necesidad modal, lo que incide en la confusión entre el plano lógico y metafísico.

Más allá del debate sobre la naturaleza lógica de las propiedades intrínsecas y las contradicciones lógicas a las que puede llevar, Khalidi muestra que algunos de los ejemplos paradigmáticos empleados por los esencialistas no parecen cumplir con las expectativas puestas sobre ellos. Quizá el caso de las partículas fundamentales sea especialmente significativo. Por ejemplo, en los hadrones los quarks no pueden considerarse de forma aislada, sino siempre junto a otros quarks. Y es evidente que el estar rodeado de otros quarks no es una propiedad intrínseca. Otro ejemplo deriva del principio de exclusión de Pauli, según el cual dos fermiones no pueden estar en el mismo estado cuántico. Es decir, el estado cuántico del fermión no depende solamente de él, sino también de otros fermiones. Es frecuente que los autores esencialistas limiten las propiedades intrínsecas a unos pocos tipos de géneros, entre los que destacan las partículas elementales. Pero como señala Khalidi, ni siquiera en estos casos está claro que los individuos a los que el género se refiere estén determinados por unas propiedades independientes del entorno.

en muchas áreas de la ciencia, fundamentalmente en ciencias especiales pero también en ciencia básica. Es por ello por lo que es frecuente, entre los autores unitarios, limitar los géneros naturales a unos pocos casos, habitualmente asociados a propiedades físicas fundamentales.

Una tercera consecuencia de entender los géneros naturales en un sentido unitario es el considerar una única manera correcta de establecer las clasificaciones de los géneros naturales. Lógicamente, si los géneros no dependen de las particulares visiones de los investigadores, sino sólo de la estructura real de un mundo independiente, se está asumiendo que esta estructura es única. La naturaleza es una realidad pasiva, definida de forma necesaria y unívoca conforme a las leyes naturales. Los científicos, en la medida que avancen en sus investigaciones, no hacen otra cosa que acercarse a tal realidad.

Es cierto que existen algunas diferencias entre los autores. Por ejemplo, Amilburu (2015) señala que, al contrario de lo que es habitual, Lowe no cree que se conozcan las esencias a posteriori, es decir, para este autor la esencia precede a la existencia. Por su parte, Bird (2009) distingue entre una versión fuerte y otra débil de esencialismo:

El esencialismo de los géneros naturales puede entenderse en una forma más fuerte, que implica un fuerte realismo sobre las clases: hay entidades que son clases naturales y estas tienen propiedades esenciales (y posiblemente también esencias completas); o en una forma más débil que es prima facie compatible con el nominalismo de los géneros naturales: hay verdades necesarias a posteriori relativas a las extensiones de los predicados del género natural. (p. 504)

Sin embargo estos debates, aun siendo importantes, no resultan significativos para el objetivo que se pretende seguir aquí, a saber, la incompatibilidad de las propuestas unitarias con los géneros en biología, y por extensión, con el concepto de la vida. Existen diferentes motivos que sustentan esta afirmación. Entre ellos se pueden destacar:

- *Las esencias de los géneros naturales unitarios son propiedades definidas de una vez y para siempre.* Es decir, las esencias son atemporales e inmutables. En la medida que la síntesis evolutiva moderna es el paradigma central de la

biología, y la evolución supone el cambio histórico, resulta incompatible con la idea de géneros definidos a partir de esencias inmutables.

- *Los géneros naturales vienen determinados por esencias necesarias y suficientes.* La complejidad de muchos conceptos biológicos parece incompatible con esta definición. El caso de vida resulta bastante significativo en este sentido. No sólo no existe un acuerdo sobre cuales serían tales esencias, sino que el desarrollo de las ciencias de la vida parece alejar la posibilidad de encontrarlas. Lo mismo ocurre con otros conceptos como el de especie, cáncer, o gen. En este último caso, por ejemplo, Stotz, Griffiths y Knight (2004) señalan los diferentes enfoques empleados por los investigadores de la Universidad de Sidney, en función de la disciplina a la que pertenecen, así como los supuestos explícitos e implícitos en las diferentes teorías.
- *Los géneros naturales se definen de forma unívoca.* Es decir, la membresía natural no puede definirse en términos de gradualidad. Sin embargo, en biología los límites empleados en las clasificaciones se caracterizan por su carácter difuso. Esto puede verse a través de ejemplos como el de especie, concepto impreciso tanto sincrónica como diacrónicamente. Pero también en el caso que aquí nos ocupa, a saber, el concepto de vida. A pesar de que algunas teorías, como la autopoiesis de Marutana y Varela, insisten en que un organismo no puede ser parcialmente autopoietico (y por tanto los límites de lo vivo están claramente definidos), las investigaciones actuales consideran lo difuso de los límites (p.e. Ruiz-Mirazo et al., 2004). Más aún, tal y como se vio en capítulos anteriores, incluso aquellos autores que, como Luisi (2015) y Ramos-Jiliberto (2013) parten del concepto autopoietico de vida, acaban por aceptar su carácter difuso.
- *Los géneros naturales son objetivos.* En la medida que son metafísicamente dependientes de la realidad, y que ésta es única, los intereses y valores de los investigadores no forman parte de ellos. Sin embargo, autores como Machery (2012) respecto del concepto de vida, o Stotz et al. (2004) respecto al de gen, ponen de manifiesto las diferentes definiciones y conceptos empleados en distintas disciplinas biológicas. Respecto a las especies, esta cuestión es considerada por Boyd (1999) o Dupré (2002), desde distintas posiciones, aunque ambos comparten su crítica al esencialismo intrínseco.

Queda claro que los géneros naturales unitarios resultan incompatibles con los géneros naturales de disciplinas tales como la biología, también otras ciencias especiales, en la medida que los requerimientos metafísicos resultan demasiado rígidos⁴⁴. Respecto a la inconveniencia de definir vida como género natural unitario (o esencialista intrínseco), ya se vio en capítulos anteriores cómo las críticas de Machery (2012), Cleland (2012), Keller (2010) o Tirard et al. (2010) resultan acertadas. Todo ello tiene como consecuencia rechazar no sólo que vida sea un género natural esencialista, sino incluso a negar el esencialismo de cualquier género biológico.

10.3 Teorías integradoras sobre los géneros naturales

Dadas las dificultades del esencialismo intrínseco para dar cuenta de los géneros naturales en diversas disciplinas, y particularmente en biología, algunos autores han

⁴⁴ Probablemente el filósofo de la biología más cercano a las posiciones unitarias es Devitt (2008). Devitt propone reconsiderar el esencialismo intrínseco en las especies biológicas. Para ello considera que las especies pueden ser entendidas en un sentido evolutivo, pero también estructural. El evidente éxito de la teoría evolutiva para dar cuenta de los cambios en las especies no significa que la evolución sea el único marco referencia en las prácticas clasificatorias. Para Devitt, además, las esencias de las especies son, al menos parcialmente, intrínsecas. Esto puede verse cuando señala que “los taxones Linneanos, incluyendo las especies, tienen esencias que son, al menos parcialmente, propiedades subyacentes intrínsecas, principalmente genéticas” (Devitt, 2008, p. 344). Posteriormente se muestra aún más contundente “para resumir: las explicaciones estructurales en biología demanda géneros con propiedades esenciales intrínsecas” (Devitt, 2008, p. 355).

Existen múltiples casos en los que los científicos emplean modos de clasificación que consideran, de facto, que las especies poseen algún tipo de esencias. Aunque Devitt no comparte la identificación de tales esencias solo con los genes, es cierto que en las prácticas identificativas de especies biológicas el análisis genético resulta una herramienta esencial. Un ejemplo de ello sería la identificación de una nueva especie de saladilla, *Limonium perplexum*, gracias al análisis genético de lo que parecía ser una especie distinta, extinta en la zona de la sierra de Irta, Castellón. Los análisis genéticos confirmaron las sospechas de algunos biólogos para los que la especie en cuestión no era *Limonium cabalinesii*, sino una especie diferente. Ejemplos como este abundan en biología, lo que podría llevar a pensar que muchos biólogos contrarios al esencialismo son esencialistas de facto. Para más información sobre el *Limonium perplexum* véase Serrano et al. (2005)

Amilburu (2015, pp 118-119) por su parte, considera a Devitt como un autor cercano a la línea integradora, dado que abre la posibilidad a que las esencias sean también extrínsecas. Lo cual es cierto, pero el énfasis con el que defiende las esencias intrínsecas parece inclinar su posición hacia las teorías unitarias. Se trata, en cualquier caso, del autor con un mayor compromiso metafísico, aunque su postura es rechazada por la mayoría de los filósofos de la biología.

desarrollado teorías alternativas. Una de estas alternativas es la formada por las teorías integradoras, siguiendo a Amilburu (2015).

Para resolver los problemas de las teorías unitarias, las teorías integradoras emplean una doble estrategia. En primer lugar, relajan los compromisos metafísicos, permitiendo con ello superar dificultades tales como la integración de los casos difusos. En segundo lugar, consideran que los géneros naturales no vienen determinados en exclusiva por la naturaleza, sino también por los intereses y valores de los investigadores. Este compromiso dual, metafísico y epistémico/axiológico es su principal característica, permitiendo resolver las dificultades inherentes al esencialismo intrínseco, aunque a su vez es fuente de otro tipo de tensiones.

Probablemente el autor más influyente dentro de esta línea de trabajo sea Richard Boyd, con su teoría de los géneros naturales como agrupaciones homeostáticas de propiedades (AHP). En un primer momento Boyd (1988), utilizó las agrupaciones homeostáticas de propiedades en filosofía moral. Sin embargo, donde dicho concepto ha mostrado ser especialmente fructífero es en un contexto radicalmente distinto, a saber, el problema de las especies (Boyd, 1999). Otros autores, aunque no compartiendo necesariamente todos los supuestos de la teoría de los géneros naturales como AHP, desarrollan teorías cercanas a la misma, por ejemplo Khalidi (2013) u Okasha (2002). Autores como Devitt (2008), por su parte, parecen oscilar entre las posiciones unitaria e integradora, tal y como se explicó en el apartado anterior.

¿Cuáles son las características de las teorías integradoras, y qué las diferencia de las unitarias? En primer lugar, los géneros naturales, entendidos desde una perspectiva integradora, no vienen definidos por una(s) propiedad(es) necesaria(s) y suficiente(s). Los géneros naturales suelen instanciar una serie de propiedades, pero ninguna de ellas es necesaria ni suficiente para determinar si un individuo pertenece o no al género.

Si la relación entre los géneros naturales no es de necesidad, ¿de qué tipo de relación se trata? Boyd (1999) señala que los géneros naturales pueden ser entendidos como AHP. Según esta teoría, la relación entre un género y sus propiedades no es analítica, sino homeostática, es decir, si se considera una serie de propiedades F asociadas a un género natural, “la presencia de algunas de las propiedades en F tiende (en las condiciones adecuadas) a favorecer la presencia de las otras, o existen mecanismos o procesos subyacentes que tienden a mantener la presencia de las propiedades en F , o ambos” (Boyd, 1999, p. 143).

Este cambio resulta de gran importancia, en la medida que permite relajar las rígidas restricciones a las que se ven sometidos los géneros naturales unitarios. No es necesario, para que un individuo sea considerado como miembro de un género, que posea todas y cada una de las propiedades asociadas al género. A su vez, la presencia de algunas propiedades asociadas al mismo favorece la presencia del resto, aunque no de forma analítica o necesaria. Esto tiene una serie de consecuencias que permite solventar algunos de los problemas con los que el esencialismo intrínseco debe enfrentarse.

En primer lugar, si se entiende que la naturalidad de los géneros naturales no viene dada por propiedades necesarias y suficientes, entonces es posible dar cuenta de situaciones complejas en las que los límites sean difusos. Tal es el caso del problema de las especies, o el concepto de vida. De esta manera, en el caso de vida, los difusos (y complejos) límites entre lo vivo y lo no vivo no permiten delimitar lo vivo en un sentido dual (o totalmente vivo, o totalmente no vivo). Problemas como el estatus de los virus o los priones, o el debate sobre los primeros estadios en el origen de la vida, pueden entenderse mejor dentro de un contexto donde vida no es una propiedad de todo-o-nada. Por ello, es posible entender vida como un género natural integrador, dado que esto es compatible con la gradualidad propia de la mayoría de las situaciones con las que se enfrentan los biólogos.

En segundo lugar, dado que los géneros naturales no son definidos de forma unívoca por una serie de propiedades necesarias y suficientes, es posible para diferentes investigadores emplear criterios distintos de clasificación, en función de sus propios intereses y valores. Los mecanismos causales que justifican la proyectabilidad e inducción de los géneros naturales permiten distintos modos de clasificación. Este modo de entender la proyectabilidad y la inducción es coherente con la idea de AHP, donde las propiedades no son entendidas en un modo necesario y suficiente, permitiendo así cierta variabilidad.

Empleando la terminología propia de Boyd (1999), las prácticas científicas están acomodadas (*accommodation*) a las estructuras causales del mundo. Pero esta acomodación puede instanciarse de diferente manera en distintas disciplinas. La acomodación es, por tanto, relativa a un determinado ámbito de estudio. Sin embargo, no debe confundirse esta cuestión con el convencionalismo, puesto que no cualquier clasificación es válida. Solo lo son aquellas que responden a la estructura causal (y por

tanto, real) subyacente a los géneros naturales. Como señalan Wilson (1996), y también Khalidi (2013), es la presencia de mecanismos lo que permite decir que el agrupamiento no es un mero conjunto aleatorio, “el mecanismo asegura que esas propiedades constituyen una agrupación [cluster], más que un simple conjunto [set]”, (Khalidi, 2013, p. 74).

En tercer lugar, los géneros naturales integradores son compatibles con la historicidad de los géneros naturales en biología. Según Boyd (1999):

El grupo de propiedades está individualizado como un objeto o proceso histórico (tipo o muestra): ciertos cambios a lo largo del tiempo (o en el espacio) en el grupo de propiedades o en los mecanismos homeostáticos subyacentes preservan la identidad del grupo (p. 144)

Esto supone que los géneros, en tanto que históricos, no son definidos de una vez y para siempre. Es decir, no existen unas esencias permanentes a las que pueda asociarse un género en cualquier contexto, no solo desde una perspectiva sincrónica (como ocurre con los casos límite ya mencionados, virus y priones), sino también diacrónica. Con ello queda resuelto uno de los principales escollos que impedían considerar a los géneros en biología como naturales, a saber, su incompatibilidad con la síntesis evolutiva moderna. Esta cuestión, además, es relevante no solo en biología, sino en todas las ciencias especiales donde los géneros a tratar tienen un componente histórico.

Es importante señalar que los géneros naturales tal y como son entendidos por Boyd son reales, es decir, existen más allá de los intereses y valores de los investigadores. Para Boyd, la naturalidad de los géneros es debida a la existencia de mecanismos causales que justifican las inducciones, explicaciones y la proyectabilidad de las teorías científicas (Boyd, 1990, p. 139). En la naturaleza existen mecanismos causales subyacentes que justifican considerar los géneros como reales, no como simples convenciones. Tales mecanismos se ven confirmados en las predicciones de las teorías científicas.

Sin embargo, la relación entre los mecanismos y los géneros no es entendida a partir de relaciones lógicas rígidas, sino que son descubiertas, y, además, tienen un cierto margen de error, o mejor, de imprecisión. Esto permite la existencia no sólo de casos difusos, sino también que diferentes investigadores empleen criterios distintos para clasificar los mismos individuos. Tales clasificaciones pueden ser distintas, pero todas ellas son válidas, en la medida que justifiquen inducciones y proyecciones, a partir de los mecanismos causales subyacentes. En definitiva, las AHP permiten la coexistencia de un compromiso metafísico realista, basado en mecanismos causales, junto con un cierto margen para incluir los valores e intereses de los investigadores. Siempre, eso sí, dentro de los límites de las estructuras causales del mundo, ya que son estas las que justifican su naturalidad.

No cabe duda de que la teoría de los géneros naturales como AHP es la teoría integradora más conocida. De hecho, es sobre ella sobre la que se articulan otras alternativas integradoras. Respecto al problema de cómo considerar el concepto de vida, Diéguez (2008, 2013) emplea dicha teoría para justificar una alternativa no esencialista al concepto de vida. Sin embargo, algunos autores proponen teorías alternativas a las AHP, dentro del marco de las teorías integradoras.

Uno de estos autores es Khalidi (2013). Para este autor, la propuesta de Boyd resulta interesante en escenarios tales como el problema de las especies, en la medida que responde adecuadamente a aquellas cuestiones donde el esencialismo falla. Sin embargo, para Khalidi el concepto de homeostasis resulta, en ocasiones, problemático. Es cierto que algunos géneros naturales se organizan, como señala Boyd, como AHP. Ahora bien, no todos los géneros naturales son AHP. El problema está en el concepto de homeostasis, que prioriza las relaciones de equilibrio. Este equilibrio queda patente a través de las relaciones de similitud⁴⁵. Para otros autores, como Ereshefsky (2010), establecer los géneros naturales en base a las relaciones de similitud es incompatible con los géneros naturales históricos, algo que se explicará con más detalle en el próximo apartado. En cualquier caso, para Khalidi esto no impugna toda la teoría de Boyd. En lugar de ello, este autor sustituye la idea de homeostasis. Y con ello soluciona el problema derivado de la tendencia al equilibrio de tales mecanismos.

⁴⁵ En este sentido, Boyd es deudor de Quine (1969). En efecto, Quine plantea el carácter central de las relaciones de similitud en los géneros naturales. También en el hecho de que las relaciones de similitud son relativas a cada disciplina, "diferentes medidas de similitud, o nociones de similitud relativa, se adaptan mejor a diferentes ramas de la ciencia" (Quine, 1970, p. 54).

La mayoría de las especies evolucionan y las propiedades asociadas con ellas no se mantienen en un estricto estado de equilibrio (...) A veces esto conduce a la especiación y al surgimiento de un nuevo género, pero a menudo la misma especie persiste a pesar de una considerable divergencia. (Khalidi, 2013, p. 77)

Por ello, Khalidi propone sustituir el concepto de mecanismo homeostático por el de relación causal. Tales relaciones causales permiten establecer fuertes correlaciones entre los individuos y las propiedades características de un género. Sin embargo, en otras ocasiones tales relaciones son mucho más débiles. Bajo la idea de homeostasis subyace una tendencia un tanto estática hacia al equilibrio. Esto resulta problemático, en la medida que el equilibrio de lo vivo, es, como ya se vio en capítulos anteriores, no estático. Por ello parece pertinente, desde una perspectiva integradora, tener en consideración las aportaciones de Khalidi.

Sin embargo, más allá de las diferencias, Boyd y Khalidi comparten una visión bastante similar de lo que es un género natural. Precisamente, el doble compromiso, metafísico y epistémico/axiológico, es lo que permite encuadrar a ambos autores dentro de un mismo grupo de teorías, siguiendo en este sentido a Amilburu (2015). Aquí se va a considerar que la propuesta de Khalidi (2013) resulta más interesante para dar cuenta del concepto de vida. Pero esto no es tanto por diferencias sustanciales, sino porque las AHP son interpretadas en ocasiones en un sentido estático. Algo que resulta claramente contraproducente en el concepto de vida. Y que parece haber sido pasado por alto por algunos de los autores que defienden la vida como una AHP, como se verá en próximos apartados.

10.4 Dificultades de las teorías integradoras

Ya se ha señalado que el éxito de este tipo de teorías reside en un menor compromiso metafísico, permitiendo la existencia de casos difusos. También adoptando la tesis de acomodación, es decir, considerar que existen distintos modos de clasificar las mismas

entidades. Esta es su principal ventaja, pero también fuente de algunas dificultades. Porque los géneros naturales integradores quedan, al menos parcialmente, indeterminados, en función del carácter difuso inherente a las AHP. En palabras de Amilburu (2015) “de acuerdo con esta concepción integradora de género natural, encontramos muchos casos de vaguedad o indeterminación extensional” (p. 133). Es decir, incluir entidades tales como las especies, o la vida, dentro del concepto de género natural tiene como coste asumir tal vaguedad. Algo que no supone un problema para los defensores de este tipo de teorías, sino que, en su opinión, refleja la estructura real de la naturaleza. En cualquier caso, dado que las teorías integradoras, y en especial los géneros naturales como AHP son una alternativa razonable a la hora de considerar la vida como un género natural, es importante conocer las críticas y dificultades a las que deben enfrentarse.

Tal y como se vio en el apartado anterior, según Khalidi (2013), la tendencia al equilibrio de los mecanismos homeostáticos no responde a la compleja realidad de algunas situaciones, particularmente en biología. Aunque ello no le impide considerar favorablemente el enfoque general dado por Boyd. Por otro lado, se ha mencionado en el apartado anterior que autores como Ereshefsky (2010) señalan que las relaciones de similitud no son un fundamento adecuado para los géneros naturales en biología. El motivo principal de ello es que la biología moderna se articula a partir de la teoría de la evolución. Fundamentar las clasificaciones de los géneros naturales en las relaciones de similitud resulta incompatible con el marco general evolutivo⁴⁶: “La teoría HPC de Boyd es incompatible con la teoría biológica porque elige la similitud por encima de la historia a la hora de clasificar organismos.” (p. 684). Y es que si la evolución implica cambio, las relaciones de similitud son estáticas, tal y como las interpretan Khalidi y Ereshefsky.

Sin embargo, las principales dificultades con las que se encuentran las teorías integradoras derivan del modo en que los mecanismos justifican la naturalidad de los géneros. Los mecanismos permiten decir que los géneros naturales son “reales”, más allá de los intereses y valores de los investigadores. En este sentido, los mecanismos

⁴⁶ De la crítica de Ereshefsky (2010) a Boyd (1999) podría suponerse, erróneamente, que Boyd desdeña la teoría de la evolución, algo que no es cierto. De hecho, Boyd señala explícitamente que es necesario integrar la historicidad para poder hablar de géneros naturales en biología. Sin embargo, según Ereshefsky, existe una prioridad de las relaciones de similitud sobre las históricas. Es por ello por lo que Ereshefsky considera equivocada la postura de Boyd. No es posible, en su opinión, que la evolución esté supeditada a otras consideraciones, dado que es el paradigma central de la biología moderna.

juegan un papel metafísico similar al de las esencias en las teorías unitarias, en la medida que justifican el realismo de aquello que denotan. Es cierto que no de forma unívoca. Pero, en cualquier caso, sí de forma real, esto es, más allá de intereses y valores.

Ahora bien, ¿está suficientemente justificado este modo de entender los mecanismos? ¿Responden los mecanismos a las expectativas depositadas en ellos? Tal y como se verá, existen algunas objeciones a tales expectativas.

En primer lugar, cabe señalar que el modo en que Boyd emplea el término “mecanismo” no está definido. Más allá de justificar la presencia conjunta de propiedades, poco es lo que Boyd concreta sobre los mismos. El tema es relevante, en tanto en cuanto existen modos distintos, y en ocasiones, incompatibles, de entenderlos. Centrándonos en el nuevo mecanicismo, algunos autores definen los mecanismos en términos de entidades y actividades (Craver, 2009; Illari y Williamson 2012), sistemas (Glennan 1996, 2002) o estructuras (Betchel y Abrahamsen, 2005). Esta cuestión no es meramente terminológica, en la medida que entender los mecanismos en términos de actividades y entidades es compatible con una idea más abierta de mecanismo que, por ejemplo, si se define en términos de estructura. Esto permite considerar los géneros de forma más abierta o restringida, según sea el caso.

Además, existen detalles importantes en las caracterizaciones de los mecanismos que pueden ser incompatibles con el concepto de género natural, al menos en biología. Tal es el caso, por ejemplo, de su consideración temporal. Algunos autores como Machamer, Darder y Craver (2000), consideran que los mecanismos tienen un inicio y un final definidos. En biología, sin embargo, muchos de los mecanismos son cíclicos. Carecen de un inicio y un final, con lo que no tiene sentido entenderlos linealmente. Es por ello por lo que tales concepciones son incompatibles con muchos de los mecanismos que operan en biología.

¿A qué se refiere, pues, Boyd cuando habla de mecanismos? La cuestión, como ya se ha dicho, no está clara. Tampoco en el caso de Khalidi. De hecho, queda la duda de si al hablar de “mecanismos” lo hacen en el mismo sentido al habitualmente utilizado por los filósofos que estudian los mismos. Si no es el caso, ¿En qué sentido lo hacen? La solidez de las teorías integradoras parece tambalearse en la medida que no se responda a estas cuestiones.

En segundo lugar, este tipo de teorías se encuentran con la complejidad de los contextos propios de ciencias como la biología. No siempre se conocen los mecanismos que entran en juego, ni el papel de los mismos, ni la relación entre ellos (si es jerárquica, horizontal, etc). El caso de vida es en este sentido paradigmático, al menos en el estado actual de conocimientos sobre la misma.

Una tercera crítica es la mostrada por Tobin (2017). Para dicha autora los mecanismos se emplean para justificar metafísicamente a los géneros naturales. Pero tales mecanismos operan sobre contextos complejos, sobre actividades y entidades. Es preciso seleccionar actividades y entidades concretas, pero tales entidades son entendidas, a su vez, como géneros naturales. Por tanto, existe una circularidad en la argumentación, en la medida que los géneros naturales se justifican a partir de los mecanismos, los cuales apelan nuevamente a los géneros. Esta cuestión puede resolverse si las relaciones se entienden verticalmente, es decir, si los mecanismos apelan a géneros de orden inferior. Ello supone considerar una jerarquía en los mecanismos, y los géneros, es decir, un cierto modo de reduccionismo. Sin embargo, si las relaciones que operan son horizontales tal reduccionismo queda descartado. Por lo que la selección de unas entidades frente a otras sólo puede hacerse apelando a criterios epistémicos y axiológicos, no metafísicos.

En cuarto lugar, como distintos autores muestran (Illari y Williamson, 2012; Craver, 2009; Glennan 2002), los mecanismos operan en base a determinadas idealizaciones. Illari y Williamson señalan que los mecanismos deben operar sobre idealizaciones que no sean manifiestamente falsas, puesto que en tal caso no puede hablarse de mecanismos. Sin embargo, las idealizaciones son, por definición, falsas. Este problema se puede modificar apelando a la relevancia, en vez de a la falsedad. Pero delimitar las idealizaciones en términos de relevancia sólo puede hacerse atendiendo a criterios convencionales. La misma idealización puede ser perfectamente asumible en algunos casos e inasumible en otros. Y no existe un criterio objetivo, independiente de los intereses y valores de los investigadores, para establecer tal separación. Esto solo puede hacerse atendiendo a criterios epistémicos y axiológicos.

Pero la crítica más importante a las teorías integradoras es la realizada por Craver (2009). Según este autor, en las AHP los mecanismos causales son entendidos como aquellos elementos que aseguran que los géneros naturales son proyectables y justifican inducciones. A pesar de que tales mecanismos no son entendidos de forma

analítica, son los elementos que permiten establecer un compromiso metafísico. Es decir, tales mecanismos son reales, no meras convenciones. Por supuesto, las AHP permiten diferentes clasificaciones de las mismas entidades, tal y como se vio en el apartado anterior. Pero existe un compromiso metafísico articulado a través de los mecanismos. Y lo que es más importante, hay una separación entre tales mecanismos y los intereses y valores de los investigadores. Sin embargo, según Craver esta postura no está suficientemente justificada. El motivo de ello es que en los propios mecanismos se ven involucrados elementos de tipo convencional, de forma no eliminable, ni separable:

Sostengo que los elementos convencionales intervienen parcialmente, pero de manera inequívoca, a la hora de decidir qué mecanismos definen géneros, para decidir cuándo dos mecanismos son mecanismos del mismo tipo y para decidir dónde termina un mecanismo en particular y dónde comienza otro. Esta intrusión de la perspectiva convencional en la idea de un mecanismo plantea dudas sobre si la visión de AHP está lo suficientemente libre de elementos convencionales para servir como árbitro objetivo en las disputas científicas sobre cuáles deberían ser los géneros de ciencias especiales. (Craver, 2009, p. 575)

Veamos algunos ejemplos de lo que Craver pretende decir. Las estrategias de dividir y juntar (splitting and lumping) permiten relacionar las clasificaciones empleadas en una disciplina científica con los mecanismos asociados a ellas. La idea es, en principio, sencilla: si las propiedades de un género se explican a través de distintos mecanismos, entonces conviene dividirlo en géneros de orden inferior (splitting). De la misma manera, si bajo un mismo mecanismo se explican distintas agrupaciones de propiedades, entonces se trata de una misma agrupación (lumping). Las correlaciones, especialmente en los casos complejos, pueden ser explicadas por distintos tipos de mecanismos, unos que impliquen división y otros, unión. Esta situación es especialmente patente en disciplinas donde las relaciones son especialmente complejas, como la psiquiatría.

Esto, aparentemente, no es problemático, en la medida que Boyd (1999) acepta que diferentes disciplinas empleen criterios clasificatorios distintos, en función de determinados intereses y valores. El problema es que son precisamente los

mecanismos los que aseguran el compromiso metafísico, es decir, la independencia de los valores e intereses de los investigadores.

Una segunda objeción, relacionada con la anterior, considera los diferentes grados de abstracción referidos a una misma entidad. Craver explica esto a través de tres modos distintos de describir el hipocampo: el empleo de estrategias de división o unión a la hora de considerar los mecanismos pertinentes dependen del grado de abstracción empleado. Pero éste, a su vez, depende de los intereses propios de cada disciplina. Por ejemplo, en cirugía es necesaria mucha precisión, con un grado de abstracción relativamente bajo. Lo opuesto ocurre si se estudia el hipocampo desde una perspectiva computacional. Todo esto tiene una consecuencia importante, e indeseable desde la perspectiva integradora, a saber, la elección de una estrategia u otra, a la hora de considerar los mecanismos, es dependiente de los intereses previos de los investigadores. Es decir, los mecanismos no pueden, tal y como están planteados, justificar una independencia metafísica desprovista de componentes epistémicos y axiológicos.

Craver no concluye, de todo esto, que las teorías que consideran AHP estén equivocadas. Lo que señala es que la relación entre los elementos convencionales y los no convencionales son más complejas de lo inicialmente señalado por Boyd. Algo, que, como se verá, tiene importantes consecuencias a la hora de considerar la vida como AHP, al modo que lo hacen autores como Diéguez (2008).

Craver es muy explícito en sus objeciones a la teoría de Boyd. Sorprendentemente, son pocos los autores que han estudiado con detenimiento el papel de los mecanismos en los géneros naturales integradores. Sin embargo, también Darden (2002) muestra que en la delimitación y descomposición de mecanismos no puede dejarse de lado los intereses de los investigadores. Los mecanismos operan a distintos niveles. La selección del nivel que se considera relevante es una decisión del investigador, no es algo que venga dado por la naturaleza. En algunos casos esta cuestión está clara; por ejemplo, no tendría sentido que un etólogo descienda al nivel molecular para explicar el comportamiento de una determinada especie. Sin embargo, existen situaciones donde los límites entre niveles no están tan claros. Además, esta cuestión puede verse dificultada por las relaciones multinivel.

Este conjunto de objeciones llevan a un mismo punto, a saber, el modo en que los mecanismos son empleados por los autores integradores no está suficientemente

justificado. No porque se considere que los mecanismos sean convencionales per se, sino porque en ellos intervienen compromisos no solo metafísicos, sino también epistémicos y axiológicos. No es posible, por tanto, justificar la independencia metafísica de los géneros naturales en los mecanismos, puesto que no es posible establecer una demarcación entre lo real y lo convencional.

10.5 Una alternativa a los mecanismos: la estabilidad relevante

Otro autor crítico con algunos de los postulados de Boyd es Slater (2015). Para este autor, tanto las teorías unitarias como las integradoras comparten un substrato metafísico común, dado que ambas muestran la prioridad de los compromisos metafísicos frente a los epistémicos. Es cierto que las AHP permiten ampliar el concepto de género natural en aquellos casos donde las propiedades de los géneros naturales están debilitadas respecto al rígido esencialismo analítico. Sin embargo, existen casos en los que los géneros no parecen responder a ningún tipo de mecanismo causal, ni a esencias de tipo microestructural. Slater pone como ejemplo de ello las partículas subatómicas. Aun siendo un ejemplo común de género natural, las propiedades de las partículas subatómicas son independientes entre sí, de manera que no pueden establecerse nexos causales entre ellas.

Todo ello lleva a Slater a señalar que las AHP son un tipo concreto de género natural, no una explicación general sobre los mismos. Por ello, señala que es preciso modificar algunos de sus fundamentos para poder dar cuenta de todos los tipos de géneros naturales. Dicha explicación alternativa debe realizarse sin apelar a mecanismos de tipo causal, aunque los motivos que esgrime para justificar esta afirmación son diferentes de los señalados por mecanicistas como Craver. Slater insiste no tanto en la coexistencia de elementos convencionales y no convencionales, de forma conjunta e inseparable, sino en la ausencia de mecanismos en géneros que de forma clara son considerados como naturales. Los mecanismos no son ni necesarios ni suficientes para justificar la proyectabilidad de géneros naturales. Sus propuestas, además, son relevantes para el presente trabajo, en la medida que van a ser empleadas por Ferreira y Umerez (2018) para articular un discurso alternativo sobre el concepto de vida.

Así pues, Slater modifica los supuestos básicos de las AHP en lo que denomina agrupaciones estables de propiedades (stable property cluster, en adelante, AEP). Slater propone que es la estabilidad, y no la causalidad, la idea que permite articular un discurso general y compartido entre los distintos modos de entender los géneros naturales:

Sugiero que una explicación de los géneros naturales haría mejor en centrarse en el tipo especial de estabilidad que un grupo de propiedades podría poseer en virtud de la cual es apto para la inducción y la explicación en lugar de centrarse en aquello que la causa estabilidad. (Slater, 2015, p. 396)

¿Cómo se articula, y cuáles son las ventajas de esta propuesta? Al prescindir del concepto de mecanismo causal, no debe enfrentarse con los problemas derivados de dicho concepto, tal y como se ha visto en el presente apartado. Con ello se permite, además, generalizar acerca de los géneros naturales, ya que pueden instanciarse de diferentes modos. Así, las AHP, e incluso los géneros naturales esencialistas intrínsecos, no serían más que instancias particulares de una teoría más general. El motivo de ello es que no existe un compromiso metafísico definido, o como señala Slater, esta propuesta es metafísicamente neutral. Por ello, es compatible con que en diferentes circunstancias se asuman distintos compromisos metafísicos. Elevados, por ejemplo, en los géneros naturales esencialistas, más débiles en el caso de las AHP. En cualquier caso, la clave en la propuesta de Slater está en el concepto de estabilidad. Esta definición de estabilidad es desarrollada por Slater apoyándose en el concepto lógico de robustez, es decir, el operador \blacksquare . Lo que lleva a Slater a afirmar que “la idea básica es que ciertos conjuntos de verdades son invariables bajo perturbaciones contrafácticas” (Slater, 2015,p. 398).

Este modo de entender los géneros naturales es similar al de los AHP en el sentido que no precisa que un individuo posea todas las propiedades asociadas a la agrupación (cluster) para ser considerado como miembro de la misma. Sin embargo, en este caso se apela al concepto más general de estabilidad, no comprometido metafísicamente, en vez emplear el concepto de mecanismo causal. Además, el concepto de estabilidad desarrollado por Slater se caracteriza por ser dinámico desde una perspectiva temporal.

Es decir, la estabilidad no tiene por qué permanecer en el tiempo. Ambas posibilidades, la permanencia temporal y el cambio, son compatibles con su propuesta. De esta manera, se permite incluir la historicidad dentro del concepto de género natural.

Por tanto, la propuesta de Slater ofrece una nueva perspectiva, a medio camino entre lo que las propuestas integradoras y las que van a llamarse, en próximos apartados, propuestas promiscuas. Por un lado, mantiene una estructura lógica similar a las AHP, pero en este caso, el compromiso metafísico se ve debilitado. Y esto es lo que le acerca a los autores promiscuos. Sin embargo, existen algunas dificultades que deben ser tenidas en consideración.

En primer lugar, aun aceptando su neutralidad metafísica, la pregunta acerca de su estatus metafísico sigue quedando en el aire. Slater, más que dar una solución a la misma, parece dejarla de lado. Slater es consciente de la tensión que genera dejar esta cuestión sin respuesta: “¿Cómo deberíamos entender la metafísica (y la epistemología de la estabilidad relevante (incluso dentro de un contexto particular)?” (Slater, 2015, p. 407). En este sentido, autores como Kendig y Grey (2019) argumentan que no es posible evaluar la estabilidad de una AEP sin tener presente consideraciones de tipo metafísico.

Una segunda cuestión a considerar es el criterio empleado para considerar las condiciones que definen una agrupación como tal. En el caso de Boyd, el criterio no está suficientemente definido, pero al menos se justifica por el estatus metafísico de los mecanismos. En el caso de la estabilidad relevante, podría argumentarse que en determinadas circunstancias algunas propiedades se instancien de forma conjunta sin que respondan a un género natural. Por ejemplo, se podría argumentar que la coinstatación de ciertas propiedades es meramente accidental. La presencia de mecanismos causales podría salir del paso ante tales situaciones, en la medida que si la coinstatación de propiedades es accidental, entonces no responde a un mecanismo. Pero, ¿conforme a qué criterio se puede distinguir un conjunto estable de manera contingente, frente a uno estable conforme a la estructura real de la naturaleza?

Las dificultades señaladas no invalidan la propuesta de Slater. Como tampoco la de Boyd. De hecho, la incorporación de aspectos compatibles con la historicidad, la vaguedad y la complejidad de los géneros naturales en biología hace a este tipo de teorías especialmente atractivas para casos como el de vida. De ahí que autores como Diéguez (2008) y Ferreira y Umerez (2018) hayan optado por desarrollar teorías de vida desde una perspectiva integradora.

10.6 Teorías promiscuas. Dupré y Brigrant

Por último, se va caracterizar un tercer tipo de teorías acerca de los géneros naturales, según la clasificación de Amilburu (2015), denominadas teorías promiscuas. Recuérdese que las teorías unitarias se caracterizan por un elevado compromiso metafísico, mientras que las integradoras debilitan tal compromiso, aunque manteniéndolo a través de los mecanismos causales. A diferencia de las teorías unitarias e integradoras, en el caso de las teorías promiscuas el compromiso metafísico es dejado totalmente a un lado, centrándose en consideraciones de tipo epistémico y/o axiológico.

Evitar los compromisos de tipo metafísico ofrece una ventaja evidente: se evita con ello la justificación de tales compromisos. Ya ha podido verse que la justificación de estos compromisos resulta problemática especialmente en el esencialismo intrínseco, pero también en las teorías integradoras. Para los autores que defienden las teorías promiscuas, son los intereses y valores de los investigadores lo que permiten distinguir los géneros naturales. Esto, lejos de ser un problema, es un hecho constatado sobre los géneros naturales. Por ello, los géneros naturales son definidos en términos de relevancia (para las clasificaciones de unas determinadas disciplinas) y utilidad (en el contexto epistémico de tales disciplinas).

La naturaleza, para estos autores, no está constreñida por unos mecanismos causales concretos⁴⁷. Es por ello por lo que existen múltiples formas de clasificación, todas ellas válidas, en la medida que respondan a las necesidades de las disciplinas concretas. Tales necesidades no son arbitrarias. Es decir, los géneros naturales responden a las

⁴⁷ Tanto los autores unitarios como los integradores aceptan, con diferencias, la existencia de una naturaleza externa al hombre que puede ser aprehendida como tal. Si bien autores como Dupré (2002) suscribirían la primera parte de la afirmación (es decir, la existencia de una naturaleza externa), no compartirían la segunda, en la medida que toda aprehensión de lo externo se realiza desde determinados esquemas conceptuales, que no son independientes ni epistémica ni axiológicamente de los seres humanos. El esquema conceptual puede variar, pero siempre es dependiente, de forma inherente e ineludible, del ser humano. Ya se ha visto que una lectura de los mecanismos basada en el realismo científico metafísicamente fuerte no se ajusta al modo en que se entienden los mecanismos en la actualidad. Por ello, no resulta descabellado tratar de integrar el concepto de mecanismo dentro de las teorías promiscuas sobre los géneros naturales, aunque autores promiscuos como Dupré (2013) prefieren hablar de procesos, en vez de mecanismos. En próximos capítulos se abordará esta cuestión con más detalle.

inducciones y proyecciones que múltiples autores, desde Quine (1969), han venido señalando. Pero tales inducciones y proyecciones son relativas a un determinado contexto, y no tienen por qué serlo en otro.

Si en la visión unitaria existe un único modo correcto de entender la naturaleza, en este caso, al igual que en las teorías integradoras, existen múltiples maneras. Yendo un paso más lejos que las propuestas integradoras, para las teorías promiscuas ni siquiera puede decirse que existan unos modos privilegiados de clasificación, en virtud de consideraciones metafísicas, frente al resto. En la medida que las explicaciones son relevantes y útiles a determinados contextos, son válidas diferentes formas de entender los géneros naturales. De todo esto se deriva una serie de consecuencias:

- No existe un criterio externo de naturalidad. Entiéndase, por criterio externo, objetivo e independiente de los seres humanos.
- Los criterios que fijan los géneros naturales son relativos a las respectivas disciplinas. Por ello, es posible clasificar las mismas entidades de formas distintas.
- Los géneros naturales no se entienden de forma unívoca, sino que la naturalidad puede ser entendida de manera parcial, en la medida que la relevancia y la utilidad de los mismos géneros también puede serlo.
- De la misma manera que naturalidad no es una propiedad dual (todo-o-nada), sino gradual, la extensionalidad de los individuos que forma parte del género también puede entenderse de forma gradual.
- A pesar de que distintas disciplinas y contextos puedan emplear criterios diferentes, incluso contrarios, para clasificar los géneros naturales, estos no son simples convenciones. No es lo mismo decir que existen múltiples modos válidos de clasificar la naturaleza, como afirman los autores promiscuos, que afirmar que cualquier modo es igualmente válido, como podría afirmar el convencionalismo radical.
- Los géneros naturales son naturales en cuanto que justifican proyecciones, inferencias y explicaciones relativas a un determinado contexto.
- Como corolario de los puntos anteriores, puede decirse que las propuestas promiscuas son realistas. Como se verá, los problemas de estas teorías están íntimamente relacionados con esta cuestión.

Probablemente sea Dupré (2002) uno de los representantes más influyentes de este tipo de propuestas. Su propuesta queda ejemplificada mediante la pregunta acerca de si son las ballenas peces (Dupré, 1999, p. 461). Con ello Dupré pretende señalar que no existe un punto de vista privilegiado de clasificación, ni siquiera las clasificaciones científicas tienen una prioridad metafísica sobre otros modos racionales de clasificación. Así, Dupré critica la posición de Kripke (1995) y Putnam (1975) acerca de esta posición privilegiada de las clasificaciones científicas. Dicha posición se identifica con el esencialismo, según el cual existe una única forma correcta de describir el mundo. Esto supone una prioridad metafísica de la ciencia, algo que, en opinión de Dupré, no está justificado.

Es interesante notar que las clasificaciones, incluso las de la vida ordinaria, están guiadas por principios de tipo racional. Es cierto que algunas clasificaciones se ajustan mejor que otras a la naturaleza, dado que esta viene dada. De ello se desprende el inequívoco compromiso realista de Dupré. Sin embargo, la racionalidad a la que hace referencia Dupré no es extrínseca, sino dependiente del marco referencial concreto. Ello permite que los lirios sean entendidos como flores para los jardineros y, sin embargo, se clasifiquen biológicamente en el mismo grupo que el ajo y la cebolla, difícilmente considerados como flores en jardinería. Considerar los lirios como flores es útil en jardinería, pudiendo incluso justificarse inferencias, proyecciones y explicaciones dentro del marco de la jardinería. Explicaciones que no serían útiles en botánica, de la misma manera que las razones que llevan a los botánicos a clasificar los lirios junto con ajos y cebollas pueden ser irrelevantes para el jardinero.

Existen otros autores que defienden una posición promiscua, como Brigandt (2011) o Magnus (2012). El primero de ellos realiza un acercamiento pragmatista y naturalista al concepto de género natural. Dicho acercamiento supone que los géneros naturales incluyen objetivos y valores, y deben estudiarse en base a los compromisos epistémicos de las disciplinas particulares. Es por ello por lo que, para Brigandt, en determinadas disciplinas los géneros naturales pueden ser esencialistas intrínsecos, mientras en otros se entienden de una forma integradora. Lo importante es si los géneros naturales pueden justificar inferencias y explicaciones dentro del contexto de una disciplina concreta:

La tarea filosófica debería ser un estudio de (i) qué objetivos inferenciales y explicativos persiguen los científicos con el estudio de un cierto género natural, y (ii) en qué medida una agrupación de objetos en un género cumple con tales objetivos inferenciales y explicativos. (Brigandt, 2011 p. 173-174)

La naturalidad, para Brigandt, es una cuestión de grado, de manera que puede decirse que existen géneros más o menos naturales, sin una demarcación precisa. Es por ello por lo que no sólo se desdibuja la frontera entre los individuos pertenecientes a un género y los que no lo son, tal y como que ocurre en las AHP. En este caso, es el propio concepto de género natural el que deja de entenderse como algo preciso. Un interesante ejemplo de ello es el que ofrece Brigandt respecto a los géneros funcionales.

Tradicionalmente, los géneros funcionales se han entendido como géneros no naturales. Tal es el caso de muchos de los géneros propios de la ecología, como “depredador”. Existen múltiples instancias de dicho género, cuyo nexo en común es aquella propiedad funcional que es objeto de estudio⁴⁸. Lo importante es si tales géneros justifican generalizaciones y explicaciones. En la medida que lo puedan hacer no hay motivo para considerar a tales géneros como no naturales. En definitiva, los autores promiscuos definen los géneros naturales en términos de utilidad epistémica, y no a partir de compromisos metafísicos.

⁴⁸ En este sentido, una pregunta interesante es si se puede agrupar como género natural los casos de convergencia evolutiva. Por ejemplo, sería el caso de los peces y los cetáceos, o de especies capaces de volar, como aves o quirópteros. En este caso, una primera respuesta podría ser que tales géneros son funcionales. Agrupar en un mismo conjunto a seres vivos capaces de volar, como aves o quirópteros, supone considerar géneros funcionales, no naturales. Esto es así porque no existe otro nexo entre las entidades que instancian la propiedad funcional, más allá de la misma propiedad. Desde luego no existe nexo entre ellas desde una perspectiva evolutiva.

Sin embargo, conviene examinar la cuestión con algo más de detalle. En la medida que la convergencia apunta a estrategias de comunes (ecológicas, reproductivas, o de cualquier otro tipo), es posible inferir explicaciones e inducciones a partir de las propiedades funcionales. Incluso aunque no exista nexo histórico entre las distintas especies que instancian la propiedad funcional de, por ejemplo, volar. Por señalar algunas cuestiones bastante obvias, junto con la capacidad de volar se asocian cuestiones tales como las estrategias para la reducción de peso, o aerodinámicas, comunes entre, por ejemplo, aves y murciélagos. Por supuesto, esto no quiere decir que las inducciones que pueden inferirse en este caso sean de mayor relevancia, en todo contexto, que las que se desprenden de considerar los murciélagos como mamíferos. Pero las correlaciones existen, no son meros accidentes. Lo que se pretende decir con esto es, en consonancia con la línea promiscua, que se pueden encontrar casos donde esté justificado agrupar de diferente manera los géneros objeto de estudio, sin que ello suponga considerar que tales modos son meramente convencionales. Esta perspectiva, abiertamente promiscua, permite incluir a los géneros funcionales dentro de los funcionales, en la medida que soporten inferencias e inducciones.

Este tipo de teorías, sin embargo, deben enfrentarse a algunas dificultades. Dupré considera su propuesta como realista. Es decir, existen múltiples maneras distintas de describir la naturaleza, todas ellas válidas, pero tales modos son reales, no mero fruto de una convención arbitraria. Insistir en el realismo, sin embargo, supone asumir algún tipo de compromiso metafísico (sea este del tipo que sea). Así pues, en la medida que Dupré insista en el realismo de su propuesta, está justificado preguntar en base a qué es realista. Pregunta a la que Dupré no responde, en la medida que se trata de una pregunta metafísica, y ya se ha señalado que las posiciones promiscuas prescinden de todo compromiso metafísico.

Es cierto que la insistencia en el realismo parece estar atenuada en el caso de Brigandt. De hecho, es frecuente que los autores promiscuos defiendan que sus teorías muestran un camino intermedio entre el esencialismo y el convencionalismo. Sin embargo, el debate acerca del realismo/ antirrealismo no puede hacerse sin incluir consideraciones de tipo metafísico. Este problema, sin embargo, aparece atenuado en Brigandt respecto a Dupré.

Es cierto que pragmatismo naturalista de Brigandt (2011) es similar en muchos aspectos a la posición promiscua de Dupré (2002). Ambos autores propugnan una visión de los géneros naturales centrada en la utilidad epistémica, y en la ausencia de compromisos metafísicos. Sin embargo, resulta significativo que en el caso de Brigandt no se insista de la misma manera en el realismo de su postura. Es cierto que Brigandt se declara realista: “Adopto un realismo en lugar de un antirrealismo sobre los géneros en el sentido de que depende de la estructura real del mundo el que las propiedades de los miembros del género permitan una inferencia y una explicación satisfactorias”. Ahora bien, esta referencia es la única que se hace al realismo. Es por ello por lo que el realismo no parece jugar un papel relevante en la propuesta de Brigandt, más aún si se tiene en cuenta que la naturalidad es entendida como una propiedad gradual: “no creo que exista un límite metafísico bien definido entre los géneros naturales y otros géneros” (Brigandt, 2011, p.175).

Ahora bien, las posiciones de Dupré y Brigandt resultan inaceptables para los defensores de los géneros naturales en un sentido esencialista. Esto es, aquellos que consideran que los géneros naturales hacen referencia a los modos de organización de la naturaleza independientemente de los intereses y los valores de los seres humanos. La difusa frontera entre géneros naturales y no naturales, así como la insistencia en los

valores e intereses como elemento consustancial de los géneros naturales puede entenderse, como los autores promiscuos hacen, en virtud de un alejamiento de los compromisos metafísicos. Y por ello puede considerarse como una forma solapada de convencionalismo.

En definitiva, y como se verá en el último capítulo, incluso cuando se pretende eludir los compromisos metafísicos, éstos acaban saliendo siempre a la superficie.

10.7 Conclusiones: especificidad de lo biológico respecto a los géneros naturales

A lo largo del capítulo ha podido verse que existen múltiples modos de entender los géneros naturales. La clasificación de Amiburu (2015) permite graduarlos desde aquellos con un mayor compromiso metafísico y menor importancia dada a los criterios epistémicos, hasta el extremo contrario, pasando por diversas posiciones intermedias. Algunos de estos modos de entender los géneros naturales pueden ser compatibles con los géneros naturales tal y como se entienden en biología, mientras que otros parecen no serlo. En cualquier caso, para poder afirmar la compatibilidad de un modo de entender los géneros naturales con la biología es importante que dicho modo explique algunas cuestiones relevantes en dicha disciplina.

Considerando lo dicho en el párrafo anterior, existen cuatro características que se encuentran en el centro de la biología, y que determinan su especificidad a la hora de considerar los géneros naturales biológicos:

- En primer lugar, la historicidad. La importancia de la síntesis evolutiva moderna está fuera de toda duda. La cuestión es si se puede considerar, en contextos donde la evolución no tiene un papel central, otras posibilidades clasificatorias.
- La importancia de las propiedades relacionales. Las propiedades intrínsecas son aquellas que se mantendrían aunque el universo se compusiera sólo del objeto de estudio. Sin embargo, en biología las propiedades que priman son de tipo relacional. Tanto desde una perspectiva evolutiva como desde otras. Por ejemplo, el concepto de especie reproductivo es relacional, puesto que depende

de las relaciones de parentesco. Pero también el ecológico, puesto que no tendría sentido separar la especie del nicho ecológico ocupado.

- La complejidad. En la biología intervienen múltiples aspectos, que, además, son difícilmente reductibles unos a otros. Los mecanismos que intervienen operan a distintos niveles, y sus relaciones, tanto intranivel como internivel, frecuentemente son poco claras. Por supuesto, y como se señaló en el capítulo referido a las definiciones de vida, la biología está constreñida por restricciones física y químicas. Ahora bien, a pesar de los intentos de reducir la biología a físico-química, no parece que esta empresa sea posible.
- Como consecuencia de las características anteriores, debe destacarse vaguedad de los límites. Aunque los distintos modos de entender la biología implican criterios clasificatorios diferentes, es común a todos ellos la existencia de situaciones límite. Esto apunta a una multiplicidad de factores interrelacionados, que confluyen en lo vivo. En la medida que toda clasificación prima algunos de estos factores frente a otros, implica que no puede dar cuenta de toda la complejidad de lo biológico. Y con ello, las situaciones difusas se multiplican.

11. VIDA COMO GÉNERO NATURAL INTEGRADOR

11.1 Introducción

En el capítulo 10 se ha podido ver que, más allá del esencialismo con un fuerte compromiso metafísico, existen otras maneras de entender los géneros naturales. A partir de diversos debates (especialmente a partir del concepto de especie) se ha desarrollado una variedad de propuestas que debilitan, en mayor o menor medida, los compromisos metafísicos del esencialismo. Dando, a su vez, una mayor relevancia a los aspectos epistémicos y axiológicos de los géneros naturales. De ahí las distintas propuestas formuladas en la tabla 8, que no hacen sino actualizar en el debate sobre vida las respuestas dadas al problema de las especies.

En este contexto, algunos autores han comenzado a explorar diversas posibilidades debilitadas metafísicamente frente al esencialismo tradicional. En el presente capítulo va a estudiarse la primera de estas posibilidades, a saber, la vida como agrupación homeostática de propiedades, AHP, desarrollada por Diéguez (2008, 2013), y la vida como agrupación estable de propiedades, AEP, teoría propuesta por Ferreira y Umerez (2018). La teoría de Diéguez se adscribe dentro del grupo de propuestas integradoras, conforme a la clasificación de Amilburu (2015). Algo más compleja es la clasificación de la propuesta de Ferreira y Umerez, a caballo entre las propuestas integradoras y las promiscuas. Sin embargo, dado que los autores señalan que su propuesta es deudora, al menos en parte, de la teoría AHP de Boyd, se ha incluido en el presente capítulo.

Así pues, en el presente capítulo se pretende mostrar que vida puede ser entendida como género natural, en un sentido integrador, bien sea como AHP, o como AEP.

11.2 La vida como AHP

Antonio Diéguez es el primer autor en ofrecer una alternativa no esencialista respecto al concepto de vida. A esta conclusión se llega tras un análisis bastante detallado de dos cuestiones. La primera de ellas se refiere a la situación real respecto al concepto de vida en diferentes disciplinas. Diéguez muestra cómo, para definir vida, se pone el acento en unos u otros aspectos, en función de la disciplina que se trate. En segundo lugar, desde una perspectiva global, señala que los autores que pretenden dar una definición generalista de vida no parecen ponerse de acuerdo en las propiedades más relevantes para definirla.

Diéguez coincide con otros autores a la hora de clasificar las propuestas respecto a cómo caracterizar el concepto de vida. Así, al igual que autores como Bedau (1998), Ruiz-Mirazo et al. (2004), o Mix (2014), considera que es la disyuntiva entre autonomía y evolución lo que caracteriza el debate respecto a la vida:

Todas las características que han ido apareciendo en las definiciones que hemos citado, y en otras muchas que podrían añadirse, señalan de un modo u otro a dos aspectos fundamentales de los organismos vivos: el tratamiento de información (autorreproducción) y la autonomía (autocontrol, autorregulación, autocatálisis, metabolismo). Incluso se podría hablar de dos orientaciones básicas en la caracterización de la vida: el enfoque informacional, que pone el énfasis en la capacidad autorreproductiva o replicativa de los seres vivos y está influido por la teoría de la información y la informática (además de por la tradición darwiniana), y el enfoque auto-organizativo, que pone el énfasis en la autonomía de los organismos, en su capacidad para automantenerse, para constituir su propia identidad (Diéguez, 2008, p. 87)

Además de señalar la importancia de estas dos orientaciones, Diéguez recoge la idea de vida a partir de una concepción termodinámica, considerando el trabajo de Schrödinger (1983, traducción del original inglés de 1944), las definiciones con un alto grado de abstracción, como la de Korzeniewski (2001), así como las propuestas que consideran ambos aspectos como fundamentales, no reductibles uno a otro (Ruiz-

Mirazo et al, 2004). Por último, se debe señalar que también recoge diferentes listados de propiedades. En cualquier caso, Diéguez muestra que ninguna de estas alternativas puede explicar de manera suficientemente convincente los diferentes aspectos del concepto de vida.

Frente a esta situación quedan dos posibilidades (Diéguez, 2008) mostrando dos soluciones más allá de los géneros naturales, a saber, vida como género convencional, o como individuo. Posteriormente (Diéguez, 2013), influenciado por Machery (2012) añade a estas posibilidades el que vida sea un *folk concept*. Analizando estas alternativas, así como los inconvenientes que plantean, Diéguez articula una propuesta que permite solucionar las dificultades encontradas por las distintas opciones planteadas hasta el momento. Esta alternativa consiste en considerar al concepto vida como una agrupación homeostática de propiedades.

La posibilidad que la vida sea un individuo⁴⁹ será analizada con más detalle próximos capítulos. Baste aquí decir que, para Diéguez, existen algunas dificultades para entender la vida como individuo, derivadas de la interpretación que se haga a la cohesión interna de los individuos. De dicha cohesión se deduce que las distintas partes de los individuos responden de la misma forma frente a los mismos estímulos. Sin embargo, es dudoso que otras formas de vida respondan de igual manera que la vida en la Tierra. Por otro lado, suponiendo que la vida se ha formado de forma independiente en distintas partes del universo, la idea que las distintas partes del individuo vida se hayan formado de forma independiente es, en opinión de Diéguez, extraña.

En segundo lugar es posible plantear la pregunta ¿es la vida un *folk concept*? Diéguez (2013) responde afirmativamente a esta pregunta. Es obvio que el concepto vida es empleado en el lenguaje ordinario. Simplificando, puede decirse que la vida como *folk concept* sería, para Diéguez, una amalgama de distintas propiedades sin un nexo causal claro entre ellas. Dicha ausencia hace inviable considerar la vida como *folk concept* desde una perspectiva científica. Con lo cual, si se asume que vida es un *folk concept*, se rechaza la posibilidad de su estudio científico.

⁴⁹ Una cuestión a resaltar es que, con anterioridad a Diéguez, ningún autor hace un análisis detallado de vida como individuo. Estableciendo un paralelismo entre el concepto de especie y el de vida, resulta bastante obvio dar dicho paso. Sin embargo, los primeros en desarrollar con cierto grado de detalle la posibilidad que vida sea un individuo son Mariscal y Doolittle (2020), además de algunas aportaciones previas de Hermida (2016). Por ello, puede decirse que Diéguez aporta dos posibilidades inexploradas anteriormente, la vida como AHP, y vida como individuo, aunque desarrolle esta última posibilidad.

Sin embargo, Diéguez muestra su desacuerdo con esta postura. No porque considere que la vida no sea un *folk concept*, sino porque es posible compatibilizar el que la vida sea un *folk concept* con que sea, también, un concepto científico. Esto ocurre frecuentemente en términos de uso cotidiano, que pueden entenderse como *folk concepts*, pero que, a su vez, son empleados en ciencia. Tal sería el caso del concepto de fuerza, o el de energía. Las propiedades asociadas a dichos términos en el lenguaje ordinario solo corresponden parcialmente a sus definiciones científicas. Sería este, también, el caso de vida.

Otra posibilidad es considerar el concepto de vida como un género convencional. En tal caso, la discusión acerca de lo que es la vida deja de estar determinada por las estructuras causales de la realidad. No se quiere con ello decir que los géneros naturales sean arbitrarios. Lo que realmente significa es que las decisiones que se tomen respecto a ellos son convencionales, o si se prefiere, referidas al uso de las palabras. No respecto a aquello que las palabras denotan. Es posible, conforme a determinados intereses, que sea más conveniente el empleo de una determinada definición de vida que otra. Pero tal conveniencia no es objetiva, es decir no responde a ninguna prioridad fundada en la estructura real de la naturaleza.

Es cierto que algunos aspectos importantes respecto al concepto de vida, en tanto que difusos (consecuencia de su complejidad), parecen avocar a un cierto grado de convencionalidad a la hora de establecer los límites de lo vivo. Esto es lo que se desprende de las definiciones a partir de listados de propiedades, así como de las entidades dudosas. Lo cual deja algunos interrogantes sin responder, como ¿es preciso cumplir con todas y cada una de las propiedades para que una entidad sea considerada como viva?, o bien ¿qué ocurre si no se cumple con alguna, o algunas, de las propiedades?

Los virus, como entidades límite entre lo vivo y lo no vivo, no se consideran como seres vivos dada la ausencia de un metabolismo propio. Los autores críticos con la posibilidad de definir el concepto de vida pueden, en su defensa, señalar que incluir (o no) el metabolismo es una cuestión meramente convencional, dado que no cambia las relaciones causales que permiten caracterizar a los virus. Si, por motivos, pongamos por caso, de praxis epidemiológica, conviniese incluirlos en la categoría de lo vivo, podría hacerse. Esta argumentación parece reforzar una postura convencionalista en la que los géneros son útiles para la investigación científica. Esto supone clasificarlos

desde una perspectiva utilitaria. Es decir, pueden ser relevantes para la praxis científica por motivos diversos, pero ninguno de estos motivos está relacionado con lo que realmente sean los virus.

Ahora bien, ¿quiere esto decir que los virus son equiparables a, pongamos por caso, los minerales o las rocas? No parece que esto sea razonable. Lo que lleva a aceptar que, más allá de la presencia de los elementos convencionales, existen motivos fundados para no considerar el concepto de vida como algo exclusivamente convencional.

Independientemente de la estrategia de conceptualización seguida, Diéguez muestra cómo, de manera implícita o explícita, el concepto de vida ha sido empleado para realizar inferencias en las prácticas científicas. Muestra para ello diversos ejemplos. A los que podrían añadirse otros como las investigaciones del grupo de Luisi, las simulaciones sobre origen de vida, o los experimentos diseñados por astrobiólogos. Es decir, se tenga el concepto de vida que se tenga, no cabe duda que, de forma implícita o explícita, resulta relevante para la práctica científica.

Tal y como se ha podido ver a lo largo del presente trabajo, parece que respecto al concepto vida prevalecen las posiciones maximalistas. Es decir, si no se cumplen con todas y cada una de las exigencias de la postura esencialista extrema, entonces no queda otra opción que el convencionalismo, o a lo sumo, considerar la vida como un individuo. No es este, sin embargo, el caso de Diéguez (2008, 2013), quien tiene el mérito ser el primer autor que ofrece una alternativa plausible fuera de este marco dicotómico.

El análisis realizado por Diéguez apunta a que ni los géneros naturales esencialistas, ni las alternativas consideradas hasta el momento, pueden explicar convenientemente el concepto de vida. Sin embargo, conviene analizar con detalle la propuesta de Diéguez. ¿Qué supone caracterizar la vida como AHP? ¿Responde la vida como AHP adecuadamente a las dificultades que no pueden que encuentran las otras alternativas? ¿Resulta conveniente para investigación científica emplear esta estrategia?

Como ya se ha señalado, Diéguez parte del concepto de especie como AHP, para extrapolar dicha idea al concepto de vida:

Lo que esto significa es que las especies presentan propiedades que tienden a darse juntas porque hay mecanismos causales subyacentes que hacen que se refuercen unas a otras, aunque son mecanismos sujetos a excepciones. Es decir, la posesión de alguna de ellas hace más probable la posesión del resto, si bien pueden darse casos de individuos en los que falten algunas de tales propiedades. (Diéguez, 2008, p. 97)

Es interesante resaltar que, para Boyd (1999), su propuesta es esencialista, pero no en el sentido habitual del término. Es esencialista, si por tal término se entiende que existen unas propiedades asociadas al género natural. Pero dichas propiedades no son ni necesarias ni suficientes, como ya se vio en el capítulo anterior. De la misma manera, la caracterización de vida como AHP supone la existencia de un conjunto de propiedades asociadas a dicho concepto. Pero no es preciso que tales propiedades se den de forma conjunta.

Un aspecto importante a considerar es que no debe confundirse las propiedades de los géneros naturales como AHP con los meros listados de propiedades. Existen diferencias fundamentales entre uno y otro modo de entender el concepto de vida. Dichas diferencias se basan en la existencia de mecanismos homeostáticos como modo básico de justificar los compromisos metafísicos y realistas de las AHP. Tales mecanismos aseguran que la posesión de unas propiedades favorece la presencia de otras, pero no de forma necesaria. Por ello, la vida como AHP supone un avance frente a los meros listados de propiedades, ofreciendo una explicación a la presencia de tales propiedades. Tómese como ejemplo el listado de propiedades ofrecido por Mayr (2010). Dos de las propiedades asociadas a la vida son a) la presencia de una bioquímica específica y b) el operar como un sistema abierto, lo que le permite sortear algunas de las limitaciones termodinámicas. Estas dos propiedades, leídas en clave AHP, no son independientes. Es decir, la presencia de mecanismos homeostáticos permite que, en virtud de la presencia de una de estas propiedades, se favorezca la presencia de la otra.

Por ello, una lectura de dicho listado a partir de AHP podría permitir la presencia de excepciones. Si por “bioquímica específica” se entiende la química del carbono tal y como se conoce en la Tierra, entonces cabe la posibilidad haya otro tipo de materialidad que responda a las otras propiedades que Mayr asocia a la vida. El incumplimiento de una de las características no invalida que la posibilidad que tal entidad sea considerada

como viva. Esto es aún más evidente en alguna otra de las propiedades expuestas por Mayr, como la existencia de un límite físico inferior y otro superior. Dicho análisis puede ser aplicado a otros listados de propiedades de manera exitosa. De hecho, esto explicaría que, tal y como explica Diéguez (2008, p. 84)) tales listados, sin ser plenamente coincidentes, tengan grandes similitudes. A diferencia de lo que ocurre con los meros listados de propiedades, las AHP permiten una explicación de los mismos en términos de mecanismos homeostáticos.

Además, en virtud de tales mecanismos es posible refinar las propiedades asociadas a los distintos listados, dada la robustez con la que ciertas propiedades tienden a favorecer la presencia de otras. Es evidente, en este sentido, que las propiedades relacionadas con la capacidad de evolucionar, así como de autorregularse, tienen un mayor peso específico a la hora de justificar el resto de propiedades. Pero incluso así, ninguna de estas dos propiedades es, por sí misma, ni necesaria ni suficiente para considerar a un organismo como vivo. Ello permite que, bajo ciertas circunstancias, un organismo carente de metabolismo, como los virus, pueda ser considerado como vivo, o al menos, en la frontera de concepto.

Esto remite a otras de las características propias de las AHP, la tesis de la acomodación. Mediante dicha tesis se justifica que las prácticas científicas se acomoden a las estructuras causales del mundo. Así se posibilita que diferentes disciplinas se acomoden de forma distinta, en función de criterios epistémicos propios. Ello sin caer en el convencionalismo, ya que tal acomodación no es aleatoria. Tampoco puede definirse exclusivamente a partir de criterios de utilidad pragmática, dado que es necesario que la acomodación sea conforme a las estructuras causales (y por tanto, reales) existentes en el mundo. Esto es así, al menos, en las definiciones científicas.

Así pues, diferentes disciplinas pueden emplear criterios distintos para considerar el concepto de vida, sin que ello suponga un problema. Recuérdese, tal y como se puso de manifiesto en el capítulo 7, que uno de los principales inconvenientes para definir el concepto de vida para autores como Machery (2012) es que no existe un núcleo común compartido por todas las definiciones. La imposibilidad del reduccionismo, sin embargo, no es una prueba de que vida no es un género natural, tan sólo muestra que no es un género natural esencialista con un compromiso metafísico fuerte.

A partir de tal caracterización, Diéguez sugiere que las propiedades de la vida serían las siguientes (Diéguez, 2013, p. 185):

- Un origen común.
- Un código genético universal.
- Una química basada en el carbono.
- La selección natural y la adaptación.
- Presencia de mecanismos de corrección de los errores de copia.
- Existencia de mecanismos complejos de auto-organización.
- Diversos tipos de restricciones.

Una lectura detallada de este listado señala algunas dudas sobre la necesidad de algunas de las propiedades. Lo cual, desde la perspectiva de vida como AHP, no es necesariamente un problema, puesto que la lectura que se debe hacer de las mismas es no esencialista. Por ejemplo, si se descubriera vida en otros planetas, y no hubiera un origen común con la vida en la tierra (es decir, negando la tesis de la panspermia), entonces la primera de las propiedades dejaría de ser necesaria. Incluso, yendo un poco más lejos, aceptando múltiples formas de vida en diferentes planetas, formadas de forma independiente, sería una propiedad que dejaría de ser causalmente relevante, a tenor de dichos descubrimientos (caso de hacerse).

Sin embargo, para algunos autores (p.e. Pace, 2001) la tesis de la panspermia resulta razonable, con lo que existiría un nexo común en el origen de vida, al menos en lo que se refiere al sistema solar. Como prueba de ello, Pace muestra la presencia de materia orgánica en meteoritos, así como la alta frecuencia de su caída en los distintos cuerpos del sistema solar durante su formación. Además, Diéguez, siguiendo a otros autores como Koonin (2012) señala que tanto la presencia de un ancestro común como de un código genético compartido no sería meras cuestiones accidentales, sino consecuencia de los procesos de selección natural.

Caracterizada la propuesta de Diéguez, cabe preguntarse si es capaz de responder de forma adecuada a las situaciones problemáticas que el esencialismo intrínseco no era capaz de resolver. En primer lugar, se encuentra la cuestión de lo difuso de los límites. No existe una frontera precisa entre lo vivo y lo no vivo. A pesar de que, como se ha venido señalando, existen propuestas como la autopoiesis (en su formulación original) que muestran un límite definido entre lo vivo y lo no vivo, actualmente uno de los pocos consensos casi unánimemente aceptados sobre el concepto de vida es que sus límites son difusos. Esto queda reflejado en múltiples cuestiones, como el estudio de los virus, los priones o los orgánulos, en límite entre lo vivo y lo no vivo (Dupré y O'Malley, 2009),

o el origen de vida (Ruiz Mirazo et al., 2004). Diversos autores analizan casos límite tales como los virus, desde perspectivas no esencialistas.

Es el caso de Khalidi (2013), desde una postura integradora (aunque con matices respecto a la propuesta de Boyd, véase al respecto el capítulo anterior). Aunque en este caso, Khalidi no analiza a los virus como caso límite del concepto de vida, sino como un género natural en sí mismo. La conclusión a la que llega es que los virus son un género natural, dado que comparten una serie de propiedades cuya presencia se explica a partir de mecanismos causales. Las propiedades básicas consideradas por Khalidi son 1) la presencia de material genético envuelto en proteínas, y 2) el genoma del virus es capaz de generar mRNA, el cual es interpretado por los ribosomas de la célula huésped.

Para Khalidi (2013), ambas propiedades justifican otras, algunas de las cuales son comunes a todos los virus y otras no. Además, los virus están sujetos a la evolución, al igual que el resto de los seres vivos. Aunque no parece que las relaciones filogenéticas sean relevantes para establecer una taxonomía de los mismos (Hanssen y Arango, 1981). Desde una perspectiva integradora se encontrarían claramente en el límite lo vivo, ya que comparten con el resto de seres vivos una de las propiedades consideradas fundamentales (la capacidad de evolucionar de forma abierta), pero carecen de capacidad para autorregularse, dada su dependencia del huésped. Comparativamente, algunos autores como Moreira y López-García (2009) señalan que son pocas las propiedades que comparten con los seres vivos. Otros autores, sin embargo, consideran que existen motivos fundados para considerarlos como seres vivos, por ejemplo, Raoult y Forterre, (2008)⁵⁰. Sobre esta cuestión se volverá en el apartado 12.2, en el contexto de las propuestas promiscuas.

Así pues, el debate acerca de si los virus pueden considerarse como vivos o no parece, por tanto, entrar en una espiral de difícil solución. Lo cual lleva a autores como Koonin y Starokadomskyy (2016) a señalar que dicho debate no es relevante para la ciencia. No tiene sentido decir si los virus están o no vivos sin un criterio claro de demarcación. Este punto de vista acepta, de modo implícito, una definición unívoca de vida. Es decir, debatir acerca del estatus vivo-no vivo no conduce a ninguna parte, asumiendo una posición basada en propiedades necesarias y suficientes. Pero cabe preguntarse ¿es

⁵⁰ Estos autores proponen una profunda revisión de la taxonomía de los seres vivos para poder incluir en ella a los virus. La diferencia entre los virus y los demás seres vivos se encuentra, según ellos, en que los primeros presentan cápside, mientras que los segundos tienen ribosomas.

posible explicar los conceptos límite a partir de una postura integradora? Según esta, los virus comparten algunas de las propiedades, aunque no todas, de los seres vivos, por lo que podría considerarse como seres “parcialmente vivos”, o mejor, como entidades límite. En palabras de Diéguez (2013, p. 184):

Dado que el grado de posesión de las propiedades en una agrupación puede variar en gran medida, los límites del género son necesariamente vagos. No es de extrañar, por tanto, que pueda haber casos dudosos de seres vivos, como los virus (...). Este conjunto de propiedades tendría también una cierta capacidad heurística y explicativa, pues estaría abierto a la clarificación empírica de los mecanismos que permiten que tales rasgos se mantengan homeostáticamente. (Diéguez, 2013, p. 184)

Los virus son un ejemplo del modo en que el concepto de vida queda definido dentro de la propuesta de Diéguez, en tanto que vida como AHP. La vida no es un género del tipo todo-o-nada. Es por ello por lo que las propuestas que, como la integradora, permiten situaciones difusas, pueden dar cuenta del fenómeno de una forma mucho más adecuada que las propuestas esencialistas intrínsecas.

La segunda de las cuestiones que la propuesta de vida como AHP debe responder es la integración de la historicidad. Los géneros naturales esencialistas son, por definición, ahistóricos. A diferencia de ellos, los seres vivos evolucionan. Boyd (1999) resaltó que su propuesta es compatible con la evolución, en la medida que las propiedades que caracterizan un género no son necesarias, ni suficientes. Por tanto, pueden cambiar no sólo desde un punto de vista sincrónico, sino también diacrónico. Lo que debe mantenerse es la presencia de mecanismos homeostáticos que justifiquen que dicha agrupación responde a la realidad de la naturaleza, y no a una mera convención.

En su propuesta Diéguez no aborda esta cuestión de forma directa. Lo cual remite a la solución adoptada por Boyd (1999), que es, como se ha visto, compatible con una perspectiva evolucionista. Aunque algunos autores han criticado la poca relevancia real que tienen las relaciones filogenéticas en las AHP, véase al respecto Ereshefsky (2010). Esta crítica ha sido abordada ya en el capítulo anterior, y será retomada en breve.

En tercer lugar, la propuesta AHP debe responder a por qué existe una diversidad tan grande de respuestas respecto al concepto de vida. Además, dicha diversidad no es aleatoria, sino que suele ir agrupada por disciplinas. Esta cuestión ha sido estudiada ampliamente en el capítulo 7, en tanto en cuanto ha sido una de las críticas habitual respecto a la posibilidad de definir vida, especialmente en Machery (2012). Como se vio, las críticas solo son válidas en un contexto esencialista intrínseco.

La vida como AHP debe asegurar que las prácticas científicas se acomodan a la estructura causal del mundo. De esta manera, se justifica que tales prácticas son reales, y no meras convenciones. Pero no existe una única estructura causal subyacente que explique toda la naturaleza. En su lugar, distintas disciplinas pueden abordar el mismo problema desde puntos de vista diferentes, sin que por ello ninguna de ella deba subsumirse dentro de otra. O descartarse, por errónea. En su lugar, Diéguez, siguiendo en este punto a Boyd (1999), señala que existen diferentes formas de acomodación. Tales modos son relativos a cada disciplina, pero en cualquier caso, son reales, en la medida que responden a las estructuras causales del mundo.

Esto arroja luz sobre una de las cuestiones más espinosas del concepto de vida, a saber, la incapacidad de encontrar un consenso mínimo sobre la misma. Dicho consenso no es posible, en tanto en cuanto que diferentes disciplinas consideran diferentes modos de acomodación. Diéguez es consciente de la importancia de esta cuestión, analizando distintos modos de abordar la cuestión, desde la vida artificial, (en sus versiones fuerte o débil), o la biología sintética.

Otra cuestión importante, aunque algo más escurridiza, es que el concepto de vida debe ser compatible con la complejidad de dicho concepto. Dicha complejidad se compone de dos cuestiones. La primera de ella deriva de la diversidad de intereses, y puntos de vista diferentes, desde los que puede abordarse el problema de vida. Esta es precisamente la cuestión que se ha tratado en los párrafos anteriores. Pero, además, existe una complejidad inherente en el concepto, derivada de la existencia de diferentes propiedades contrapuestas⁵¹. Es por ello por lo que la vida como AHP debe ser capaz de integrar los distintos elementos constituyentes en el concepto de vida.

⁵¹ Dichas propiedades contrapuestas son las ya mencionadas por Ruiz-Mirazo et al. (2004), según las cuales las moléculas responsables de la autonomía y de la autorreplicación requieren de condiciones enfrentadas. A ello se debe añadir el delicado equilibrio termodinámico que permite el mantenimiento de orden (por emplear la terminología de Schrödinger) a partir de la degradación de los componentes del medio.

El que esta integración sea finalmente posible no es una cuestión que pueda deducirse de si la vida es un género natural integrador o de otro tipo. Es más bien una cuestión empírica, que deben dilucidar los investigadores a través de sus estudios. Sin embargo, si se quiere caracterizar el concepto de vida como AHP, dicha integración debe ser compatible con dicho concepto. Y, a la luz de lo expuesto por Diéguez, parece serlo. Ello es debido a que no existe una restricción de tipo metafísico (necesidad y suficiencia) respecto a las relaciones entre las propiedades en juego. Existe, eso sí, una justificación metafísica de los componentes relevantes, a saber, los mecanismos homeostáticos que aseguran que la vida sea una AHP.

Queda por preguntarse si el concepto de vida como AHP responde al modo en que los científicos emplean el concepto de vida, y si es relevante y/o útil para sus investigaciones. Respecto de la primera cuestión ya se ha señalado cómo el modo en que investigadores como Luisi (2015) emplean el concepto de vida es incompatible con el esencialismo, pero compatible con los modos no esencialistas.

Respecto de la segunda cuestión, la relevancia y utilidad, Diéguez muestra como el concepto de vida ha sido fructífero para la investigación científica, en tanto existen ejemplos de inducciones realizadas a a partir de dicho concepto. Para ello, Diéguez emplea las argumentaciones de Lange (2010), respecto al debate acerca del estatus de los hongos entre los siglos XVI a XIX. Este ejemplo muestra cómo, a partir de la posesión de muchas de las propiedades de los seres vivos, los científicos de la época infirieron que los hongos deberían tener semillas, puesto que de otro modo no podrían reproducirse. La conclusión a la que llegaron es que las semillas debían ser demasiado pequeñas para verse.

Lo que también es cierto es que para muchos estudios en biología el concepto de vida es irrelevante. Y lo es porque en tales casos es un concepto que viene dado. En la medida que la biología se mueve dentro del campo de lo inequívocamente vivo, pierde interés (léase, utilidad y relevancia) considerar el concepto de vida. El caso señalado de los hongos en el siglo XVI, así como la exobiología, la biología sintética o la virología muestran que el interés científico del concepto se encuentra, precisamente, en sus márgenes. Y dado que tales márgenes son difusos, complejos, históricos, y parcialmente dependientes de las disciplinas concretas que lo estudien, sólo permiten abordar estos problemas desde una perspectiva metafísicamente debilitada, como es el caso de las posiciones integradora o promiscua.

11.3 Objeciones a la vida como AHP

Quedan por resolver las dificultades con las que debe enfrentarse la vida como AHP. Porque una cosa es responder de forma adecuada a aquellas preguntas para las que el esencialismo intrínseco carecía de una respuesta, y otra distinta el que dicha propuesta no tenga objeciones. Objeciones que no son específicas del concepto de vida como AHP, sino que son compartidas con el resto de AHP. Lo que se hará aquí es ver como tales cuestiones se concretan en el caso específico de vida.

En primer lugar, Diéguez (2008) señala una primera dificultad de su propuesta, a saber, el que si se considera la vida como un género natural, entonces, siguiendo la misma argumentación, cada individuo es también un género natural:

No obstante, persiste en mi opinión un problema con esta caracterización, y es que también haría de un individuo aislado un género natural, pues también éste podría considerarse como una agrupación de propiedades mantenida homeostáticamente. Pero, en lo que respecta al asunto de la definición de vida, éste es un problema menor comparado con los que presentan las alternativas del esencialismo tradicional, del convencionalismo y del "individualismo". (Diéguez, 2008, p. 98)

Más allá de que Diéguez considere este problema como menor, esta cuestión no es relativa a la vida como AHP, sino a la relación entre el concepto de individuo y el de género natural. En efecto, esta cuestión no es más relevante para el concepto de vida que para el de, por ejemplo, especie. De hecho, la relación entre género natural e individuo ha sido ya tratada por el mismo Boyd (1999). Ahora bien, independientemente de la respuesta dada por Boyd a esta cuestión, lo que se pone de manifiesto es que las dificultades con las que se encuentra la propuesta de Diéguez son las mismas que las que se encuentra Boyd. En cualquier caso, el concepto de vida como individuo será abordado en el capítulo 13. La respuesta a esta cuestión será abordada con más detalle allí.

Ya se ha comentado que los mecanismos homeostáticos tienden, según Khalidi (2013), al equilibrio. Y es evidente, tanto para el caso de especies, como para el de vida, que los mecanismos que justifican que ambos conceptos están en ocasiones lejos del equilibrio. Por supuesto, para solucionar esta cuestión como es debido habría que desarrollar de forma detallada qué se entiende por equilibrio. Más sencilla es la solución propuesta por Khalidi, quien sustituye los mecanismos homeostáticos por el más concepto más general de proceso causal.

Las especies evolucionan, y en ocasiones se mantienen incluso aunque exista una divergencia en las propiedades asociadas a las mismas. La visión de Boyd resulta, para Khalidi, demasiado restrictiva. De la misma manera, si se considera la vida como un proceso gradual y evolutivo, y no como una propiedad de todo-o-nada, entonces no se puede asegurar que tienda hacia un determinado estado de equilibrio. No es imposible que esto ocurra en determinadas circunstancias, pero en cualquier caso, lo que parece evidente es que la vida evoluciona, en ocasiones de forma bastante rápida.

Por tanto definir vida a partir de la homeostasis como mecanismo tendente al equilibrio parece contradictorio con la posibilidad de cambio histórico, vaguedad de los límites, y resto de propiedades características de las AHP. La solución, es, como sea dicho, modificar la idea de mecanismo homeostático por el de mecanismo causal, dada su mayor generalidad.

Un segundo problema, relacionado con el anterior, es el que la vida como mecanismo homeostático prima las relaciones de similitud frente a las evolutivas (Ereshefsky, 2010). Esta cuestión, sin embargo, no es tan grave para algunos autores, (por ejemplo Khalidi, 2013), para quien se trata de una cuestión de énfasis. Mientras que en biología evolutiva se priorizan las relaciones históricas, tal y como se plantean las AHP se priorizan las de similitud. Pero en la medida que es posible que haya un cambio temporal en las propiedades asociadas a la AHP, es razonable asumir la tesis de Khalidi, a saber, que se trata de una diferencia más de enfoque, que de fondo. Aunque también es cierto que resulta más cercana a la realidad de la praxis científica una teoría donde el papel de las relaciones evolutivas no estuviera relegado frente a las relaciones de similitud. Al menos, en aquellos contextos donde la historicidad sea una propiedad determinante. En cualquier caso, substituir los mecanismos homeostáticos por los causales, tal y como se ha sugerido en el párrafo anterior, permite solventar este problema.

Respecto al concepto de vida, la cuestión de la historicidad debe ser tenida en cuenta a la hora de evaluar la conveniencia de la vida como AHP. En efecto, también en este caso parece que la vida como AHP es compatible con la historicidad de la misma. Pero, al igual que en el caso de las especies, si finalmente se considera que las relaciones históricas son de gran relevancia a la hora de considerar el concepto de vida, quizá existan modos de entender vida como género natural donde se dé a la historicidad la relevancia que realmente tiene.

Sin embargo, Las dificultades más importantes en las teorías AHP, no dependen tanto de la distinción entre mecanismos homeostáticos y causales, o de las relaciones de similitud. La mayor de las dificultades proviene del empleo de los mecanismos como fundamento metafísico de los géneros naturales. Esta cuestión tiene diversas facetas: la indefinición del concepto de mecanismo, el carácter circular de la argumentación, así como la más grave de todas, a saber, la incapacidad de separar entre los mecanismos homeostáticos, por un lado, y los intereses y valores de las diferentes disciplinas, por otro.

Ya se vio en el capítulo anterior que no se puede separar de una forma tajante los mecanismos de los intereses y valores de los investigadores, referidos a los contextos de sus respectivas disciplinas. Esto es así porque diferentes (e incluso opuestos) mecanismos pueden dar cuenta de un mismo fenómeno, con resultados dispares. Con lo cual, ambas dimensiones, epistémica y metafísica, no están separadas. Y lo que es más importante, no es posible encontrar un criterio para separarlas. Por ello, si no se resuelve esta cuestión la justificación metafísica de los mecanismos homeostáticos (o causales) queda en entredicho.

Esta cuestión aparece nuevamente en el concepto de vida. Diferentes disciplinas emplean diferentes mecanismos para clasificar las mismas entidades. Por ejemplo, mientras que en vida artificial se emplean criterios formales, otras disciplinas como la bioquímica tienden a emplear criterios materiales (aunque no siempre, algunos bioquímicos prescinden de la materialidad). En cualquier caso, los criterios formales y materiales pueden llevar a resultados distintos. Sin embargo, ello no supone necesariamente que los mecanismos empleados en un caso son metafísicamente más robustos que otros. Es cierto que la investigación científica podría concluir que las inferencias llevadas a cabo a partir de criterios, pongamos por caso, formales, sean más convenientes/útiles que las empleadas con otro criterio. Pero puede darse el caso que

la conveniencia de emplear uno u otro mecanismo sea relativa a una u otra disciplina. Con lo cual la elección de un determinado mecanismo no tiene lugar tan sólo conforme a estructuras causales, sino también a partir de consideraciones epistémicas y axiológicas.

Otra de las cuestiones que surge al tratar la vida como AHP es la excesiva simplificación del contexto en el que operan los mecanismos. En lo referente al concepto de vida parecen operar diferentes tipos de mecanismos. Unos serían responsables de la autorregulación de los seres vivos. Habitualmente tales mecanismos se asocian al metabolismo. Por otro lado, están los mecanismos propios de la reproducción y transmisión de la información. En este caso se está hablando de mecanismos evolutivos.

Sin embargo, la realidad resulta más compleja de lo que la simple clasificación en mecanismos metabólicos y evolutivos deja entrever. En primer lugar, se desconoce si existe una prioridad ontológica en uno u otro tipo de mecanismo. O si ambos se encuentran en un mismo nivel de prioridad, en el que quizá operen también las restricciones debidas a las leyes físico-químicas más generales. La situación se agrava si se tiene en cuenta, tal y como se hizo en el capítulo 6, que las condiciones necesarias para el desarrollo de los mecanismos metabólicos son incompatibles con las necesarias para los mecanismos evolutivos (Ruiz-Mirazo et al., 2004):

El problema tiene una interpretación química bastante simple. La actividad del modelo requiere una morfología estable y uniforme, adecuada para ser copiada linealmente (es decir, una disposición espacial monótona que favorece una baja reactividad y no se ve alterada por cambios de secuencia); mientras que la diversidad catalítica requiere precisamente lo contrario: una gama muy amplia de formas tridimensionales (configuración de espacios catalíticos), que son muy sensibles a las variaciones en la secuencia (p. 336-337).

El sistema de almacenamiento y transmisión de la información está, por tanto, formado por un conjunto de moléculas separadas de los polímeros responsables del metabolismo. La situación se complica en la medida que ambos mecanismos, los

metabólicos y los evolutivos, precisan el uno del otro. Es decir, no pueden estar en conexión directa en tanto en cuanto precisan de condiciones contrapuestas, pero se necesitan mutuamente para llevar a cabo sus funciones. Es por ello por lo que se precisa un complejo de mecanismos indirectos que permita articular de forma adecuada la necesaria relación entre metabolismo y reproducción.

Resumiendo, la situación, respecto al papel de los mecanismos en el concepto de vida, es la siguiente: existe una serie de mecanismos metabólicos y evolutivos que juegan un papel esencial en la vida, cuyas relaciones son mediatizadas por otros mecanismos. Si existe una prioridad ontológica en alguno de todos ellos, es algo que se desconoce. Tampoco se sabe si todos ellos se encuentran al mismo nivel, o si existe una jerarquía. Dado el estado actual de las investigaciones sobre vida, quizá sea demasiado pronto para fundamentar metafísicamente el concepto de vida a partir de la idea de mecanismo, cuando se desconoce qué mecanismos son relevantes, y cuál es su papel.

Cleland (2012) describe este problema con bastante precisión. En la medida que sólo se conoce un tipo de vida, no es posible separar las propiedades necesarias de las contingentes. Es como tratar de describir a los mamíferos sólo conociendo las cebras. Todas las cebras, machos y hembras, tienen rayas, mientras que sólo las hembras poseen glándulas mamarias. Pero es evidente que, si se pretende describir a los mamíferos, poseer glándulas mamarias es necesario, mientras que tener rayas no lo es. Esta objeción no presupone imposibilidad de que algún día se conozcan de forma precisa los mecanismos que entran en juego en el concepto de vida. Pero mientras dicha situación no se alcance, fundamentar un concepto en unos mecanismos que no se sabe bien como operan es, al menos, arriesgado.

Por último, quedan por tratar las dificultades derivadas de la vaguedad de los límites. En efecto, en la medida que los límites de lo vivo resultan borrosos, resulta inevitable considerar un cierto grado de aleatoriedad a la hora de establecerlos. Esto es así porque las posturas integradoras, aun con diferencias importantes con las esencialistas intrínsecas, participan de la radical separación entre intereses y valores, por un lado, y estructura real del mundo, por el otro. Esta radical separación, sin embargo, tiene problemas a la hora de explicar fenómenos complejos y vagos. Tantos más problemas cuanto más complejo y vago es el fenómeno.

Así pues, a modo de resumen puede decirse que si bien la propuesta de vida como AHP parece compatible con el concepto de vida, tal caracterización resulta un tanto forzada.

La importancia dada a la similitud, las dificultades para separar mecanismos e intereses y valores a la hora de establecer un criterio de demarcación, en definitiva, la difícil convivencia entre exigencias metafísicas y praxis científica hacen razonable explorar otras posibilidades que se ajusten mejor al concepto de vida.

11.4 Variaciones de vida como AHP: vida como AEP

La visión de Diéguez (2008, 2013), según la cual la vida puede ser entendida como AHP, tiene la virtud de introducir en el debate una nueva posibilidad no contemplada hasta el momento: que la vida sea un género natural, pero no en un sentido esencialista. Mediante esta estrategia es posible responder de manera satisfactoria a las numerosas dificultades irresolubles desde un punto de vista esencialista tradicional. Ahora bien, aunque esta propuesta es viable, algunos de sus compromisos resultan un tanto forzados. El rol de los mecanismos homeostáticos, en esta propuesta, resulta determinante, en la medida que las inferencias, explicaciones y proyecciones que justifican las agrupaciones descansan en él. Pero respecto al caso de vida (y probablemente también en otros casos en biología y otras ciencias especiales) dicho rol no está suficientemente justificado.

¿Supone eso que la propuesta es un fracaso, y por tanto, se debe adoptar una posición escéptica, o abandonar la cuestión? Eso es lo que proponen los autores críticos con la posibilidad y utilidad de abandonar el concepto de vida. Pero, llegados a este punto de la investigación, existe una importante diferencia. Aunque se precise modificar el esquema de vida como AHP, la propuesta de Diéguez abre una puerta a la posibilidad de considerar vida como género natural desde una perspectiva diferente. Y lo que es más importante, da una respuesta razonable a aquellas cuestiones que el esencialismo tradicional no podía responder.

Ya se ha mencionado que, sorprendentemente, durante mucho tiempo el debate sobre el estatus de vida ha estado, desde una perspectiva filosófica, limitado a la dicotomía esencialismo/escepticismo. Sin grises, ni situaciones intermedias. Lo que resulta, en cierta medida, paradójico, dado que si por algo se caracteriza el problema de vida es por lo difuso, y complejo, de establecer sus límites. Esta situación se ha vivido ya en

otras parcelas de la biología. Probablemente, la aparición de otras opciones ha sido más tardía en el caso de vida simplemente por el hecho de ser objeto de atención más tarde que otros conceptos biológicos.

En este contexto, Ferreira y Umeriz (2018) pretenden dar solución a algunas de las dificultades con las que se encuentra la vida como AHP. Estos autores, en una línea similar a la marcada en el apartado anterior, comienzan reconociendo la importancia de la propuesta de vida como AHP, pero también, mostrando sus limitaciones. Por ello proponen una modificación de la misma, para lo que consideran las propuestas desarrolladas por Häggqvist (2005) y especialmente, las de Slater (2015).

Tal y como se vio en el capítulo anterior, Slater propone una modificación del concepto de género natural como AHP, a partir del concepto de estabilidad. Esto lleva a desarrollar una idea de género natural como agrupamiento estable de propiedades (en adelante, AEP). La idea básica consiste en desplazar la centralidad de los mecanismos causales, y sustituirla por el concepto más genérico de estabilidad:

Si bien a menudo puede tener sentido describir nuestras actividades clasificatorias en términos de búsqueda de mecanismos causales subyacentes a los fenómenos de los géneros naturales, hacer del mecanismo causal el centro de nuestra explicación de los géneros naturales restringe indebidamente la aplicación de la teoría AHP (...). Propongo que dejemos de hacer hincapié en el mecanismo y, en cambio, nos centremos en lo que se suponía que debían ofrecer los mecanismos a un conjunto de propiedades: cierto tipo de cohesión o estabilidad. (Slater, 2015, p. 377)

Slater pone de manifiesto la prioridad de los compromisos metafísicos en los géneros naturales tanto si se entienden de un modo esencialista intrínseco, como desde la perspectiva de los géneros naturales como AHP. Es decir, los resultados epistémicos se derivan de estructuras microestructurales (esencialismo tradicional) o de mecanismos causales (AHP). Y son éstos los que justifican la utilidad de los géneros naturales en la investigación científica. Es por ello por lo que, en cierta manera, ambos modos de entender los géneros naturales comparten un sustrato metafísico común. Estas posturas asumen la existencia de una estructura real en la naturaleza,

independiente del ser humano, y que puede ser aprehendida como tal. Las diferencias se muestran en el modo en que se entienden los compromisos metafísicos, no en su papel primordial que tienen a la hora de configurar los géneros naturales.

La propuesta de Ferreira y Umérez (2018, p. 506), aplicando la idea de estabilidad desarrollada por Slater, considera que la vida es una AEP ya que:

- Existe una familia de propiedades concurrentes.
- Tales propiedades poseen un grado relevante de estabilidad.
- Las propiedades juegan algún tipo de rol en las prácticas científicas.

La propuesta de Boyd coincide en la primera de estas características. Respecto a la segunda, se sustituye el concepto de mecanismo por el de estabilidad, en el sentido ya mencionado por Slater. La estabilidad supone la coinstatación de propiedades invariantes frente a condiciones contrafácticas (Ferreira y Umerez, 2018, p. 507).

En tercer lugar, destacar la relevancia dada a las prácticas científicas frente al énfasis dado por Boyd (y, de forma subsidiaria, por Diéguez) a las inferencias y explicaciones. El desplazamiento del foco de atención resulta relevante en disciplinas como la biología sintética, la astrobiología o la vida artificial. En vida sintética, las definiciones de vida no tienen un papel explicativo, sino más bien son propuestas abiertas que guían la investigación científica. Lo mismo puede decirse de la búsqueda de vida extraterrestre, o de vida artificial.

Aunque Ferreira y Umerez no lo señalen de manera explícita, resulta evidente que el papel de las definiciones no es el mismo en disciplinas consolidadas o en disciplinas emergentes. Mientras que en el primer caso prima el carácter explicativo, en el segundo los aspectos heurísticos son mucho más relevantes. Lo que ambos casos tienen en común es su utilidad en las respectivas disciplinas, ya sea en uno u otro sentido. En cualquier caso, esto muestra la dificultad de establecer una prioridad metafísica frente a las consideraciones epistémicas y axiológicas de la investigación científica.

El desplazamiento de los mecanismos homeostáticos por la estabilidad relevante permite, en opinión de los autores, salvar algunas dificultades mostradas en la propuesta de Boyd. Si en el capítulo anterior esto se mostró de una forma más general respecto a los géneros naturales, en este se trata de mostrar si esta propuesta es más conveniente para abordar el concepto de vida.

Para Ferreira y Umerez (2018), la primera ventaja de considerar vida como AEP es que permite dar cuenta de las situaciones difusas, vagas o poco claras, como los virus o los priones. El grado de estabilidad para considerar un género como relevante es dependiente del contexto epistémico. Por ello, los virus pueden considerarse como entidades intermedias, ya que coinstancian ciertas propiedades (por ejemplo, la capacidad de evolucionar, un cierto grado de encapsulamiento, o sus interacciones ecológicas), pero no otras (autonomía reproductiva y metabolismo, por ejemplo). Por ello, la respuesta en términos de todo-o-nada no puede dar cuenta, de forma adecuada, de un concepto difuso como el de vida.

La segunda de las ventajas mostradas por Ferreira y Umerez (2018) es que, en su propuesta, las propiedades no son entendidas en un sentido analítico. En vez de ello, pueden ser revisadas en función de los nuevos descubrimientos, a diferencia del modo rígido en que los autores críticos consideran el concepto de vida. Una tercera ventaja de la propuesta es que resulta compatible con las teorías gradualistas respecto de vida. Ya se ha visto que uno de los pocos consensos casi unánimes respecto el concepto de vida es que se trata de un concepto gradual, de manera que existe una transición entre lo no vivo y lo vivo. En cierta medida, esta ventaja no es sino otra formulación de la primera, ya que es precisamente la posibilidad de considerar situaciones difusas, vagas o intermedias lo que permite desarrollar teorías gradualistas. Además, estas situaciones vagas son incompatibles con un sentido analítico de las propiedades en juego.

Ahora bien, ¿supone alguna de estas ventajas un avance respecto a la propuesta de Diéguez? No parece que así sea, en la medida que también la idea de vida como AHP permite explicar situaciones límite, vagas o intermedias, a partir de la idea de gradualidad. Ferreira y Umerez señalan la ventaja de su propuesta a la hora de entender conceptos como los virus. No es preciso, para ellos, coinstanciar todas las propiedades del concepto vida. Pero tampoco es necesario que se coinstancien todas las propiedades en la propuesta de vida como AHP.

Además, ya se ha visto que la segunda y tercera ventajas señalada por Ferreira y Umerez no son sino distintas formulaciones de una misma propiedad. Es decir, el que las propiedades no se entiendan en un sentido analítico no supone una ventaja relevante frente a vida como AHP, dado que esta propuesta también señala que las propiedades de la vida no son ni necesarias, ni suficientes. Por ello, no parece que la gradualidad de la vida, ni el carácter no analítico de las propiedades asociadas, esté mejor explicada

desde una perspectiva de la misma como AEP, al menos si se confronta con la vida como AHP.

Una última ventaja señalada por Ferreira y Umerez (2018) es que su propuesta no introduce restricciones a la investigación en diferentes disciplinas, especialmente en aquellas que estudian las fronteras del mismo. Los conceptos, en tales disciplinas, tienen un carácter más heurístico que explicativo. Es decir, permiten guiar la investigación científica mediante procesos iterativos, como se vio en la investigación de Luisi. Este modo de operar es, en opinión de Ferreira y Umerez (2018), propio de la investigación científica, coincidiendo en ello con Bich y Green (2018), Soler (2019) y Amilburu y Soler (en prensa).

¿Supone esto un avance respecto a la propuesta de vida como AHP? Es cierto que la propuesta de vida como AHP permite que diferentes disciplinas empleen diferentes criterios a la hora de clasificar la parcela en cuestión. Con esto se pueden superar problemas como el expuesto por Machery (2012), para quien no existe un mínimo común denominador al que reducir el concepto de vida. Ahora bien, las distintas propiedades a las que se refiere son entendidas a partir de mecanismos homeostáticos (o en un sentido más general, causales). Lo que, de una manera implícita, supone un compromiso metafísico realista que acerca a esta postura al esencialismo intrínseco.

Por su parte, la estabilidad relevante se aleja de tales compromisos, en la medida que la estabilidad no queda restringida por los mecanismos causales, sino que viene determinada por la coocurrencia de una serie de propiedades. El énfasis, en este caso, se desplaza, por un lado, al concepto de relevancia, y por tanto, al rol de las prácticas científicas. Esto supone un debilitamiento del compromiso metafísico. Además, se está dando un mayor protagonismo a las prácticas científicas. ¿Es este desplazamiento hacia las prácticas científicas relevante? Según lo expuesto en esta tesis, como se verá en próximos capítulos, la respuesta es positiva. Existen motivos diversos para ello. En este apartado sólo se verá si el desplazamiento de la idea de homeostasis por la de relevancia resulta conveniente.

Es cierto que atendiendo a las críticas de Khalidi (2013), y parcialmente de Ereshefsky (2010), el concepto de mecanismo homeostático es demasiado restrictivo en lo que se refiere a algunos contextos, como el de especie. También en el de vida. El motivo de ello es que la tendencia al equilibrio no es, en numerosas ocasiones, el mejor modo de caracterizar entidades cambiantes históricamente, como las especies, o la vida. Luego

lo que se va a enfrentar es la modificación introducida por Khalidi a la propuesta de Boyd. Esto, por otra parte, tampoco es una modificación sustancial, por lo que la propuesta de Diéguez respecto de vida puede seguir siendo entendida en términos de mecanismos causales, sean estos o no homeostáticos.

Ahora bien, ya sea entendido como mecanismo homeostático o causal, Ferreira y Umerez destacan que no siempre existen mecanismos que permitan justificar metafísicamente el género en cuestión. Sin negar el indudable valor de la propuesta de Boyd (1999), para algunos autores resulta demasiado restrictiva, al no tomar en cuenta otras posibles situaciones, como los géneros funcionales (Reydon, 2009; Brigandt, 2011). La resolución a esta cuestión dista de ser sencilla, y excede los límites del presente estudio. Esto es así en la medida que no todos los autores están dispuestos a considerar a los géneros funcionales como naturales. Todo depende del grado de compromiso metafísico que se esté dispuesto a asumir.

Es cierto que Boyd rechaza la idea de una única descripción correcta del mundo, algo que se señala explícitamente al posibilitar que diferentes disciplinas tengan en cuenta distintos mecanismos causales. Sin embargo, continúa existiendo una rígida separación entre lo real y lo convencional, en la medida que los mecanismos causales son genuinamente “reales”, mientras que los intereses epistémicos de los investigadores no lo son. Reydon (2009) expresa esta cuestión en los siguientes términos:

La raíz del problema, creo, es que, aunque Boyd enfatizó repetidamente que los géneros dependen del contexto disciplinario en el que aparecen, la teoría AHP todavía se basa en una visión de los géneros naturales según la cual se “encuentran” similitudes entre diferentes entidades en la naturaleza. (p. 733)

Por su parte, la estabilidad relevante se aleja de estos compromisos metafísicos, lo que abre el abanico a ciertas posibilidades no contempladas en la teoría de Boyd. Ya se ha mencionado que el concepto de mecanismo que emplea Boyd no parece responder a las expectativas depositadas en él. Esta cuestión es superada por la idea de estabilidad. En este caso, lo importante es que las propiedades se coinstancian en un género natural, más que el motivo por lo que lo hacen, sea este las esencias, los mecanismos homeostáticos, o los causales.

11.5 Dificultades de vida como AEP

Parece, por tanto, que la principal diferencia entre la propuesta de Ferreira y Umerez (2018) y la de Diéguez (2008, 2013) está en el mayor compromiso metafísico del concepto de mecanismo causal, frente al de estabilidad relevante. Diferenciar entre mecanismos causales y estabilidad relevante supone asumir compromisos metafísicos distintos, aparentemente mayores en el caso de Diéguez. Y es que abrirse a un mayor rango de posibilidades, aceptando la estabilidad relevante, implica asumir un menor compromiso metafísico. Esto, a su vez, tiene como consecuencia debilitar las justificaciones realistas, en la medida que cualquier conjunto de propiedades cuyas instancias se den de forma conjunta podría ser un género natural. Un precio demasiado elevado para muchos autores. Al menos, para aquellos más comprometidos con el realismo metafísico.

Algunas posibles dificultades de esta propuesta han sido previstas por Ferreira y Umerez (2018), como las limitaciones explicativas, la dificultad de ofrecer un criterio claro de demarcación, o la trivialidad. Es significativo, sin embargo, que tales objeciones son comunes con la teoría general de género natural como AHP. Como tales no son problemas específicos de vida como estabilidad relevante. Las dos primeras cuestiones, por ejemplo, suponen un problema desde una perspectiva esencialista. Así, por ejemplo, el que existan casos en los que sea difícil señalar si un individuo pertenece o no a un género no es un defecto del modo de entender el género natural. Es una consecuencia de cómo realmente es la naturaleza.

Existen, sin embargo, otras objeciones de mayor calado. A pesar de su menor compromiso metafísico, cabe preguntarse si el concepto de estabilidad sigue siendo un concepto demasiado restrictivo, o por si lo contrario se alcanza un equilibrio entre los compromisos epistémicos y metafísicos aceptable. En este sentido, cabe preguntarse si el concepto no adolece de los mismos defectos que el de similitud. Ya se ha señalado que, tanto Ereshefsky (2010) como Khalidi (2013) señalan que Boyd (1999) pone demasiado énfasis en las relaciones de similitud. Esto resulta ser un problema en contextos evolutivos. No cabe duda que, aunque se desconozca su papel exacto, la evolución es un elemento clave en el concepto de vida.

Sin embargo, ¿hasta qué punto el concepto de estabilidad no puede ser criticado en el mismo sentido que el de similitud? Recuérdese que la estabilidad se asocia al concepto de robustez, esto es, “robustez aquí equivale a la invariancia de un condicional bajo una gama de supuestos contrafácticos” (Ferreira y Umerez, 2018, p. 503). Conceptos tales como el de estabilidad, robustez o invarianza quizá ofrezcan un marco demasiado estático para vida, donde la evolución parece ser uno de los términos clave.

Como ya se ha señalado en las AHP, es posible intentar solucionar el que las agrupaciones sean demasiado estáticas mediante el concepto de causalidad. Esta salida, sin embargo, no es posible para la vida como AEP, porque es justamente este concepto el que sustituye al de mecanismo. Podría decirse que, si el concepto de mecanismo casual es más restrictivo desde una perspectiva metafísica, el concepto de estabilidad relevante no consigue desprenderse totalmente de este tipo de restricciones.

Es cierto que la formulación de la teoría no es incompatible con la dinámica evolutiva. La coinstatación de las propiedades asociadas al género vida no es necesaria, por lo que puede existir una variación en las mismas, tanto sincrónica como diacrónicamente. Se permite así que el concepto de vida se coinstancie parcialmente, o en determinado grado. Sin embargo, existe una tensión entre la dinámica evolutiva, y la idea de invarianza, robustez o estabilidad. Dicha tensión no invalida totalmente la teoría de vida como estabilidad relevante, tal y como la presenta Ferreira y Umerez. Como tampoco lo hacía con la teoría de Diéguez. Sin embargo, el modo en el que se compatibiliza estabilidad y dinámica evolutiva no queda definido.

La última de las dificultades viene del estatus metafísico de la idea de estabilidad. Esta cuestión ha sido mencionada en el capítulo 9, y tampoco invalida la teoría de vida como estabilidad relevante. Pero es cierto que ni Slater, ni Ferreira y Umerez, responden esta cuestión. Ya se ha mencionado que Slater la plantea, pero deja la respuesta en el aire, lo que muestra que existen algunas cuestiones que no han sido suficientemente elaboradas.

11.6 Conclusiones: respuestas integradoras al problema de vida

Tanto la propuesta de Diéguez (2008, 2013) como la de Ferreira y Umerez (2018), resultan interesantes en la medida en que ofrecen una explicación a aquellas cuestiones que el esencialismo tradicional no podía responder, esto es:

- Los difusos límites entre lo vivo y lo no vivo. El concepto de vida como AHP, así como AEP, son compatibles con una gradualidad entre lo vivo y lo no vivo.
- Debe integrar la historicidad como un elemento propio de lo vivo. Ambas teorías son compatibles con la evolución, pero es cierto que ciertas formulaciones de las mismas resultan más adecuadas que otras. Por ejemplo, los mecanismos homeostáticos parecen primar las relaciones de similitud (la robustez y la invarianza en el caso de las AEP). Lo cual entra en tensión con la variación asociada a la evolución. En este sentido, parece que el concepto de mecanismo causal, no necesariamente homeostático, no entra en tensión con el concepto de evolución, al menos como el de homeostasis o el de estabilidad.
- El concepto de vida debe explicar por qué existe una diversidad de enfoques respecto a diferentes disciplinas. Ambas teorías son compatibles con esta cuestión.
- El concepto de vida que se tenga debe ser compatible con la complejidad de dicho concepto. Ya se ha mencionado, en este sentido, que en el momento actual apelar al concepto de mecanismo parece un tanto arriesgado. Ello porque no se conocen qué mecanismos operan, si existe alguna prioridad ontológica de los evolutivos sobre los responsables de la autosostenibilidad (o a la inversa), o incluso si existe algún mecanismo subyacente. La complejidad, por su parte, parece ser menos problemática desde una perspectiva de vida como AEP.
- Dicha flexibilidad debe ser compatible con que vida sea un género natural, es decir, no sea una mera estipulación. Algo que se cumple en ambos casos. Esto queda claro en la vida como AHP, dado su compromiso metafísico articulado a través de los mecanismos. En el caso de vida como AEP este compromiso es algo más difuso, pero parece articularse a través de la invarianza contrafáctica con la que se coinstancian las propiedades.
- Debe responder al modo empleado por los investigadores a la hora de considerar el concepto de vida, tanto de modo implícito como explícito. En la medida que

ambas teorías consideran que distintas disciplinas utilicen distintos modos de clasificación, parecen sensibles a esta cuestión.

No existe, por ello, una dificultad insalvable que impida considerar el concepto de vida como AHP, o como AEP. Sin embargo, quedan algunas cuestiones relevantes que, sin ser invalidantes, dificultan una mayor aceptación de esta propuesta. Ya se ha comentado, en este sentido, la poca definición del papel de los mecanismos en las propuestas AHP. También de la indefinición del compromiso metafísico de la estabilidad relevante.

Detrás de todas estas cuestiones subyacen dos cuestiones que impiden una mayor precisión en el concepto de vida. Destaca en este sentido la complejidad de los fenómenos involucrados. Por un lado, no se conocen con detalle los mecanismos relevantes, las relaciones entre ellos, etc. Por otro lado, tal y como señala Cleland (2012), sólo conocemos un tipo de vida, esto es, la vida tal y como se conoce en la Tierra. Por ello resulta arriesgado asumir compromisos metafísicos (sea con las esencias, los mecanismos o la estabilidad). Asumir tales compromisos no deja de ser una petición de principio, que puede resultar poco conveniente para el desarrollo de la propia investigación.

A lo largo de este capítulo y del precedente se ha venido comparando el concepto de vida con el de especie. De esta manera, ha podido verse cómo existe un paralelismo entre el desarrollo del debate del concepto de vida y el de especie biológica. Sin embargo, hay una importante diferencia entre uno y otro caso. En el caso de especie, existen múltiples especies distintas sobre las que aplicar el concepto. Por ello, no es necesario especular sobre si determinada situación es meramente hipotética, o no lo es. Los híbridos estériles, las diferencias a la hora de considerar las propiedades relevantes en organismos unicelulares y pluricelulares, todo ello se aplica sobre especies concretas, conocidas por la ciencia. Es cierto que puede imaginarse escenarios alternativos, esto es, especies con propiedades posibles, aunque no existan en la realidad. Pero no es preciso hacerlo. La propia naturaleza provee a los biólogos de una variedad ingente de casos de estudio.

Sin embargo, no se conocen alternativas a la vida en la Tierra. La posibilidad de una bioquímica alternativa, que vida evolucione de un modo no darwiniano, las condiciones de contorno necesarias (presencia o no de agua, rango de temperaturas, etc), estas y otras cuestiones no pueden ser respondidas más que de

forma hipotética. En este contexto, lo más cercano a la situación de las especies son los conceptos límite. La biología sintética, la astrobiología, la vida artificial o la virología resultan, en este sentido, determinantes.

De ahí que, mientras no se conozca con un mayor detalle aquello que se pretende estudiar, en el presente trabajo se va a defender una postura lo más abierta posible. Lo que no descarta que, a medida que el concepto vaya siendo conocido, pueda acotarse epistémica y metafísicamente. Pero para ello sería preciso un conocimiento del mismo que no se corresponde con el actual estado de la cuestión.

12. VIDA COMO GÉNERO NATURAL PROMISCOUO

12.1 Introducción

En el capítulo anterior se mostró la pertinencia de definir vida como género natural integrador. También las dificultades de este tipo de propuestas. Independientemente del mayor o menor acierto de tales teorías, algo que ha podido verse con claridad es que las estrategias no esencialistas se adecuan mejor a los conceptos biológicos que las esencialistas. Sin embargo, más allá de las propuestas integradoras, existen otras posibilidades no esencialistas, entre las que destacan los géneros naturales promiscuos.

Resulta significativo la poca atención que ha recibido este tipo de teorías en el debate sobre vida. En concreto, las referencias explícitas a esta posibilidad se limitan a Soler (2019), y Amilburu y Soler (en prensa). Esta posición parece ser compartida también por Dupré y O'Malley (2009)⁵² y Magnus (2012)⁵³, aunque ninguno de estos autores hable explícitamente de vida como género natural promiscuo.

Esta cuestión resulta más llamativa, si cabe, teniendo en cuenta que las propuestas promiscuas tienen un papel relevante en las cuestiones relativas a las especies. Aunque distan mucho de ser unánimemente aceptadas, propuestas como las de Dupré (2002)

⁵² Realmente, Dupré y O'Malley (2009) no hacen referencia a vida como género natural, promiscuo o de otro tipo. El objeto de su estudio no es considerar vida como tal, sino mostrar la importancia de la colaboración en la formación y el desarrollo de lo vivo, frente a la visión de lo vivo como "egoísta". Además, en la medida la colaboración pasa a un concepto central, también se modifica el concepto de autonomía e independencia en lo vivo.

Así pues, la cuestión de si lo vivo es un género natural, y de qué tipo, no se aborda en su estudio, al menos de forma directa. Pero, por otra parte, los autores insisten en la transición continua entre lo vivo y lo no vivo. Esto es compatible con los géneros naturales integradores o promiscuos. Además, como se vio en capítulos anteriores, al menos respecto al debate sobre las especies, Dupré (2002) ha sido uno de los principales defensores de la postura promiscua. Por ello no resulta descabellado afirmar que su posición está cercana a una postura promiscua respecto del concepto de vida.

⁵³ Al igual que en el caso de Dupré y O'Malley (2009), Magnus (2012) no hace referencia al tipo de estrategia más adecuado para el concepto de vida. Más bien se limita a mostrar su desacuerdo con la postura de Machery (2012), en un sentido similar al que se ha venido haciendo en capítulos anteriores, en este mismo trabajo. Sin embargo, dado que Magnus (2012) es también un representante significativo de la propuesta promiscua, y puesto que se muestra contrario al reduccionismo definitorio, es razonable adscribirlo entre los defensores de vida como concepto promiscuo.

juegan un papel relevante en dicho debate. Probablemente, el principal motivo de ello sea el retraso del debate sobre vida respecto al de especie. De hecho, tal y como se ha señalado en diversas ocasiones en el presente trabajo, ambos parecen seguir un desarrollo similar. Es decir, primero se desarrollan propuestas esencialistas con un fuerte compromiso metafísico, después propuestas debilitadas metafísicamente (integradoras), y en tercer lugar propuestas sin compromisos metafísicos, sólo epistémicos (promiscuas). Siguiendo este esquema, el debate sobre vida estaría entrando, actualmente, en esta tercera fase.

Como pudo verse en el capítulo 10 los géneros naturales promiscuos se caracterizan por su ausencia de justificación metafísica. En palabras de Amilburu (2015, p. 142), los partidarios de tales géneros:

No asumen ningún compromiso con consideraciones de tipo metafísico, en relación con los géneros naturales, más concretamente, en lo que se refiere a la “membresía natural”, como es el caso de Hacking (1991, 1998, 2007a), Dupré (1993, 1999, 2002) y Magnus (2012). Por su parte, Brigandt, en un artículo de 2011, en una línea similar, también rechaza explícitamente todo proyecto metafísico sobre los géneros naturales y aboga por un naturalismo metodológico que consiste en valorar los distintos géneros naturales en función de su utilidad para alcanzar propósitos epistémicos tanto en la investigación filosófica como en la científica. (Amilburu, 2015, p. 142)

Los géneros naturales no lo son en función de esencias, mecanismos homeostáticos o causales, o criterios de estabilidad. Lo son conforme a criterios de utilidad epistémica relativos a los distintos contextos de investigación. Este modo de entender los géneros naturales tiene la ventaja de no precisar justificaciones metafísicas. Ya se ha visto que existen dificultades con tales justificaciones, no sólo si se consideran los géneros naturales a partir del concepto de esencia, sino también cuando se parte de mecanismos homeostáticos, causales, o de la idea de estabilidad.

Sin embargo, en la medida que los defensores de una línea promiscua se declaran explícitamente realistas, no queda claro conforme a qué criterio lo hacen. Si no puede justificarse metafísicamente el realismo en esencias, ni en mecanismos, ¿conforme a

qué criterio se declaran como tales? ¿No es la línea promiscua un modo encubierto de convencionalismo? No es de extrañar que para algunos autores (por ejemplo, Wilson, 1996), los autores promiscuos llevan el concepto de género natural demasiado lejos.

Por último, señalar que la opción promiscua que se va a seguir en el presente capítulo será la de Brigandt (2011). Realmente, no existen diferencias sustanciales entre lo que afirma este autor frente a otros como Dupré (2002) o Magnus (2012). Sin embargo, existen algunos motivos por los que se considerará esta propuesta de forma preferente. En primer lugar, porque los géneros naturales a los que hace referencia lo son de forma gradual. Es decir, no existe una frontera nítida entre los géneros naturales y los no naturales. Esto es interesante en el caso que nos ocupa, dado que el modo de considerar el concepto de vida es muy distinto en unas u otras opciones.

En segundo lugar, porque deja abierta la puerta a que los géneros funcionales puedan ser también géneros naturales. Esto también es interesante en el caso de vida, por motivos similares a los explicados en el punto anterior. Por último, y en línea con lo explicado en el apartado precedente, Brigandt se declara realista. Sin embargo, la gradualidad con la que considera los géneros naturales, así como la poca insistencia que hace respecto al realismo, aleja su propuesta del debate realismo/antirrealismo. Dicho debate, planteado en términos dicotómicos irreconciliables, aporta poca luz al modo en que los científicos clasifican las entidades con las que trabajan.

12.2 ¿Responden los géneros naturales promiscuos a las exigencias de vida?

En el apartado 9.3 del presente trabajo se ha mostrado que, a la hora de abordar el tipo de concepto que sea vida, es preciso responder a una serie de cuestiones de forma satisfactoria. Estas cuestiones son:

- Los difusos límites entre lo vivo y lo no vivo.
- Debe integrar la historicidad como un elemento propio de lo vivo.
- El concepto de vida debe explicar por qué existe una diversidad de enfoques respecto a diferentes disciplinas.

- El concepto de vida que se tenga debe ser compatible con la complejidad de dicho concepto.
- Dicha flexibilidad debe ser compatible con que la vida sea un género natural, es decir, no algo meramente estipulado.
- Debe responder al modo empleado por los investigadores a la hora de considerar el concepto de vida, tanto de modo implícito como explícito.

Recuérdese que las propuestas esencialistas se encontraban con dificultades para responder a estas cuestiones. A diferencia del esencialismo, la vida como agrupación homeostática de propiedades, o como estabilidad relevante respondía, con mayor o menor dificultad, estas cuestiones. Sin embargo, estas teorías tenían algunas dificultades no resueltas, derivadas no tanto del problema específico de vida, como de los presupuestos generales sobre las que se fundamentan. Recuérdese, por ejemplo, la insuficiente justificación de los mecanismos como base de la naturalidad de los géneros naturales. O la contradicción, al menos aparente, entre el concepto de evolución y el de estabilidad.

¿Cómo responden las teorías promiscuas a estas preguntas? ¿En qué medida se encuentran (o no) con dificultades para responderlas? Al igual que en casos anteriores, va a procederse considerando los puntos a los que se debe responder, uno a uno.

En primer lugar, se encuentra la cuestión de los difusos límites entre lo vivo y lo no vivo. La propuesta promiscua no se encuentra con dificultades en este sentido. Al no haber compromiso con esencias, mecanismos u entidades metafísicas del tipo que sea, esta cuestión, una de las más problemáticas del esencialismo, puede resolverse sin dificultad. Además, en la medida que se opte por el pragmatismo naturalista de Brigandt, se está considerando a los géneros naturales también de forma gradual. Con lo que, dado el caso, podría afirmarse que el concepto vida es un género “parcialmente” natural, frente a otros géneros naturales más robustos, como, por ejemplo, las partículas subatómicas.

La cuestión de los límites del concepto vida ha sido ampliamente estudiada por Dupré y O'Malley (2009), entre otros investigadores como Cleland (2012, 2013) o Cleland y Copley (2005). Estos autores abordan con detalle algunos casos de entidades intermedias, tales como los priones, plásmidos, orgánulos, los endosimbiontes, los simbiontes extracelulares, y por supuesto, los virus. La estrategia de estudiar los casos límite no es, por otro lado, privativa de Dupré y O'Malley (2009), siendo otros autores

como Cleland (2012) muy explícitos a la hora de considerar la importancia de estudiar los casos límite de vida.

En lo referido a los casos límite es frecuente negar el estatus de vivo a virus, priones y entidades similares. Esto es así en la medida que la idea de vida se asocia a determinadas propiedades necesarias y suficientes. En el caso de los virus, por ejemplo, autores como Moreira y López García (2009) muestran un abanico de propiedades asociadas a la vida, de forma comparativa, entre virus y organismos celulares:

Característica	Células	Virus
Contiene información	Sí	Sí
Automantenimiento	Sí	No
Autorreplicación	Sí	No
Evolución	Sí	No
Ancestro común	Sí	No
Continuidad estructural histórica	Sí	No
Genes involucrados en el metabolismo del carbono	Sí	De origen celular
Genes involucrados en el metabolismo energético	Sí	De origen celular
Genes involucrados en la síntesis de proteínas	Sí	De origen celular

Tabla 9. Fuente: Moreira y López García (2009), p. 307

Analizando con detalle la tabla, parece claro que la única propiedad de vida que poseen los virus, de forma intrínseca (entiéndase en este contexto: no derivada de las células), es la posesión de información genética. Evidentemente, los virus no responden a las exigencias del concepto de vida desde una perspectiva metabólica, dado que carecen de metabolismo propio. Ello implica, según los autores, que los virus sólo pueden ser considerados como entidades vivas según una perspectiva evolutiva. Sin embargo, este punto de vista resulta bastante débil, en la medida que esta evolución es dependiente de las células. Esta cuestión, frecuentemente pasada por alto, lleva a pensar que los virus son plenamente dependientes de las células, no sólo en sentido metabólico, sino también evolutivo.

Sin embargo, existen algunas cuestiones que ponen en entredicho este punto de vista. En primer lugar, señalar que la postura de Moreira y López García (2009) presupone, al menos en cierta medida, un compromiso esencialista. Es decir, estar vivo implica cumplir

las características mostradas en la tabla adjunta. Podría discutirse si la posesión de tales propiedades es necesaria y/o suficiente, así como el contenido de las mismas (Villareal y Witzany, 2010). Mientras que algunas propiedades como la posesión de información genética son comúnmente aceptadas, otras, como la existencia de un ancestro común, son discutibles. Además, como señalan diversos autores, reducir la actividad de los virus a una cuestión meramente parasitaria (y por tanto, dependiente de la vida celular) no parece responder a la realidad. Al menos, si se tiene en cuenta el papel de la transferencia horizontal de genes (Dupré y O'Malley, 2009; Villareal y Witzany, 2010).

Aunque el sentir mayoritario, al menos en la biología convencional, niega el estatus de vivo a los virus, algunos autores han propuesto modos alternativos de clasificar a los seres vivos. Incluyendo, en algunos casos, a los virus. Así, para Raoult y Forterre (2008), sería conveniente emplear una clasificación alternativa de los seres vivos, en función de la codificación mediante cápside (virus), o ribosoma (arqueas, bacterias y eucariontes). Una cuestión interesante para el tema que aquí nos ocupa es la reflexión final que hacen Raoult y Forterre (2008):

A los seres humanos les gustan las dicotomías. En biología, la dicotomía animal-planta fue finalmente reemplazada por la dicotomía procariota-eucariota. De hecho, esta atracción por las dicotomías podría explicar en parte por qué persiste la división procariota-eucariota, a pesar de la gran cantidad de evidencia molecular que indica la existencia de tres dominios de células que codifican ribosomas. Aquí, proponemos reinstalar una dicotomía primaria en la clasificación del mundo viviente entre los organismos endoscópicos ribosómicos y los organismos codificadores de la cápside. (p. 319)

Este párrafo muestra algo en común entre estos autores y otros aparentemente opuestos, como Moreira y López García. Todos ellos asumen una concepción esencialista de la vida. La vida estaría asociada de forma necesaria con ciertas características. Si se poseen, de forma necesaria y suficiente, se incluye a la entidad dentro de lo vivo. En caso contrario, se rechaza. Es por ello por lo que, si se asume esta postura, no tiene demasiado sentido preguntarse si los virus están o no vivos, tal y como señalan Koonin y Starokadomskyy (2016).

Sin embargo, desde una postura promiscua (también desde una integradora) puede verse que la posesión de las propiedades de vida no es una cuestión de todo-o-nada. Desde una postura esencialista, aunque se incluya a los virus dentro de lo vivo el problema no desaparece. La frontera se establecerá ahora en los priones, o los orgánulos, o en cualquier otro lugar. Es por ello por lo que en este trabajo se defiende, junto a la evidente necesidad de partir de los resultados de la investigación científica, la conveniencia de analizar el tipo de concepto que es vida. En la medida que no haya una reflexión sobre el tipo de estrategia empleada, se asumirán compromisos metafísicos o epistémicos de forma implícita. Explicitar los compromisos asumidos es una tarea imprescindible, al menos si se pretende abordar de forma crítica un concepto sobre el que todavía existen muchos aspectos desconocidos. Como se ha mostrado en diversas ocasiones, la biología es una disciplina compleja que no se ajusta con facilidad a las simplificaciones dicotómicas. Que es justo lo que hacen autores con posturas enfrentadas, como Moreira y López-García (2009) y Raoult y Forterre (2008).

Una segunda cuestión que debe responderse si se pretende considerar vida como un género natural promiscuo es la necesidad de integrar la historicidad como un elemento propio de lo vivo. Esta cuestión tampoco resulta problemática para los géneros naturales promiscuos por motivos similares al caso anterior. La historicidad sólo es problemática en un concepto fuertemente esencialista de género natural, dado que las esencias se caracterizan, precisamente, por ser atemporales. Además, la postura promiscua no debe enfrentarse a las relaciones de similitud, o tendencia a la estabilidad, de las propuestas AHP o la estabilidad relevante. Es por ello por lo que este tipo de propuestas resultan especialmente compatibles con los aspectos evolutivos de las teorías biológicas.

En tercer lugar, el concepto de vida debe explicar por qué existe una diversidad de enfoques respecto a diferentes disciplinas. Este es, probablemente, el punto donde la explicación promiscua resulta más satisfactoria. El motivo de ello es que los géneros naturales promiscuos son entendidos contextualmente, relativos a cada disciplina. En una disciplina como origen de vida se suele tomar como punto de partida la química del carbono, así como la necesidad de agua. Ambos prerrequisitos son paradigmas de

consenso prácticamente total⁵⁴. Sin embargo, en astrobiología es posible explorar otras posibilidades.

Un ejemplo bien conocido de estas alternativas tiene en consideración al silicio (normalmente como hidruro de silicio) frente al carbono. Aunque es poco probable que el silicio pueda ser la base de la vida en entornos similares a la Tierra, algunos autores consideran esta posibilidad en medios distintos. Según Schulze-Makuch e Irwin (2006), esto sería posible en entornos poco oxidantes, con escasez de agua y de carbono, temperaturas por debajo del punto de congelación del agua, así como presencia de algún otro tipo de solvente como el metano. Esta posibilidad podría darse en Titán, según autores como Peng (2015). Sin embargo otros, como Jacob (2016), señalan que la presencia de carbono en Titán supondría la combinación de ambos elementos, imposibilitando con ello la vida basada en hidruros de silicio. No solo en Titán, para este autor la vida en el Sistema Solar no puede basarse en el silicio.

Además, se debe tener en cuenta que diversos autores, entre los que se encuentran Benner et al. (2004), además de los ya citados Schulze-Makuch e Irwin (2006), consideran la posibilidad que la vida emplee otro solvente diferente al agua. Según estos autores, el amoníaco podría jugar este papel. Considerando que el grupo C=N pudiera jugar un papel similar al que realiza el C=O, sería posible la existencia de un metabolismo alternativo.

⁵⁴ Tal y como ha señalado de forma sucinta en el apartado 7.2.4, una alternativa a esta cuestión es la ofrecida por Cleland y Copley (2010). Las autoras señalan que es posible encontrar formas alternativas de vida en la Tierra. La cuestión que surge es ¿cómo es posible que dichas formas de vida alternativa se encuentren en la Tierra, y no hayan sido detectadas? Una posible respuesta es que estas formas alternativas no interactúen con la vida tal y como la conocemos. Obviamente, no es posible considerar que tales formas hayan evolucionado hacia seres equivalentes a los pluricelulares, tal y como son conocidos por la biología. Pero suponer que la diversidad biológica se reduce a evolucionar hacia la pluricelularidad es desconocer la historia evolutiva de la vida en la Tierra.

Las autoras señalan diversas posibilidades para explicar por qué dichas forma de vida no han sido detectadas. La primera de ellas es que, dada la competencia ofrecida por la vida tal y como la conocemos, estas formas de vida hayan evolucionado hacia nichos ecológicos no ocupados por ella. Esto dificultaría su detección. Es posible, además, que no haya procesos de transferencia lateral de genes, si las genéticas de la vida tal y como se conoce y las posibles alternativas, empleen componentes y procesos incompatibles.

En cualquier caso, la microbiología ha descubierto diferencias sustanciales entre los microorganismos de manera reciente, modificándose por completo el esquema clasificatorio de los seres vivos. En efecto, la división en bacterias y eucariontes ha sido cuestionada (y sustituida) por la división en bacterias, arqueas y eucariotas (Woese, Kandler y Wheelis, 1990). Con estos ejemplos las autoras, más que afirmar la existencia de vida alternativa en la Tierra, muestran la complejidad de la vida, y el amplio abanico de posibilidades que convendría explorar, más allá de la biología convencional.

La situación de disciplinas como vida sintética es un tanto intermedia, entre el caso de origen de vida, y el de astrobiología. Sin llegar a los extremos de la astrobiología, donde se exploran alternativas bioquímicas radicalmente diferentes a la vida tal y como es conocida en la Tierra, sí es cierto que se abren ciertas posibilidades no contempladas en biología convencional. Por ejemplo, la sustitución parcial de ciertos componentes químicos característicos de la vida en la Tierra, como muestran diversos autores, por ejemplo, Zhang et al. (2017), o Hamashima et al. (2018).

Sin embargo, la diferencia entre la Biología sintética y otras disciplinas no se limita a la consideración de alternativas materiales distintas. La principal diferencia es el modo de entender vida. Frente a vida como algo dado, propio de origen de vida, o incluso de astrobiología, la biología sintética entiende la vida en un sentido ingenieril, o en palabras de Deplazes-Zemp (2012), como caja de herramientas “según la noción de vida como caja de herramientas, las diferentes características de los organismos vivos se perciben como varios instrumentos diseñados racionalmente que pueden utilizarse para la producción del propio organismo vivo o productos secundarios elaborados por el organismo” (Deplazes-Zemp, 2012, p. 757).

Esta forma de comprender la vida tiene implicaciones importantes tanto en la praxis como en la teoría de esta disciplina. La vida no sólo se describe de muy diversas formas (como hace la astrobiología). También se “construye”, pasando de ser un fenómeno de la naturaleza, a un constructo ingenieril. Es cierto que el incipiente estado actual de esta disciplina impide identificar plenamente la biología sintética con tal sentido ingenieril, como muestran Porcar y Peretó (2012):

Hemos revisado el estado del arte en biología sintética y llegamos a la conclusión de que la mayoría de los proyectos de investigación describen una extensión de la ingeniería metabólica. Sacamos esta conclusión porque la complejidad de los organismos vivos, su estrecha dependencia de la evolución y nuestro conocimiento limitado de las interacciones entre las moléculas de las que están hechos, en realidad hacen que la vida sea difícil de diseñar. Por lo tanto, proponemos que el término biología sintética se utilice con mayor moderación. (p. 79)

Por tanto, como señalan los autores, no se ha llegado a una situación donde la biología sintética manipule lo vivo hasta convertirlo en un artefacto biológico (en el sentido ingenieril de artefacto). Pero esta meta está dentro de las aspiraciones de los biólogos sintéticos, algo que no parecen compartir otros investigadores de lo vivo, como los astrobiólogos o los científicos que estudian el origen de vida. No, al menos, a tenor de su praxis científica. Ambas posturas, por otro lado, no son incompatibles. Simplemente muestran compromisos e intereses distintos en unas u otras disciplinas.

Podrían añadirse otros ejemplos de cómo diferentes disciplinas abordan el complejo fenómeno de vida desde perspectivas distintas. El caso de vida artificial, no tratado hasta el momento, es quizás el más extremo. Para los autores que defienden las posturas más radicales de vida artificial, vida es un concepto inmaterial, no restringido a una bioquímica más o menos abierta. Como señala Lange (2010), entre los defensores de la versión fuerte de vida artificial es frecuente considerar que los programas informáticos son entidades vivas. Por supuesto, desde otras disciplinas existen importantes reservas para aceptar a los programas informáticos dentro de lo vivo. De esta opinión son Ruiz-Mirazo et al. (2004) así como de Popa (2004).

Los ejemplos podrían multiplicarse, pero en cualquier caso muestran una situación clara: diferentes disciplinas emplean distintos criterios para definir de forma explícita o implícita lo que es el concepto vida. Tales criterios responden al contexto epistémico y axiológico concreto. Existe, tal y como señalan Razzeto-Barry y Ramos-Jiliberto (2013, p. 30) siguiendo a Wittgenstein, un “parecido de familia”. Pero dicho parecido no puede reducirse a un mínimo común denominador, algo que por otro lado ya ha quedado de manifiesto en la primera parte de este trabajo.

Las propuestas promiscuas se caracterizan por centrarse en los intereses y valores de los investigadores a la hora de definir los géneros naturales. Por ello, son perfectamente compatibles con la pluralidad de definiciones. También responden al modo empleado por los investigadores a la hora de considerar el concepto de vida, dado que las definiciones están enmarcadas dentro del contexto de investigación. Por ejemplo, la vida tal y como es entendida por los investigadores de vida sintética incorpora la idea de caja de herramientas, algo que no ocurre en otras disciplinas como origen de vida. Ello es debido a que las definiciones, explícitas o no, se adecúan a cada contexto concreto.

Llegados a este punto, puede afirmarse que los géneros naturales promiscuos responden a las necesidades planteadas a la hora de abordar el concepto de vida. Algo

que no podían hacer los géneros naturales esencialistas. Además, el modo en el que se responden algunas de las cuestiones parece acercarse más a la praxis científica que las propuestas integradoras. O, al menos, no presenta las dificultades derivadas de las restricciones metafísicas propias de vida como AHP. Por todo ello, hasta aquí parece que la propuesta promiscua es la más prometedora a la hora de considerar la vida como género natural.

Queda sin, embargo, una cuestión, a saber, si vida como género natural promiscuo es compatible con que sea algo más que una mera convención. Esta cuestión es el principal escollo que se debe abordar, como puede deducirse de las dificultades encontradas por las propuestas promiscuas en otros contextos, como el de especie.

12.3 Mecanismos y vida como género natural promiscuo

En el capítulo anterior pudo verse que los mecanismos (homeostáticos y causales) tienen un papel central en las propuestas integradoras. Dichos mecanismos aseguran la naturalidad de tales géneros. A partir de ellos, se justifica que los géneros son naturales, no meras convenciones. Aunque estas propuestas propongan que existen distintos modos de clasificar, conforme a distintos intereses y valores, existe una prioridad metafísica, a partir del concepto de mecanismo. Sin embargo, las propuestas de Boyd (1999), o de Diéguez (2008) respecto al caso concreto de vida, han pasado por alto que los mecanismos incorporan, a su vez, aspectos convencionales. Esta cuestión es, precisamente, una de las mayores dificultades con las que deben enfrentarse los autores que defienden las propuestas promiscuas.

¿Descarta esto la posibilidad de incorporar los mecanismos en los géneros naturales? Es interesante señalar que los mecanismos permiten hacer inducciones y proyecciones, algo que también comparten con los géneros naturales. ¿Pueden entonces jugar un rol relevante en el concepto de vida como género natural? ¿Son los mecanismos compatibles con una concepción promiscua de los géneros naturales? ¿Y con el concepto de vida?

A pesar de que aparentemente su aplicación parece más indicada para teorías integradoras, existen motivos para pensar que los mecanismos pueden tener un papel relevante en las propuestas promiscuas. Para ello, se debe recordar que la presencia de elementos convencionales, de forma consustancial, dificulta el justificar la naturalidad e independencia metafísica de los géneros naturales basándose en ellos. En los mecanismos tales elementos convencionales aparecen de diferentes formas: en la selección de los niveles sobre los que operan los mecanismos, en la selección de unos mecanismos concretos en contextos donde operan una multiplicidad de los mismos, etc.

En principio los mecanismos parecen compatibles con la idea de género natural promiscuo. En este caso, la presencia de elementos convencionales no resulta un problema. Sin embargo, es preciso concretar algo más esta propuesta. Una primera cuestión a considerar es qué concepto de mecanismo es conveniente adoptar, si uno más restringido al ámbito de la vida, o uno más general.

Algunos autores restringen el concepto de mecanismo a disciplinas concretas. Tal es el caso, por ejemplo, de Craver (2009) respecto a las neurociencias. Sin embargo, otros autores como Glennan (2002) e Illari y Willianson (2012) pretenden llegar a una definición más general de mecanismo. Alcanzar un mayor grado de generalidad tiene, sin embargo, un coste. Esto es, se corre el riesgo de vaciar de contenido el concepto de mecanismo. Esta posibilidad ha sido puesta de manifiesto por Dupré (2013), para quien “mientras en principio sería posible acomodar una descripción de mecanismo a estas características, intentar hacerlo corre el riesgo de reducir la idea de mecanismo a una vacuidad” (Dupré, 2013, p. 19).

¿Qué concepto de mecanismo se considera más conveniente, en el caso de la biología, y más concretamente, respecto de vida? Responder a esta pregunta excede los límites del presente trabajo. Sin embargo, aquí se van a apuntar algunas líneas al respecto.

Una de las ideas principales a tener en cuenta respecto a qué concepto de mecanismo considerar es que no se conocen con detalle los mecanismos que intervienen en la vida. Es cierto que se conocen algunos mecanismos que juegan un papel relevante: codificación de la información genética, metabolismo, transferencia de sustancias entre el exterior y el interior. Estos ejemplos podrían ser entendidos dentro de distintas versiones del concepto de mecanismo. Pero en la medida que no se conoce bien qué entidades y actividades intervienen, cuál es su organización, etc. resulta arriesgado utilizar conceptos de mecanismos no específicos de la biología.

Un ejemplo de la necesidad de considerar las condiciones propias del concepto vida es el modo lineal o cíclico de entender los mecanismos. Una influyente visión del concepto de mecanismo fue la dada por Machamer, Darden y Craver (2000), para los que “los mecanismos son entidades y actividades organizadas de tal manera que producen cambios regulares desde un inicio hasta un final o condiciones terminales” (p. 3). Esta definición resulta poco compatible con la vida, en la medida que muchos de los mecanismos que intervienen son cíclicos (por ejemplo, múltiples mecanismos metabólicos).

Una solución a las discrepancias en el modo de entender los mecanismos en distintas disciplinas es centrarse en los puntos en común. Este es el objetivo de autores como Illari y Willianson (2012), en contraposición a autores que desarrollan conceptos específicos para ciencias concretas. Sin entrar en valorar la conveniencia de tal intento de generalización, aquí se considera que, respecto al caso de vida, es más pertinente desarrollar modelos específicos. Esto es así porque se desconoce con detalle los mecanismos que intervienen en la vida. Por tanto, mediante el empleo de modelos demasiado generales se corre el riesgo de pasar por alto aspectos relevantes, o de asumir extrapolaciones injustificadas.

Se podría argumentar que el peligro de pasar por alto aspectos relevantes para los mecanismos relevantes en vida, podría superarse desde una perspectiva general de dicho concepto. Sin embargo, este camino podría llevar a una solución trivial, como señala Dupré (2013). Este autor muestra que, desde una perspectiva demasiado amplia, todo es un mecanismo. No parece casual que Dupré, quien desarrolla la idea de género natural promiscuo, sea precisamente quien se muestre crítico con una idea de mecanismo demasiado general, que no tenga suficientemente en cuenta el contexto concreto de las disciplinas biológicas.

Para Dupré (2013) el concepto de mecanismo, tal y como es entendido en el nuevo mecanicismo, no se ajusta a la realidad de la biología. En su lugar, señala que en biología se emplea, de forma explícita o implícita, el concepto de proceso:

Esto, creo, conduce a los problemas más profundos con las nuevas explicaciones mecanicistas de los sistemas biológicos y la causalidad. Todas estas cuentas comienzan con un inventario de entidades y, aunque no se les puede llamar "cosas", están

claramente concebidas como un inventario bastante estable de cosas bastante estables. Pero las entidades que forman la jerarquía de la ontología biológica no son estables. Más bien, se estabilizan en una amplia variedad de escalas de tiempo, y los procesos de estabilización son una parte fundamental de la explicación de las actividades de los sistemas vivos. Los seres vivos son el explanandum en las ciencias biológicas al menos tanto como el explanans. Lo que es estable y robusto en biología no son cosas, sino procesos. (Dupré, 2013, p. 7)

Como se ha señalado, no es este el lugar para debatir en qué medida es mejor caracterizar la biología a partir de mecanismos, o de procesos⁵⁵. Lo interesante en el debate abierto por Dupré es que pone de manifiesto la necesidad de conocer con detalle las especificaciones propias de cada ciencia, antes de realizar las generalizaciones interdisciplinarias de forma apresurada. Como conclusión, parece claro que el empleo de un concepto demasiado general de mecanismo no es útil ni en biología ni en el problema concreto de vida. Pero esto no descarta su valor restringido a contextos concretos.

12.4 Dificultades de vida como género natural promiscuo. La dicotomía entre el realismo y el antirrealismo

Como se ha visto a lo largo del presente capítulo, los géneros naturales promiscuos responden de manera bastante adecuada a conceptos complejos como el de vida. Sin embargo, en este tipo de propuestas existen algunos puntos problemáticos que deben ser tenidos en cuenta.

En el capítulo 7 ya se vio que algunas de las críticas a las posiciones promiscuas solo tienen sentido asumiendo una postura esencialista. En contextos complejos, algo frecuente en biología, no es posible eludir la presencia de componentes epistémicos en

⁵⁵ La principal crítica de Dupré (2013) respecto a los mecanismos está en que incluyen no solo actividades, sino también entidades. Como puede verse en el fragmento citado, el carácter dinámico y difuso de las entidades biológicas motiva las críticas respecto al empleo de los mecanismos.

las definiciones. Es decir, de alguna manera, la perspectiva epistémica y axiológica forma parte consustancial de las definiciones y clasificaciones. Ahora bien, para los autores más comprometidos con el esencialismo, aceptar elementos epistémicos y axiológicos traiciona el concepto de género natural. No es extraño que algunos de ellos consideren que no hay géneros naturales en disciplinas como la biología.

En cualquier caso, para muchos autores la postura promiscua es demasiado “promiscua” (por ejemplo, Ereshefsky, 1992). En la medida que los géneros naturales promiscuos se basen en intereses y valores, y prescindan de todo compromiso metafísico, es posible que se incluyan como tales clasificaciones que poco o nada tengan que ver con los modos científicos de clasificar.

Respecto al problema que aquí se trata, el concepto de vida, la cuestión está en que aceptar una posición promiscua respecto de vida puede llevar a una multiplicidad de definiciones, en función de distintos intereses y valores, indistinguible de un género meramente convencional, tal y como denuncian autores críticos como Machery (2012), o Keller (2010). Esta cuestión ha sido abordada en la primera parte de este estudio. Sin embargo, conviene revisarla a la luz del presente capítulo, en tanto en cuanto resulta ser uno de los núcleos centrales de las críticas a la propuesta promiscua.

El que distintas disciplinas tengan objetivos e intereses de investigación diferentes implica, además de diferentes definiciones, abordar los problemas desde una perspectiva distinta. Ha podido verse que origen de vida y astrobiología parten de premisas diferentes. La primera de estas disciplinas asume la bioquímica del carbono, y el agua como solvente, como dos postulados prácticamente inamovibles. Sin embargo, en astrobiología se plantean con frecuencia escenarios alternativos, como la vida basada en silicio, u otros solventes como el amoníaco. Independientemente de que tales escenarios sean finalmente confirmados en futuros descubrimientos, son plausibles dentro de su contexto de investigación, algo que no ocurre en origen de vida.

Ahora bien, desde una perspectiva epistémica tanto origen de vida como astrobiología se caracterizan por considerar a lo vivo como algo dado. En su complejidad, lo vivo es entendido como una realidad que existe en la naturaleza, por mucho que cada disciplina ponga el acento en una u otra cuestión. Sin embargo, disciplinas como vida sintética, y también vida artificial, se diferencian notablemente de esta visión descriptiva y explicativa de lo vivo. En su lugar, o más bien junto a dicha dimensión descriptiva y explicativa, se aboga por una perspectiva manipulativa. La vida es algo que no sólo se

describe, o se explica, conforme a ciertas propiedades. También es manipulable conforme a las tecnologías desarrolladas por los humanos.

Por tanto, no sólo los contenidos concretos de las definiciones, sino también los modos de abordar la cuestión difieren en aspectos fundamentales, tanto desde una perspectiva epistémica, como axiológica. Sin entrar en detalle, es evidente que el carácter manipulativo de vida sintética abre una serie de interrogantes de tipo ético distintos de los que se encuentran, por ejemplo, en astrobiología. Así, en vida sintética emergen cuestiones como ¿hasta qué punto es lícito intervenir/modificar unos aspectos u otros de lo vivo?, acercándose a los dilemas éticos propios de disciplinas como la genética y la medicina.

En el caso de la astrobiología, las cuestiones son más de índole ética y ecológica, es decir, hasta qué punto la intervención del hombre en ecosistemas extraterrestres sería conveniente, y en caso de serlo, de qué manera debería intervenir. También son relevantes temas relacionados con la seguridad, en la medida que se desconoce los posibles efectos (de haber alguno) al interactuar con formas distintas de vida. Esta preocupación por la seguridad es, por otro lado, compartida con vida sintética.

¿Puede considerarse que vida es un género natural, teniendo en cuenta la variedad de intereses y valores mostrados en los ejemplos de los párrafos anteriores? Tal y como señala Ereshefsky (1992) ¿no es esta propuesta demasiado promiscua? Detrás de esta cuestión, es decir, del exceso de promiscuidad en los géneros naturales promiscuos, subyace la disyuntiva entre realismo y antirrealismo. De alguna manera, en los géneros naturales, esencialistas o integradores, prima el compromiso metafísico frente a otras cuestiones. Esto, que resulta evidente en el caso del esencialismo tradicional, también es cierto para las propuestas integradoras. Aunque, en este caso, de forma menos evidente, a través de mecanismos homeostáticos o causales.

Como señalan Hacking (2007), Brigandt (2011) y Amilburu (2015), el concepto de género natural lleva consigo un bagaje indeseable. Esto supone un problema en diferentes contextos científicos. En el caso que aquí nos ocupa, el concepto de vida, se presenta como un concepto complejo, no reducible a una definición precisa para todas las disciplinas en las que se aplica.

Sin embargo, la complejidad y la pluralidad del concepto no suponen, al menos necesariamente, que se trate de un concepto estipulado. Cuando los astrobiólogos o los

biólogos dedicados a la biología sintética y vida artificial, proponen definiciones, tales definiciones no son meras estipulaciones. El estudio empírico modifica tales definiciones en un proceso retroalimentado, tal y como muestran Bich y Green (2017), o Soler (2019). Es por ello por lo que existe una serie de cuestiones que permiten señalar que el concepto de vida es algo más que una mera estipulación:

- Es evaluable, conforme a los criterios específicos de cada disciplina. Los resultados de esta evaluación, sin embargo, también dependen de aquello sobre lo que se apliquen, esto es, el objeto de estudio de cada parcela de conocimiento. En este punto, existe la tentación de señalar que dicha parcela de estudio es “real”. El problema con dicha afirmación es que dicho realismo lleva implícita la idea de independencia ontológica. Algo que es discutible, ya que lo real no es separable del marco conceptual en el que estudia.
- Permite establecer explicaciones, inducciones y proyecciones. Probablemente sea este un aspecto determinante a la hora de considerar vida como género natural. Así, dicho concepto puede ayudar a explicar el origen de vida, así como realizar proyecciones sobre cómo podría ser la vida en otros contextos ecológicos, o inducciones para predecir comportamientos alternativos conforme a modificaciones realizadas de forma artificial. Estas tres cuestiones son relativas a contextos concretos.

La cuestión problemática, aparentemente sin salida, es la insistencia en el realismo de las diferentes propuestas. Si el realismo se establece sobre la premisa de la existencia de un elemento totalmente independiente de los seres humanos que puede ser identificado y justifique dicho realismo, entonces la vida no es un género natural. No hay ninguna estrategia de conceptualización que pueda desligarse totalmente de aspectos epistémicos y axiológicos.

Así pues, al menos en contextos complejos, como el de vida, no es posible establecer una línea concreta y nítida de demarcación entre lo real y lo convencional. Por ello, los modos de entender vida que tratan de establecer una separación entre lo real y lo convencional se encuentran con dificultades irresolubles. Es cierto que autores promiscuos como Dupré (2002) o Brigadt (2011) se manifiestan abiertamente como realistas. Esto supone asumir el vocabulario sobre el que se construye la dicotomía realismo/convencionalismo. Sin embargo, en la medida que dicho realismo no es independiente del marco contextual, puede ser entendido en un sentido radicalmente

distinto. Es decir, lo real no es independiente de intereses y valores, sino que ambas cuestiones aparecen de forma conjunta e inseparable. Esta cuestión se retomará posteriormente, en las conclusiones del presente trabajo.

12.5 Conclusiones

En el presente capítulo se ha tratado de estudiar la posibilidad de que vida sea un género natural promiscuo. Para ello se ha puesto de manifiesto que este modo de entender los géneros naturales permite superar no solo las dificultades con las que se encuentran los géneros naturales esencialistas, sino también los promiscuos.

Por ello, aunque el concepto de género natural puede ser compatible con determinados modos de entender los mecanismos, o la estabilidad, no precisa de tales conceptos para su justificación. Con lo cual se superan las dificultades que se encuentran en las propuestas integradoras. Por supuesto, los críticos con esta idea consideran que los géneros naturales promiscuos son compatibles con ideas como la de vida precisamente por su escaso, cuando no nulo, compromiso con la realidad. En este sentido, poco o nada se diferenciarían de los géneros convencionales.

Todas estas cuestiones llevan a una de las mayores dificultades con las que se encuentra el concepto de género natural, a saber, la rígida separación entre lo real y lo convencional. Esta separación no parece posible, ni conveniente, a la hora de considerar conceptos complejos como el de vida. No puede descartarse que futuros descubrimientos revolucionen el concepto de vida. Pero dada la situación del conocimiento actual, con la complejidad relativa a la vida, los diferentes modos de abordarla en distintas disciplinas, etc, no parece que adoptar fuertes compromisos metafísicos sea la mejor forma de abordar el problema.

¿Supone esto abrazar el convencionalismo? No necesariamente. El que existan múltiples maneras de considerar el concepto vida, en función de los intereses y valores de distintas disciplinas e investigadores, no significa que todas ellas sean igualmente válidas. Al contrario, los resultados de las investigaciones parten de determinados marcos conceptuales, pero no están determinados (o más, bien, no solo) por tales

marcos. De ser así los resultados estarían definidos a priori. El que existan ciertos valores que guíen la investigación no supone que tales valores la determinen de forma determinista.

En definitiva, lo que se pretende señalar es que abrazar un realismo metafísico fuerte, o un convencionalismo extremo, supone aceptar un único marco conceptual dicotómico (bien para aceptarlo, bien para rechazarlo). Pero la investigación de conceptos complejos, como el de vida, parece mostrar que dicho marco no permite explicar adecuadamente tales conceptos.

13. VIDA COMO INDIVIDUO

13.1 Introducción. El concepto de individuo

En el presente trabajo se ha abordado la cuestión sobre la naturaleza del concepto vida desde la óptica de los géneros naturales. También se ha considerado otra opción, esto es, que vida sea un género humano (convencional). Sin embargo, existe otra posibilidad estudiada por Diéguez (2008), Hermida (2016) y Mariscal y Doolittle (2020), esto es, que vida sea un individuo. En el presente trabajo se va a considerar dos modos de entender vida como individuo, en un sentido débil, y en un sentido fuerte. El primero de ellos es compatible con la idea de género natural no esencialista, no así el segundo. Es necesario, por tanto, justificar por qué vida como entidad individual en un sentido fuerte no es la mejor opción a la hora de considerar la estrategia de conceptualización de vida.

El concepto de vida no es el primer concepto biológico considerado como individuo. Hace ya varias décadas que autores como Ghiselin (1974) y Hull (1976) consideraron que las especies son entidades individuales. Esta posibilidad es extrapolable para otros casos donde el carácter histórico de los conceptos estudiados tiene un papel central. Según estos autores, la centralidad de la evolución en las especies puede entenderse mejor a partir del concepto de individuo, que a partir del de género natural. En efecto, según Hull, los individuos se caracterizan por ser entidades continuas espacio-temporalmente localizadas, mientras que los géneros (clases) no están restringidas espacio-temporalmente. Por su parte para Ghiselin, “si las especies son individuos, entonces: 1) son nombres propios, 2) no puede haber instancias de ellas, 3) no tienen propiedades definitorias (intensiones) 4) sus organismos constituyentes son partes, no miembros” (Ghiselin, 1974, p. 536).

De forma general, puede decirse que caracterizar a las especies como individuos supone que:

- Son entidades espacio-temporalmente localizadas⁵⁶.

⁵⁶ Existen algunas reservas por parte de algunos autores sobre esta cuestión. Así, para Caponi, “en algunos casos, son sólo entidades temporalmente localizables” (Caponi, 2011, p. 22). Para este autor, los idiomas son entidades individuales, localizables temporal pero no espacialmente. Lo localizable espacialmente son

- La relación entre los individuos y sus instancias debe entenderse como “formar parte de” o “ser parte de”, no como “ser ejemplo o instancia de”. La relación entre vida (o, al menos vida en la Tierra) y sus instancias es similar a la de Tenerife y Canarias. Tenerife forma parte de Canarias, pero no es un ejemplo de ellas.
- La relación entre las partes (que no ejemplos) de una entidad individual y sus instancias no es intensional, sino extensional.
- Lo que permite considerar a todas las partes de una entidad individual como tales son las relaciones históricas entre sus componentes. Cada uno de los organismos individuales que forman parte de una entidad individual son parte de la misma, gracias a las relaciones filogenéticas.
- Los individuos, lingüísticamente hablando, son nombres propios, en vez de nombres comunes.
- Las entidades individuales son reales: “la especie son individuos, y son reales” (Ghiselin, 1974, p. 538). Las entidades individuales son nombres propios, pero ello no implica que, como tales entidades individuales, sean meras convenciones.

La propuesta de Hull y Ghiselin ha tenido una acogida favorable entre numerosos biólogos y filósofos de la biología. Caponi (2011) cita, en este sentido, a autores como Wiley, Eldredge o Gould. El motivo de ello es que esta teoría permite sortear las dificultades con las que se encuentra el concepto de género natural, especialmente en su versión metafísicamente más comprometida. Esto es así porque para los defensores de vida como individuo vida se articula a través del carácter histórico de las especies, esto es, mediante la selección natural y la evolución.

Así pues, integrar la evolución en el concepto de especie está en el núcleo de la propuesta de Hull y Ghiselin. Para Hull (1976), las especies son entendidas como unidades de evolución, por ejemplo “la teoría evolutiva requiere un cambio similar en el estatus ontológico de las especies como unidades de evolución. En lugar de ser clases, son individuos” (Hull, 1976, p. 175). Entender las especies en un sentido evolutivo es lo

los hablantes de tal o cual idioma, no el idioma en sí. En este caso, lo que realmente caracterizaría a los individuos sería la localización temporal. Ahora bien, aun considerando interesante el debate sobre cómo considerar el carácter espacio-temporal de los individuos, aquí se los va a considerar en su formulación más común, en ocasiones llamada tesis Hull-Ghiselin.

que da sentido a la idea de especie como individuo, en contraposición a otras ideas de especie⁵⁷.

Un ejemplo de Hull (1976, p. 184) puede ayudar a entender la diferencia entre entidad individual y género. Si, por algún motivo, todos los átomos de oro dejaran de existir, la extensionalidad del género sería nula. Pero los géneros naturales se definen intensionalmente. Con lo que el género como tal sigue teniendo sentido aunque carezca de instancias. Si mediante transformaciones nucleares volvieran a aparecer átomos de oro, entonces la extensionalidad de la clase dejaría de ser nula. Sin embargo, una vez una especie biológica deja de existir, no hay posibilidad de que aparezca nuevamente. Incluso si la evolución llevara a una especie idéntica a otra del pasado, no se trataría de la misma especie.

¿Dónde está la diferencia entre el elemento químico, y la especie? El primero, como se ha dicho, es que los elementos químicos se definen intensionalmente. Pero las especies vienen dadas por sus relaciones filogenéticas. Si estas desaparecen, la especie deja de existir. Aunque otra especie sin relación filogenética fuera igual a la especie desaparecida, al no existir nexo histórico entre ambas, no se trataría de la misma especie. Si por obra de la ingeniería genética mañana naciera una persona genéticamente idéntica a Sócrates, no sería Sócrates. Desde una perspectiva lingüística, las especies son individuos, y como tales son nombres propios, mientras los géneros son nombres comunes.

Otra cuestión a tener en cuenta es que, en el debate sobre la disyuntiva entre géneros e individuos, algunos autores consideran que ambas posiciones no son excluyentes. Es cierto que no parece posible compatibilizar la idea de género natural esencialista con la de individuo. En tanto en cuanto las esencias sean entendidas atemporalmente, no son compatibles con la historicidad. Lo cual descarta que los géneros esencialistas sean entendidos también como individuos.

⁵⁷ Esta cuestión lleva a otro debate, a saber, si las especies son unidades de evolución, o pueden ser entendidas en otro sentido. Frente a la propuesta de Hull y, en general, de aquellos que defienden la evolución como aquello que permite explicar lo biológico, otros como Dupré (2001) señalan que las especies no son las unidades de evolución, a pesar de que ambas coincidan en no pocas ocasiones. Esta cuestión, como puede verse, está en el centro del debate entre la idea de especie como individuo, o especie como género natural.

Más compleja es, sin embargo, la situación respecto a los géneros no esencialistas⁵⁸. En este sentido, Boyd (1999) manifiesta que las AHP no son incompatibles con la idea de individuo. La diferencia sería, en este sentido, pragmática:

Lo que propongo es que, viendo las similitudes entre los roles inductivo y explicativo desempeñados al referenciar a los géneros naturales, por un lado, y por la referencia [a individuos], por otro, podemos ver por qué la distinción entre géneros naturales e individuos (naturales) es, de una forma importante, meramente pragmática” (Boyd, 1999, p. 163)

Para Boyd no todos los individuos son géneros naturales. Por ejemplo, una roca particular carece de propiedades explicativas y, por tanto, no puede decirse que sea en sí misma un género natural. Ahora bien, ¿qué ocurre con las especies? Considerándose como entidades individuales, no por ello dejan de permitir explicaciones, proyecciones e inducciones. Que es, precisamente, lo que caracteriza los géneros naturales, con lo que la diferencia entre género natural e individuo no sería, en opinión de Boyd, significativa. La cuestión sería meramente pragmática, no metafísica.

En lo que respecta al concepto vida, puede considerarse como individuo en un sentido débil o fuerte. En un sentido débil, la vida tal y como es conocida en la Tierra puede ser considerada como un individuo. Lo cual no es incompatible con la idea de que existan otros individuos que formen parte de una entidad más general, a saber, la vida como género natural. Incluso si sólo existiera un tipo de vida, o toda la vida del Universo descendiera de una única forma primordial de vida, la vida como individuo es compatible con la vida como género natural, en este sentido débil. Aunque no se señale explícitamente, el trabajo de Hermida (2016) es compatible con esta visión restringida de vida como individuo. Existe, además, otra versión débil de concepto de vida como individuo, esto es, considerar, tal y como hace Boyd, que la diferencia entre vida como género natural y como individuo es meramente pragmática.

⁵⁸ En tanto que las formulaciones originales de Ghiselin y Hull son de 1974 y 1976, originalmente no pueden recoger las formulaciones Boyd (1999) o Dupré (2002). De hecho, ni tan siquiera se hace referencia a las aportaciones de Putnam (1975), mientras que Kripke (1995, traducción del original en inglés de 1972) solo es citado por Hull.

De lo que no cabe duda es que Mariscal y Doolittle (2020) entienden vida en el sentido fuerte, esto es, incompatible con el concepto de género natural. Vida es Vida con mayúsculas, como individuo, mientras que otras hipotéticas formas de Vida serían otros individuos. En la medida que todas ellas estarían desconectadas espacio-temporalmente, no formarían parte de ningún tipo de género natural. Estas dos posibilidades, vida como individuo en un sentido débil, o fuerte, son las que se van a estudiar a continuación.

13.2 Vida como individuo, en un sentido débil

En diversas ocasiones, a lo largo del presente trabajo, se ha explicado que la vida en la Tierra depende de un único ancestro (LUCA). Dado que se desconoce vida extraterrestre, y el estado tanto de vida sintética como de vida artificial aún es embrionario, solo conocemos un tipo de vida. ¿Qué estrategia de conceptualización es la más adecuada para considerar la vida en la Tierra?

Según Hermida (2016), la vida en la Tierra es un individuo. A partir de las definiciones de Ghiselin (1974) y sobre todo de Hull (1978) estudia con detalle algunas de las características propias de los individuos: localización y continuidad espacio-temporal, continuidad de los procesos de la vida, cohesión e historicidad.

Respecto a la localización y continuidad espacio-temporal, Hermida señala que el origen de la misma está bien definido. La concreción del origen es tanto espacial como temporal. Más problemática resulta, sin embargo, la continuidad espacial y temporal. En este sentido, diferentes formas de vida “pueden estar separadas por grandes distancias, nunca interactuar, y algunas están vivas mientras que la mayoría han muerto” (Hermida, 2016, p. 38). Esto mismo, sin embargo, puede decirse en el caso de las especies. La continuidad en este caso se asegura a través de la relación entre ascendientes y descendientes. Esto es válido a cualquier forma de replicación, tanto unicelular como pluricelular.

Una objeción a la continuidad espacio-temporal es el hecho de que los organismos estén continuamente regenerándose. Frente a la idea de continuidad como algo estático, en

los organismos vivos dicha continuidad se mantiene, paradójicamente, a través del reemplazo continuo de los componentes que forman del mismo. Lo importante es que el reemplazo de componentes tiene lugar de forma continua, nunca simultánea (todo de una vez). Mediante dicho reemplazo es posible asegurar el mantenimiento de la individualidad de los organismos. Y, a la inversa, si no se diera un reemplazo de los componentes, entonces no sería posible asegurar la permanencia del organismo. En cualquier caso, Hermida considera que vida muestra una continuidad y localización espacial y temporal, cumpliendo con una de las condiciones necesarias para que sea considerada como individuo.

Ahora bien, si la localización y continuidad espaciotemporal son condición necesaria, no son suficientes para definir vida como individuo. La cohesión es otro de los requisitos que debe cumplirse. Esta cuestión es objeto de debate. Mientras que Hull considera que el concepto de vida carece de suficiente cohesión interna (Hermida, 2016, p. 39), Hermida considera que existe una interconexión entre las partes de vida, asegurada a través del intercambio de genes. De esta manera se puede sortear esta cuestión, en la que coincidirán también Mariscal y Doolittle (2020)⁵⁹.

Analizada con detalle la cuestión, Hermida llega al convencimiento que la vida en la Tierra es, sin lugar a dudas, una entidad individual, “La vida en la Tierra es un individuo histórico con una historia evolutiva única y profundamente contingente” (Hermida, 2016, p. 41). Esta afirmación, apoyada en múltiples evidencias, es difícilmente discutible. Con lo que resultaría difícil negar la mayor, a saber, que la vida en la Tierra es un individuo. Sin embargo, esta afirmación no es incompatible con el hecho de que vida sea, a su vez, un género natural. Aunque Hermida argumenta con bastante éxito el que la vida en la Tierra sea una entidad individual, generalizar al respecto es algo más complicado:

Los biólogos deben ser particularmente cuidadosos al extrapolar características biológicas generales o incluso definir la vida misma, porque estamos basando nuestras

⁵⁹ Podría objetarse que, en caso de existir algún tipo de propiedad que asegura la cohesión, por ejemplo, la capacidad de transmitir información genética a la descendencia, se está remitiendo, aunque sea de forma implícita, a los géneros naturales. Y considerando que existe alguna propiedad que justifica tal cohesión, ¿qué impide decir que dicho individuo es, realmente, un género natural? Con ello, parece que se está dando la razón a Boyd (1999), esto es, que no existe una diferencia metafísica entre vida como género natural, y vida como individuo.

extrapolaciones en un solo ejemplo. Aunque la vida en la Tierra comprende una diversidad de especies, es solo una vida individual. (Hermida, 2016, p. 43)

Para añadir poco después:

La biología universal será el estudio no solo de los organismos, las especies y el proceso evolutivo, sino también de la vida-como-individuos. ¿Cómo de similares serán los individuos de vida y en qué aspectos? ¿Qué patrones podemos esperar encontrar? ¿Cuáles son las características universales que comparten todos los individuos de vida? ¿Con qué frecuencia evoluciona la multicelularidad? ¿Qué características se conservan siempre dentro de un individuo de vida, pero que, sin embargo, no son universales? ¿Cuál es la longevidad típica de un individuo de vida? Estas y otras preguntas son, por supuesto, extremadamente difíciles de responder en la actualidad. (Hermida, 2016, p. 43)

Hermida (2016) comparte la objeción de Cleland (2012), según la cual es difícil llegar a conclusiones definitivas a partir del estudio de un solo tipo de vida. Pero al plantearse preguntas como ¿cuáles son las características universales compartidas por todas las vidas individuales? se está asumiendo de forma implícita el discurso de los géneros naturales. Por supuesto, la biología actual no permite decir cuáles son esas características. Yendo más lejos, es posible que incluso superando esta dificultad dichas características pueden ser difusas, tal y como proponen las teorías sobre géneros naturales no esencialistas.

Tal y como plantea Hermida vida como individuo, a pesar de su insistencia en el carácter individual de la vida en la Tierra, su posición no es incompatible con que exista un género natural que agrupe todos los distintos posibles tipos de vida. En definitiva, en una lectura débil, el que vida en la Tierra sea un individuo no supone que no exista un género en el cual puedan agruparse las diferentes vidas individuales. De la misma manera, la existencia de un perro individual que se llame Laika no es incompatible con que pertenezca a la especie *canis lupus familiaris*.

La segunda versión débil de vida como género natural es asumir la postura de Boyd (1999). Es decir, la diferencia entre vida como género natural y como individuo es meramente pragmática, pero no hay ninguna diferencia ontológica de fondo. Esta postura, aunque posible, trata de aunar dos aspectos (géneros naturales y entidades individuales) que frecuentemente han sido planteadas como incompatibles. En cualquiera de sus dos formulaciones débiles, entender vida como individuo no es un problema para el debate sobre vida como género natural.

13.3 Vida como entidad individual, en un sentido fuerte

En el apartado anterior se ha visto que el concepto de vida no es necesariamente incompatible con el de género natural. Esta es la postura que se ha venido a denominar como versión débil, y que puede considerarse como la postura compatible con Hermida (2016) y Boyd (1999).

Sin embargo, es posible definir Vida en un sentido fuerte, esto es, incompatible con la idea de género natural. Esta posición es la que históricamente han tenido los defensores de las especies como individuos. En el caso del concepto de vida esta postura es defendida de forma inequívoca por Mariscal y Doolittle (2020). Ya se ha comentado que Hermida parece dudar en este sentido, aunque finalmente aquí se ha considerado que su postura es compatible con lo que se ha denominado como versión débil.

En su versión fuerte, se entiende que Vida es una entidad individual. Así mismo, cualquier otra Vida que pueda encontrarse será también entendida como entidad individual. Dada la desconexión temporal entre estas distintas formas de Vida, no pueden agruparse como instancias de un mismo género natural. Sí se pueden agrupar en un sentido pragmático, pero sin que ello le conceda, a tal agrupación, un estatus ontológico comparable al de individuo. Y es que para los autores que defienden la versión fuerte, Vida como entidad individual es ontológicamente incompatible con vida como género natural.

Llama la atención el uso de las mayúsculas que hacen Mariscal y Doolittle, frente a Hermida. En efecto, Hermida tiende a usar la minúscula para el término *vida*, reservando

la mayúscula para *Tierra*. De esta manera queda la expresión *vida en la Tierra*, o en el original en inglés, “life on Earth”, (Hermida, 2016, p. 37). Incluso cuando emplea la expresión “life-individuals” (Hermida, 2016, p. 37), para referirse a las diferentes entidades individuales que podrían ser diferentes formas de vida, lo hace en minúsculas.

Sin embargo, Mariscal y Doolittle (2020) distinguen de forma explícita entre el uso de mayúsculas y minúsculas, reservando el uso de las primeras para referirse a entidades individuales, y las segundas para los géneros naturales. El tema, más allá de la cuestión meramente terminológica, es relevante en tanto en cuanto supone una asunción mucho más radical de lo que supone considerar vida como individuo. Vida como entidad individual es, lingüísticamente, un nombre propio, y como tal, incompatible con la idea de vida como género natural. En definitiva, según Mariscal y Doolittle:

Nosotros invertimos la línea habitual de razonamiento y argumentamos que el "problema de la vida" surge de pensar incorrectamente sobre la naturaleza de la vida. Los científicos con frecuencia conceptualizan la vida como una clase o género, con la vida terrenal como un solo ejemplo de ella. En cambio, abogamos por pensar en Vida de la Tierra (con una "V" mayúscula) como un individuo. (Mariscal y Doolittle, 2020, p. 2975)

Mariscal y Doolittle utilizan una doble argumentación para justificar su postura. En primer lugar, muestran las dificultades con las que se están encontrando aquellos que consideran vida como género natural. Estas justificaciones son de diverso tipo: dificultad e inutilidad de definir el concepto de vida, imposibilidad de separar los aspectos contingentes de los necesarios conociendo sólo un tipo de vida o el carácter “enigmático” de los géneros naturales. Algunas de estas cuestiones ya han sido tratadas en diversas partes de este trabajo y, en cualquier caso, serían una prueba en contra del concepto de vida como género natural, pero no necesariamente a favor del concepto de Vida como entidad individual.

Por ello es conveniente considerar las justificaciones positivas, esto es, el modo en que los autores argumentan a favor de su propuesta. Para Mariscal y Doolittle, Vida responde a una serie de características propias de las entidades individuales, esto es:

- Toda la vida en la Tierra desciende de un mismo ancestro (LUCA). Vida sería el clado de máxima categoría. Al igual que los taxones de orden superior se escriben con mayúscula, también debe hacerse lo mismo con Vida.
- Vida se compone de partes relacionadas entre sí en un sentido histórico. Tal y como ya se ha dicho, encontrar en otro planeta una especie idéntica a cualquier otra que existe en la Tierra no supone que forme parte de la misma especie, puesto que no existe conexión histórica entre ellas. Si mañana naciera alguien genéticamente idéntico a Sócrates, no sería Sócrates. Lo mismo ocurre con Vida como entidad individual.
- Al igual que Hermida, los autores consideran que existe cierto grado de conexión entre las partes que conforman lo vivo: “[varias] características de todos los especímenes de Vida están conectadas ecológicamente, lo que justifica considerar a la Vida misma como una unidad biológica con propiedades propias”. (Mariscal y Doolittle, 2020, p. 2983).

Una cuestión importante es que los autores insisten en considerar los géneros naturales en su versión más comprometida metafísicamente. Esto es, uno de los principales motivos por los que consideran que vida no es un género natural es que no se han descubierto qué propiedades caracterizan lo vivo de manera inequívoca. Estas propiedades permitirían establecer un criterio claro de demarcación. Sin embargo, el avance de múltiples disciplinas no ha arrojado luz sobre la cuestión. Al igual que pudo verse en la segunda sección de este trabajo, respecto a autores como Machery (2012), Cleland (2012), o Keller (2010), las críticas referidas a la posibilidad de definir vida como género natural se centran en un tipo concreto de género natural, esto es, los géneros naturales con un fuerte compromiso metafísico (unitarios, según la clasificación de Amilburu, 2015).

Para Mariscal y Doolittle (2020), es posible agrupar las (hipotéticas) diferentes formas de vida en una misma clase. Dicha agrupación podría ser interesante en la investigación científica, desde un punto de vista pragmático. Pero ¿concede esto el estatus de género natural a vida? No, en su opinión, puesto que tales géneros son convencionales, y dependen ontológicamente de Vida como individuo. Para considerar que distintos tipos de Vida forman parte de una clase, es preciso que previamente existan diferentes tipos de Vida (entiéndase: Vidas como entidades individuales). Con lo que existe

preexistencia ontológica de lo individual, frente a los géneros entendidos como agrupaciones convencionales.

13.4 Problemas de considerar vida como una entidad individual

La propuesta según la cual las especies son entidades individuales ha tenido un calado importante en filosofía de la biología. No es de extrañar que este debate se extienda al concepto de vida, dadas las similitudes entre ambos. Sin embargo, existen algunas dificultades para considerar vida como entidad individual que no pueden ser pasadas por alto.

En primer lugar, cabe señalar que los propios autores que defienden el concepto de individuo muestran algunas de las dificultades con las que se debe enfrentar el mismo. Es el caso de Hull (1976) respecto a la cohesión, en contraposición de la opinión de Hermida (2016) y Mariscal y Doolittle (2020). Aquí se va a asumir la postura de éstos últimos, con lo que no se va a entrar en este tipo de debates. Tampoco se va a entrar en la deriva lingüística de los mismos, esto es, en qué medida vida debe considerarse como nombre propio o nombre común.

Una cuestión importante es el hecho de que parte de las dificultades vienen de asumir la cohesión de Vida como entidad individual. Esto es paradójico, puesto que tanto Mariscal y Doolittle (2020) como Hermida (2016) muestran esta cuestión como prueba a favor de Vida como entidad individual. Tal y como señalan Mariscal y Doolittle, esta cohesión hace que Vida tenga sus propias características. Precisamente esto permite decir que Vida tiene un estatus ontológico más allá de lo convencional. Pero si existen propiedades que justifican la cohesión de la vida, ¿qué permite decir que tales propiedades no son lo que, precisamente, la configuran como un género natural? Si existen propiedades que caracterizan al individuo, ¿por qué no pueden agruparse las propiedades de distintas instancias (partes, si se habla de individuos), en un mismo género?

En la respuesta a estas preguntas está la clave de por qué hay autores que defienden Vida como individuo. Y es que tales propiedades no definen de forma unívoca al género

del que intentan dar explicación. Es decir, a pesar de que existen argumentos positivos para afirmar que Vida es una entidad individual, en última instancia se precisa de la argumentación negativa para justificar que la vida no es un género natural. Pero como se viene insistiendo desde el comienzo de esta tesis, estas argumentaciones solo son válidas para los géneros naturales fuertemente esencialistas. A pesar que Mariscal y Doolittle (2020) conocen la obra de Boyd (de hecho, aparece en la bibliografía citada), resulta sorprendente la ausencia de referencias a las agrupaciones homeostáticas de propiedades. O a cualquier otra teoría sobre los géneros naturales debilitada metafísicamente.

Es por ello por lo que nuevamente nos encontramos con que los autores críticos con la idea de género natural tienen una perspectiva muy limitada de los mismos. Por supuesto esto, por sí solo, no da validez a las teorías sobre los géneros naturales no esencialistas. Pero muestra las limitaciones de tales críticas, dado que circunscriben los géneros naturales a un tipo muy concreto de los mismos. Además, recuérdese que incluso los defensores de los géneros naturales en un sentido metafísicamente más comprometido se muestran escépticos con la posibilidad de considerar los géneros en biología como géneros naturales. Realmente, criticar que la vida, o las especies, son un género natural esencialista, es una crítica innecesaria, en tanto en cuanto actualmente no existen filósofos de la biología (y menos aún, biólogos) que defiendan esa posición, al menos de forma explícita.

Mariscal y Doolittle (2020) insisten en que Vida no puede ser un género natural, en la medida que las agrupaciones que pueden hacerse se justifican a partir de intereses propios de los investigadores. Con ello se está considerando que, en tanto en cuanto existen elementos convencionales, no pueden ser naturales. A lo largo del presente trabajo se ha venido negando la mayor, ya que la presencia de elementos epistémicos es consustancial con los géneros naturales no esencialistas.

Otra cuestión que plantean los autores es la prioridad ontológica de las entidades individuales que conforman el concepto de Vida, frente a los géneros. Aquí puede verse una interesante reedición del debate escolástico sobre si la prioridad metafísica de los individuos frente a los universales (o a la inversa). Para los autores, las diferentes entidades individuales de Vida (es decir, los distintos tipos posibles de Vidas individuales), preexisten frente a las posibles agrupaciones que puedan hacerse de ellos. Niegan así una postura que podríamos llamar “platónica”, acerca de los géneros

naturales. Sin embargo, los géneros también pueden entenderse “aristotélicamente”; esto es, los géneros precisan de sus instancias para existir. Este debate, aun siendo interesante, lleva a cuestiones metafísicas que están más allá del presente trabajo.

Queda por ver si los motivos por los que Mariscal y Doolittle (2020) consideran positivamente que Vida es una entidad individual pueden ser explicados a partir del concepto de género natural. La respuesta es nuevamente negativa, desde una perspectiva limitada por el esencialismo. Pero ya se ha visto que, con mayor o menor fortuna, la historicidad y el carácter evolutivo de la vida o las especies es compatible con los modos no esencialistas de entender los géneros naturales. Diéguez (2008), Ferreira y Umerez (2018) o Soler (2019), son autores que muestran cómo puede hacerse esto, desde perspectivas muy diferentes.

Con lo cual, ni los argumentos negativos descartan los géneros naturales no esencialistas, ni los positivos son válidos sólo para las entidades individuales. Esto lleva a una conclusión paradójica, ya señalada con Boyd, y es las mismas realidades pueden explicarse desde el punto de vista de los géneros naturales, o de los individuos. Ya se ha visto que vida como entidad individual, en su versión débil, es perfectamente compatible con los géneros naturales.

Sin embargo, la versión más fuerte de Vida como entidad individual niega vehementemente que vida sea un género natural. Pero lo hace en base a unas justificaciones que son, precisamente, las que caracterizan los géneros naturales no esencialistas. Es por ello por lo que, a pesar de la intención de los autores, en última instancia no invalidan que vida sea un género natural. Como máximo, quedaría abierta la cuestión de si ambas posturas son compatibles, tal y como defiende Boyd. Pero de lo que no cabe duda es de que existen modos de entender los géneros naturales que van más allá de la dicotomía natural /convencional, planteada tanto por Mariscal y Doolittle como por los críticos con la posibilidad de definir vida como género natural.

13.5 Conclusiones

De las dos maneras de considerar Vida como individuo, ya se ha visto que la débil es compatible con la idea de género natural no esencialista. Más compleja es la situación respecto a la versión fuerte. Sin embargo, esta última versión presenta más inconvenientes que ventajas. En primer lugar, porque los autores que la defienden confunden los géneros naturales con su versión más comprometida metafísicamente. En segundo lugar, porque la cohesión a la que apelan es perfectamente compatible con la idea no esencialista de género natural, así como con el hecho de que existan elementos convencionales en los géneros naturales. La radical separación entre natural y convencional, aunque solapada, aparece nuevamente aquí. Todo ello sin contar otras objeciones entre los distintos modos de entender las entidades individuales, u otras cuestiones de naturaleza diversa (lingüística, metafísica) que no son objeto de este estudio. Esto lleva a considerar que la versión fuerte de Vida como individuo no es la mejor de las opciones.

Sin embargo, aquí se pretende compatibilizar la versión débil con la idea de género natural. Entiéndase, cada una de las instancias del género natural vida es una entidad individual: por ejemplo Vida en la Tierra, o cualquier otro tipo de Vida. Existe, además, un motivo para hacerlo así, de naturaleza ética. Es cierto que la perspectiva ética no es el objeto principal de este estudio. Pero resulta relevante destacar las implicaciones éticas de defender vida como individuo. En este sentido, Hermida enfatiza la relevancia de la vida multicelular, así como sus características:

Si la vida compleja multicelular y capaz de sentir es valiosa, entonces la capacidad de evolucionar que muestra la vida terrestre es en sí misma una característica valiosa. Aunque estas consideraciones no nos proporcionan necesariamente la obligación moral de "sembrar" el universo, al menos nos da una razón para considerar expandir la vida terrestre, y no solo la vida humana, a otros planetas. Incluso si la vida es relativamente común en el universo, la vida multicelular compleja puede ser rara; La vida que tiene la capacidad (probada) de evolucionar hacia la vida compleja es, por lo tanto, extremadamente valiosa. (Hermida, 2016, p. 43)

Hermida (2016) emplea como criterio valorativo de la vida multicelular tanto su carácter de entidad individual, como su rareza. Es posible realizar la pregunta de si el hecho de que sea rara es lo que realmente le da valor, o si lo es más bien su carácter individual. Y es que si se toma cada tipo de Vida como individuo parece más sencillo entender su especificidad, su carácter único, en el Universo.

Cada vez que desaparece una especie se pierde algo de la riqueza biológica del planeta. Tanto más si lo que desaparece no es una sola especie, sino el conjunto de todas ellas. Esta pérdida, por otro lado, es independiente de si la vida es o no multicelular, muy frecuente o poco frecuente en el Universo. De la misma manera que el valor intrínseco de un ser humano está en su ser individual, no en si hay muchos o pocos seres humanos (o quien sea ese ser humano), el valor de cada tipo de Vida es independiente de que sea un fenómeno frecuente, o no, en el Universo. Por ello, desde una perspectiva ética puede ser conveniente considerar vida como entidad individual. Lo que no invalida que sea parte de un género natural más extenso. Ambas perspectivas no solo no son excluyentes, sino que pueden ser complementarias.

14. RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES

14.1 Recapitulación de las ideas principales

En el primer capítulo del presente trabajo se explicó que vida puede abordarse como problema científico, y como problema filosófico en el marco de la filosofía de la ciencia y la biología. Si los investigadores y científicos se han centrado fundamentalmente en el primer modo de abordar la cuestión, en diferentes capítulos se ha tratado de mostrar que la perspectiva filosófica es relevante no solo para la filosofía de la ciencia, sino también para la propia investigación científica. Considerando este punto de vista filosófico, se ha pretendido responder a dos preguntas distintas. La primera de ellas es si es posible, y conveniente, definir vida. La segunda qué estrategias de conceptualización se pueden seguir para definir vida.

Ambas cuestiones son diferentes, de manera que es posible afirmar o negar la primera pregunta, y ambas respuestas son compatibles con diferentes escenarios para la segunda. Aunque, por otro lado, es fácil ver que ambas están relacionadas. Por ejemplo, no tiene sentido definir el concepto de vida a partir de una propiedad esencial, si se considera que es un género natural integrador o promiscuo. Además, aunque se han tenido en cuenta distintas definiciones de vida, conviene recordar que el presente trabajo no pretende dar una nueva definición, sino poner de manifiesto si es un concepto definible, así como qué estrategias se pueden seguir para definirla.

Para responder a estas preguntas el trabajo se ha estructurado en tres secciones diferenciadas, poniendo de manifiesto el alcance del debate sobre el concepto de vida en toda su amplitud. En la primera de estas partes se ha mostrado una panorámica del estado actual del debate científico, recopilando las principales líneas de investigación, así como algunos ejemplos significativos de las mismas. Conocer el objeto de estudio, tal y como se presenta en la ciencia, es fundamental para la correcta reflexión filosófica.

Así, se ha podido ver que existen cinco maneras fundamentales de definir de vida, a saber: vida como concepto termodinámico/físico, como sistema autosostenible, vida como concepto evolutivo, como listado de propiedades, y propuestas híbridas. Paradójicamente, el espectacular desarrollo de muchas disciplinas relacionadas con las

ciencias de la vida que ha tenido lugar desde finales del siglo XX no ha supuesto una clarificación del concepto de vida. Antes, al contrario, durante las últimas décadas ha habido una explosión de propuestas distintas, frecuentemente incompatibles entre sí.

Es cierto que muchas de las propuestas presentan aspectos comunes. Precisamente esto es lo que permite agrupar las teorías en las cinco grandes líneas de investigación señaladas en párrafos anteriores. Entre todas las propiedades asociadas a la vida destacan dos, la capacidad de autorregulación, así como de evolucionar. Es por ello que actualmente se pretende comprender las interacciones entre ambos aspectos de lo vivo, aunque los resultados no son concluyentes. Un aspecto que permite ver la complejidad del tema es que las condiciones que permiten el desarrollo evolutivo son incompatibles con las condiciones necesarias para el metabolismo. Las relaciones entre ambos sistemas, por tanto, no pueden ser directas, sino mediatizadas a través de mecanismos intermedios.

Más allá de la importancia asociada a estas dos propiedades, existe otra serie de características cuya importancia es variable, en función de la propuesta concreta de la que se trate. La presencia de un límite espacial definido o la necesidad de una bioquímica específica son algunos ejemplos. Sin embargo, la situación actual no permite saber si existe alguna(s) propiedad(es) esenciales que definan lo que es la vida. Tampoco la relación entre las distintas propiedades, si existe alguna relación jerárquica entre ellas, o si más allá de las propiedades consideradas subyace un mecanismo explicativo que permita su mejor comprensión. Por otro lado, un aspecto que muchos autores han hecho notar es el distinto énfasis dado a cada una de las propiedades, en función de la disciplina que se trate.

Esto ha podido verse a través de distintos debates. Por ejemplo, en la insistencia en una concreción material bioquímica, algo común en muchas de las disciplinas, frente a las propuestas que prescinden de tal materialidad. Esta última postura es asumida especialmente en vida artificial. Por otro lado, el modo en que esta materialidad es entendida por aquellos que la aceptan puede ser muy variable. Mientras que para algunos se precisa una bioquímica basada en el carbono muy concreta, otros autores abren la posibilidad a diferentes alternativas. Lo mismo ocurre con la necesidad o no de determinadas rutas metabólicas, la posibilidad de solventes alternativos al agua, etc. Otra cuestión abierta es la vida como concepto, y las entidades sobre las que se materializa, esto es, los seres vivos en los que se instancia la vida. Si se entiende vida

como autorregulación, entonces vida y seres vivos confluyen en un mismo concepto. Algo que no ocurre en vida entendida en un sentido evolutivo.

Existen, por tanto, pocas asunciones suficientemente aceptadas como para establecer una definición de vida consensuada. Al menos, si se pretende conseguir una definición que no sea trivial, o demasiado vaga. Probablemente, entre los pocos puntos de acuerdo que se podrían encontrar, destacan:

- La vida es un fenómeno complejo. Con ello se pretende decir que, más allá de cómo se defina, existe una multiplicidad de cuestiones asociadas a la misma: materialidad, tratamiento de la información, evolución, relación con el medio circundante, metabolismo... Se trata de conceptos distintos al de vida, pero asociados a la misma. La interacción entre estos distintos aspectos, su necesidad y/o suficiencia, etc... son cuestiones abiertas, para las que no existe aún una respuesta precisa.
- Existe una gradualidad entre lo vivo y lo no vivo. Aunque ciertamente hay autores que consideran la vida como una propiedad del tipo todo-o-nada, en las últimas décadas ha ido ganando fuerza la idea de una transición paulatina entre lo vivo y lo no vivo. No hay, por tanto, un límite preciso. El desarrollo de la virología, los estudios sobre priones, orgánulos, el origen de vida, los estudios sobre vida mínima, etc... parecen ir en esta dirección.
- En el primer punto se han señalado distintas cuestiones relacionadas con el concepto vida. Entre todos ellos, la autorregulación y la capacidad de evolucionar parecen ser dos propiedades asumidas con un consenso bastante amplio. Sobre la relación entre ambas cuestiones, sin embargo, no existe un mínimo acuerdo: prioridad de una cuestión sobre la otra, posibilidad de que ambas estén ontológicamente a un mismo nivel, relación con otras propiedades, existencia de mecanismos subyacentes, etc.
- Diferentes disciplinas ponen énfasis distintos en las distintas propiedades asociadas a lo vivo. Este diferente énfasis puede verse no sólo entre diferentes disciplinas, sino incluso dentro de ellas. Aunque algunas líneas de investigación parecen más prometedoras que otras, ninguna de ellas muestra un camino aceptado de forma general. Esta cuestión permanece abierta, pero, como se ha comentado, el desarrollo actual de la biología no parece simplificar este problema. Al contrario, a medida que proliferan disciplinas limítrofes con la biología, con intereses distintos (incluso, a veces, contrapuestos), esta pluralidad

definitoria no parece que se vaya a reducir, al menos en un futuro inmediato. Con lo que un reduccionismo interdisciplinar sólo es posible sobre la asunción de teorías triviales, vagas, o no aceptadas de forma general.

Es evidente que, considerando los puntos anteriores, no es posible establecer una definición sobre la vida aceptada de forma generalizada, y aplicable a los distintos contextos de investigación. Todo ello ha llevado al escepticismo de diferentes autores. Según los más críticos, vida no puede definirse, o sólo puede hacerse de una forma convencional. Por lo tanto, no tiene demasiado sentido tratar de definirla, puesto que tal empresa es inútil. Supone un derroche de recursos, que estarían mejor empleados en otras empresas con objetivos mejor definidos. Es posible incluso, desde una posición escéptica, considerar contraproducente para la propia investigación tratar de definir vida. Con ello se pretendería fijar el concepto mediante una serie de restricciones que no responden a la realidad de las ciencias de la vida, sino a simples convenciones. Sin embargo, en este trabajo se considera que esta conclusión es demasiado precipitada.

En primer lugar, porque asume una postura esencialista sobre las definiciones de vida, algo que restringe en exceso los modos de entender los géneros naturales, especialmente en ciencias especiales. Ya se ha visto que esta cuestión es un tema complejo. Tanto desde la biología como desde la filosofía de la biología habitualmente se rechaza el esencialismo. Pero, en contraposición, es frecuente que, aun rechazando el esencialismo en el discurso, se asuma de forma más o menos implícita. Esto es lo que ocurre cuando se pretende definir el concepto de vida de forma unívoca, a partir de un(os) poco(s) principio(s). En cualquier caso, parece que la biología en general, y el debate sobre vida en particular, no se ajusta bien a los parámetros de las tesis esencialistas. Esto debería ser tenido en cuenta a la hora de definir dicho concepto.

Es por ello por lo que aquí se defiende la importancia de considerar no sólo el contenido del concepto vida. También es importante considerar las estrategias de conceptualización empleadas para definirla. La primera cuestión, qué es la vida, debe ser respondida en base a la teoría y la praxis científica (algo que, como se ha visto, incluye intereses y valores). La segunda pregunta, aun precisando de la investigación, incluye una reflexión filosófica. Lo importante es que tal reflexión puede ayudar a la propia investigación, en la medida que facilite la clarificación de los compromisos metafísicos y epistémicos asumidos.

En segundo lugar, la visión estática de las definiciones mostrada por los críticos no responde a la realidad. En sus investigaciones, los científicos emplean las definiciones en un sentido abierto, revisable a la luz de nuevos descubrimientos. En el caso de las investigaciones sobre vida las definiciones que puedan hacerse son más guías evaluables de investigación que conceptos inamovibles. Además, incluso cuando no se define el concepto, se asumen ciertos compromisos. En este caso, esto se hace de forma implícita, lo que dificulta su evaluación. El caso Vicking muestra un excelente ejemplo de las dificultades que surgen cuando no se sabe exactamente qué se está asumiendo cuando se habla de vida.

Por tanto, la propuesta que se pretende defender aquí, en consonancia con autores como Bich y Green (2018), es que la vida es definible, y que dicha definición tiene un valor epistémico, útil para la consecución de los objetivos e intereses de la propia investigación. Tal y como muestran las investigaciones científicas, las definiciones pueden ser instrumentos útiles. La vida no es, por tanto, una mera convención, dado que los resultados de las investigaciones no dependen solo de las asunciones que se tomen, sino que son revisables a la luz de nuevos descubrimientos.

Con ello se responde a la primera pregunta. Es posible definir el concepto de vida, aunque en un sentido no esencialista. Además de posible, es conveniente/útil, si se consideran las definiciones como herramientas evaluables de investigación. Quizá la formulación negativa de esta cuestión muestre más clara esta utilidad, en la medida que no tener claro los conceptos con los que se trabaja puede dificultar la propia investigación.

La segunda de las preguntas es qué tipo de estrategias pueden seguirse para definir vida. Para ello conviene recordar la tabla presentada en el capítulo 8, donde aparecen distintas posibilidades:

Tipo de estrategia para definir vida						
	Vida como género natural				Vida como individuo	Vida como concepto estipulado/ convencional
	Vida como género natural esencialista	Vida como género natural no esencialista				
		Con compromiso causal (AHP)	Sin compromiso causal			
			Vida como AEP	Vida como género natural promiscuo		
 criterio de demarcación	Fijo, bien delimitado, real.	Abierto, difuso, parcialmente real	Abierto, difuso, parcialmente real	Abierto, difuso, parcialmente real	Fijo, real.	Abierto, difuso, convencional
Operacional y modificable con nuevos descubrimientos	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Flexibilidad frente a distintos criterios de clasificación	Un único modo correcto de clasificar. No flexible	Flexible, en función de mecanismos	Flexible, en función de la estabilidad	Flexible en función de intereses	No flexible	Flexible, en función de intereses
Compatibilidad con evolución	Difícilmente compatible	Compatible, con reservas	Compatible, con reservas	Compatible	Compatible	Compatible
Justificación del realismo	Fuerte compromiso realista, a partir de esencias.	Compromiso realista a partir de mecanismos	Compromiso realista a partir de estabilidad	Basada en proyecciones, explicaciones e inducciones	En base a historia común y cohesión	Sin justificación

En el presente trabajo ha podido verse que los autores críticos solo han considerado las posibilidades extremas, vida como género natural esencialista, y vida como concepto estipulado. Tal simplificación no responde ni con la realidad de las teorías biológicas, ni con la praxis investigadora. Es por ello por lo que adquieren especial valor las propuestas de Bich y Green (2018), Diéguez (2008, 2013), Ferreira y Umerez (2018), Hermida (2016), Mariscal y Doolittle (2020), Soler (2019), y Amilburu y Soler (en prensa), aunque desde posicionamientos distintos. Resumidas estas posibilidades, quedaría:

- *Vida como género natural esencialista*. Postura descartada por múltiples razones ya aducidas.
- *Vida como agrupación homeostática de propiedades*. Es compatible con los límites difusos del concepto, con la variedad de propuestas en distintas disciplinas, y con la síntesis evolutiva moderna. Tiene dificultades, sin embargo, para justificar la prioridad de las relaciones de similitud, y, sobre todo, para justificar su compromiso metafísico mediante el concepto de mecanismo. Los problemas con las relaciones de similitud pueden ser solventados con una ligera modificación, esto es, sustituyendo los mecanismos homeostáticos por causales. Pero esto no soluciona las dificultades con el estatus metafísico de los mecanismos.
- *Vida como AEP*. Esta propuesta, aunque parece tener un compromiso metafísico menor que las AHP, sigue basándose en relaciones de estabilidad. Aunque tales relaciones no son incompatibles con la posibilidad de evolucionar, existe cierta tensión entre el concepto de estabilidad y el de evolución. Esta tensión podría resolverse con una clarificación acerca del estatus metafísico de la propuesta, algo que sin embargo ni Slater (2015) ni Ferreira y Umerez (2018) realizan.
- *Vida como género natural promiscuo*. Esta propuesta no tiene dificultades con los compromisos metafísicos, al prescindir de ellos. Es compatible con el tipo de concepto que parece ser vida: sin límites claros, complejo, relativo al contexto de investigación, evolutivo. Sin embargo, para algunos autores la propuesta es demasiado promiscua, distinguiéndose difícilmente del convencionalismo.
- *Vida como individuo*. En su versión más débil, esta propuesta es compatible con la idea de género natural (Hermida, 2016). En su versión fuerte (Mariscal y Doolittle, 2020) cada tipo de vida es un individuo, sin conexión con el resto. Esto implica, de alguna manera, que cada tipo de vida está desvinculada metafísica y epistémicamente de los otros posibles tipos de vida. En su versión fuerte

existían algunas dificultades de difícil solución, como el modo en que se entiende la cohesión, o las limitaciones de las críticas al concepto de género natural.

- *Vida como género convencional.* Esta postura ha sido estudiada en la segunda sección de este trabajo. Básicamente se ajusta a la idea que vida solo responde a los intereses y valores de los investigadores, y, por tanto, no puede considerarse como género natural.

14.2 Vida como género natural promiscuo: definir a partir de las limitaciones

En el presente trabajo se apuesta por considerar vida como género natural promiscuo, frente al resto de posibilidades. ¿Por qué se apuesta por esta posibilidad? En primer lugar, porque responde a las cuestiones que se han venido planteando desde el principio: límites difusos, compatibilidad con la evolución, etc, algo que el esencialismo tradicional no hace. Sin embargo, estas cuestiones también son respondidas por otras opciones no esencialistas. ¿Qué ventaja ofrece vida como género natural promiscuo, frente a la estabilidad relevante, o vida como AHP?

El motivo de ello es que las teorías integradoras, a pesar de sus diferencias con el esencialismo tradicional, aceptan su mismo marco conceptual. Dicho marco se define a partir de la oposición entre lo real y lo convencional. Oposición dicotómica, sin grises, sin casos intermedios. Esta cuestión va más allá del presente trabajo, hundiendo sus raíces en tradiciones filosóficas enfrentadas. En cualquier caso, tanto los defensores de las teorías esencialistas como de las teorías integradoras consideran un marco conceptual donde existe una división nítida entre lo real y lo convencional. Esta división está perfectamente definida en el esencialismo, precisamente, a través de las esencias. Pero también en las teorías integradoras, a través de los mecanismos (o la estabilidad). En este caso, el mecanismo es el elemento que permite una demarcación clara entre los elementos convencionales y los reales.

Es cierto que las propuestas integradoras tienen en consideración los aspectos epistémicos y axiológicos de las distintas disciplinas. Pero lo que justifica la naturalidad de los géneros no es la presencia de tales elementos epistémicos y axiológicos, sino los

mecanismos (homeostáticos o causales). Es por este motivo por lo que, aun debilitando los compromisos metafísicos de las propuestas integradoras, se asume un mismo marco conceptual. Lo poco conveniente de este marco conceptual, así como la necesidad de su superación, es precisamente una de las conclusiones del presente trabajo.

En cierta medida, también autores promiscuos como Dupré (2002) asumen, de forma implícita, dicho marco conceptual. ¿Cómo entender, si no, la insistencia de Dupré en que su propuesta es realista? El problema es que la realidad de algunas disciplinas no parece responder a esta oposición dicotómica. Con lo que plantear la cuestión de los géneros naturales desde esta disyuntiva no parece aclarar la situación, al menos en ciencias especiales, como la biología. Esto puede verse con facilidad en debates como el de especies, o el que aquí nos ocupa, el de vida.

Ya se ha comentado que diferentes autores denuncian el indeseable bagaje metafísico del término *género natural*. Detrás de este bagaje se encuentra la necesidad de justificar el realismo de la propuesta o, siguiendo a Amilburu (2015), su naturalidad. Y para ello se considera la necesidad de trazar una demarcación definida entre lo real y lo convencional. Lo problemático de esta cuestión ha sido estudiado desde diferentes puntos de vista por autores como el segundo y el tercer Putnam (2000), o Rescher (1999). Esta postura queda perfectamente resumida en el célebre aforismo de Putnam “la mente y el mundo, en común, constituyen la mente y el mundo” (Putnam, 1994, p. 40, traducción del original en inglés de 1987). Es decir, no se puede establecer una demarcación definida entre mundo y mente. Este mismo problema subyace detrás de varios debates sobre conceptos de filosofía de la ciencia en general, y de las ciencias especiales en particular.

Volviendo al tema central del presente trabajo, el concepto de vida, es importante recordar las limitaciones con las que nos encontramos. Se trata de un concepto complejo, del cual solo conocemos un individuo concreto (la vida tal y como es en la Tierra), sobre el que no sabemos exactamente qué propiedades son relevantes, ni la relación exacta entre ellas. Los acentos que ponen diferentes disciplinas son distintos, no solo desde un punto de vista teórico (la vida es tal o cual cosa), sino desde una perspectiva pragmática (enfoques descriptivos y explicativos frente a enfoques manipulativos).

Definir vida es útil, y conveniente, desde el punto de vista de la investigación científica. Ahora bien, hacerlo de una forma metafísicamente comprometida, ante la cantidad de

dificultades y limitaciones que existen, resulta bastante arriesgado. Un exceso de compromiso metafísico sin el suficiente conocimiento de la cuestión, supone asumir, explícita o implícitamente, compromisos no justificados. Lo que equivaldría a dar la razón a los autores críticos con la posibilidad de definir vida.

Es por ello por lo que se considera conveniente abordar la cuestión desde la perspectiva menos comprometida metafísicamente, que es, precisamente, la que ofrecen los géneros naturales promiscuos. Nada impide pensar que futuros descubrimientos lleven a definir de forma más clara el concepto de vida. Esto podría darse en el caso de descubrir vida distinta a la terrestre, pero también a partir del desarrollo de la biología sintética o artificial, o de la mejor comprensión del origen de vida y los límites entre lo vivo o lo no vivo. Estos descubrimientos, hipotéticamente, podrían derivar incluso en una definición esencialista del concepto de vida. Aunque tampoco puede descartarse que el descubrimiento de nuevas formas de vida genere más problemas que soluciones, a la hora de definir vida.

En cualquier caso, la investigación científica es imprescindible, pero junto a ella se encuentran los intereses y valores que guían la investigación. Y, lo que es más importante, ambas cuestiones no pueden separarse. Por este motivo, aunque no se puede descartar una definición más o menos esencialista de vida a partir de escenarios futuros, esta posibilidad no parece demasiado plausible.

El modo promiscuo de entender los géneros naturales no es, sin embargo, el más común a la hora de definir el concepto de género natural. Basta acudir a la *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, o cualquier otra obra similar, para ver que lo que se entiende habitualmente por género natural implica, de forma más o menos explícita, asumir la separación radical entre lo natural y lo convencional. Quizá en el uso habitual del término no sea posible superar dicha dicotomía. En tal caso, en contextos complejos como el de biología, podría ser interesante adoptar otro término. En Amilburu y Soler (en prensa) y Soler (2019) se sugiere el término *categoría científica*. Pero la conveniencia de adoptar una nueva terminología es ya motivo de otra investigación.

Queda una última cuestión. ¿Qué lecciones pueden obtenerse del estudio pormenorizado del concepto vida, que sean útiles para la filosofía de la biología, o en un contexto más general, para filosofía de la ciencia? La respuesta a esta pregunta supone enfrentarse a una contradicción. Contradicción en el sentido que la principal conclusión a la que se llega es, precisamente, que el exceso de generalidad puede ser

problemático. Por ello, una lección que puede extraerse es que no es fácil, ni siquiera siempre es posible, hacer generalizaciones demasiado amplias. Entendiendo como tales aquellas que integren múltiples disciplinas, con intereses y valores contrapuestos, partiendo de distintos marcos conceptuales.

Las reservas hacia estas generalizaciones, al menos en el campo restringido de los géneros naturales, parten del hecho de que las estrategias de conceptualización son entendidas de formas muy diferentes. Esto es evidente si se habla de disciplinas científicas distintas, tales como la química o la biología. Aunque existen puntos de conexión, la importancia de la evolución y la historicidad en biología aleja los conceptos de género natural en una y otra disciplina.

Esto, siendo cierto para diferentes disciplinas, también lo es en un marco más restringido. En el presente trabajo se ha venido insistiendo que los supuestos de vida artificial son diferentes a vida sintética, origen de vida o astrobiología. Y lo que es más importante, no existe un punto de vista privilegiado que permita decir que existe una única forma correcta de entender los géneros. En realidad, esta cuestión tiene implicaciones más allá de los géneros naturales. Ya se ha mencionado que generalizar en exceso el concepto de mecanismo supone vaciarlo de contenido.

Además, es significativo que la tendencia a la separación dicotómica entre realismo y antirrealismo sea tan frecuente, y sin embargo, tan poco reconocida de forma explícita. Es por ello por lo que se considera relevante la declaración de Raoult y Forterre (2008) sobre la preferencia de los humanos por las dicotomías. Lo sorprendente es que estos autores, siendo de los pocos que explicitan esta cuestión respecto de vida, se limiten a replantear la dicotomía en otros términos, en vez de intentar superar esta restringida visión.

Con todo esto no se está pretendiendo decir que no existan puntos de contacto entre los modos de entender los géneros naturales en distintas disciplinas. Pero quizá sería interesante prevenirse frente al exceso de generalidad. Antes de dar este salto, hay que tener bien claro en qué consisten los conceptos con los que se trabaja, analizarlos desde distintos puntos de vista (epistémico, axiológico, metafísico, incluso lingüístico). Sólo entonces se estará en disposición de realizar las oportunas generalizaciones, caso que proceda. Porque, tal y como se intenta mostrar aquí, no siempre es posible generalizar hasta llegar a un mínimo común denominador. No parece que este sea el caso, al menos, respecto del concepto de vida.

ANEXO. DEFINICIONES DE VIDA

El siguiente anexo tiene en consideración las principales definiciones de vida no recogidas por Popa, especialmente a partir del año 2003 (último año recogido por este autor). Por ello, con anterioridad a 2003 sólo se han añadido algunas definiciones no recogidas por Popa. El objetivo del presente anexo es mostrar los desarrollos más relevantes, pero no pretende recoger todas las posibles propuestas existentes a partir de dicha fecha.

- Darwin (carta privada a Daniel Mackintosh en 1882, en Peretó et al., 2009). Aunque en mi opinión no hay evidencia de que un ser vivo haya sido desarrollado a partir de materia inorgánica, no puedo evitar pensar en la posibilidad de que esto se pruebe algún día, de acuerdo con la ley de la continuidad. [...] Si alguna vez se prueba que la vida se puede originar en este mundo los fenómenos vitales quedarán englobados bajo alguna ley general de la naturaleza.
- Mayr (2010, original de 1997). [Los organismos] son sistemas jerárquicamente ordenados con muchas propiedades emergentes que nunca se encuentran en la materia inanimada; y lo más importante, sus actividades están gobernadas por programas genéticos que contienen información históricamente adquirida, nuevamente algo ausente en la naturaleza inanimada.
- Bedau (2010, original de 1998). X está vivo si X es un sistema de adaptación flexible, o si se puede explicar adecuadamente a través de un sistema de adaptación flexible.
- Deacon (2003). En un sentido amplio un sistema emergente de tercer tipo ofrece algo así como una definición de vida.
- Ruiz-Mirazo, Peretó y Moreno (2004). Un ser vivo es un sistema autónomo con capacidades evolutivas abiertas.
- Diéguez (2008). La vida es un género natural, pero se conforma como tal por medio de una agrupación de propiedades que no constituyen juntas una “esencia” de la vida.
- Damiano y Luisi (2010). Un sistema vivo es un sistema capaz de autoproducción y automantenimiento a través de una red regenerativa de procesos que tiene

lugar dentro de un límite creado por sí mismo y se autoregenera a través de interacciones cognitivas o adaptativas con el medio.

- Macklem y Seely (2010). La vida es una red termodinámica abierta, autónoma, autorregulada, autoorganizada, autorreproductora, interconectada, de componentes que realizan el trabajo, existiendo en un régimen complejo que combina estabilidad y adaptabilidad en la transición de fase entre orden y caos.
- Mann (2012). Un rasgo característico de los sistemas vivos es que dependen del surgimiento de componentes y operaciones a nanoescala [...] Por lo tanto, la organización a nanoescala es un requisito previo natural para que surjan mecanismos de autorrenovación y adaptación en sistemas químicamente cognitivos y, como tal, impone restricciones significativas a la evolución estructural de la membrana celular y los modos de funcionamiento de las primeras redes metabólicas y de procesamiento de la información.
- Trifonov (2011). La vida es autorreproducción con variaciones.
- Goldenfeld y Woese (2011). La vida es física.
- Kompanichenko (2012). [La vida es] inversión termodinámica y autorreproducción con variaciones.
- Koonin (2012). Hay formas de vida puramente informativas en las que los genomas llevan solo la información mínima requerida para la replicación, mientras que todos los componentes operativos son suministrados por el entorno propicio [...]. Las propiedades digitales son necesarias para la vida.
- Ma (2012). La vida es autodirigida, con velocidad de variabilidad ilimitada.
- Pascal, Pross y Sutherland (2013). La irreversibilidad y la capacidad cinética de reproducción parecen ser, al menos en principio, suficientes para permitir el surgimiento de la vida.
- Froese, Virgo e Ikegami (2014). Todos los seres vivos están situados en al menos cuatro escalas de tiempo distintas, las cuales se asocian típicamente con metabolismo, motilidad, desarrollo y evolución.
- Briones (2015). Observando la naturaleza encontramos que [los seres vivos] se caracterizan por combinar tres propiedades comunes a todos ellos: poseen una información heredable que transmiten a su progenie, están compartimentados de forma que el ser vivo se diferencia de su entorno, y desarrollan un metabolismo gracias al cual intercambian materia y energía con dicho entorno.

- Ferreira y Umerez (2018). Los sistemas vivos constituyen un tipo natural con límites vagos, capaces de cambiar y cuyos miembros no necesitan instanciar cada propiedad.
- Smith (2018). La vida es una capacidad adaptativa.
- Lancet, Zidovetzki y Markovitch (2018). Vida es aquello que se replica y evoluciona.
- Vitas y Dobovišek (2019). La vida es un sistema químico autosuficiente lejos del equilibrio capaz de procesar, transformar y acumular información adquirida del medio ambiente.
- Morrow, Colomer, y Fletcher, (2019). [La vida es un] replicador que puede mantenerse fuera de equilibrio mediante el consumo continuo de energía química.
- Mariscal y Doolittle (2020). La vida es un clado monofilético que se originó con un último ancestro común universal e incluye a todos sus descendientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Amilburu, A. (2015). *La naturaleza de los géneros naturales. Un estudio crítico sobre la contribución de esta noción a la comprensión de las prácticas clasificatorias en ciencia*. (Tesis doctoral). Universidad del País Vasco.
- Amilburu, A. (2016). Debate actual sobre los géneros naturales desde una perspectiva lockeana. *Agora: Papeles De Filosofía*, 35(2)
- Amilburu, A. (2019). Prácticas clasificatorias desde la filosofía de la ciencia: Entre metafísica y epistemología. *Daimon Revista Internacional De Filosofía*, (76), 125-137.
- Amilburu, A., Moreno, Á. y Ruiz-Mirazo, K. (2020). Definitions of life as epistemic tools that reflect and foster the advance of biological knowledge. *Synthese*, doi: <https://doi.org/10.1007/s11229-020-02736-7>
- Amilburu A. y Soler, J. (en prensa). Géneros naturales y definición de vida. Una crítica a la perspectiva metafísica de lo vivo. *Daimon Revista Internacional de Filosofía*
- Bechtel, W. y Abrahamsen, A. (2005). Explanation: A mechanist alternative. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36(2), 421-441.
- Bedau, Mark A. y Cleland E, Carol. (2010). *The nature of life: Classical and contemporary perspectives from philosophy and science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bedau, M. A. (1998). Four puzzles about life. *Artificial Life*, 4(2), 125-140.
doi:10.1162/106454698568486

Bedau, M. A. (2003). Artificial life: Organization, adaptation and complexity from the bottom up. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 505-512.
doi:10.1016/j.tics.2003.09.012

Benner, S. A. (2010). Defining life. *Astrobiology*, 10(10), 1021-1030.

Benner, S. A., Ricardo, A. y Carrigan, M. A. (2004). Is there a common chemical model for life in the universe? *Current Opinion in Chemical Biology*, 8(6), 672-689. doi:10.1016/j.cbpa.2004.10.003

Bich, L. y Green, S. (2018). Is defining life pointless? operational definitions at the frontiers of biology. *Synthese*, 195(9), 3919-3946. doi:10.1007/s11229-017-1397-9

Biemann, K., Oro, J., Toulmin, P., Orgel, L. E., Nier, A. O., Anderson, D. M., . . . Biller, J. A. (1976). Search for organic and volatile inorganic compounds in two surface samples from the chryse planitia region of mars. *Science*, 194(4260), 72-76.

Bird, A. (2009). Essences and natural kinds. *Routledge Companion to Metaphysics*, Abingdon , 497-506.

Bird, A. y Tobin, E. (2018). Natural kinds. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/natural-kinds/>

Boden, M. A. (1999). Is metabolism necessary? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 50(2), 231-248. doi:10.1093/bjps/50.2.231

- Boyd, R. y Sayre-McCord, G. (1988). How to be a moral realist. *Contemporary Materialism*, 307.
- Boyd, R. (1999). Homeostasis, species, and higher taxa. In R. A. Wilson (Ed.), *Species: New interdisciplinary essays* (pp. 141-185) MIT Press.
- Brenner, S. (2006). *Mi vida en la ciencia: Las aportaciones de un biólogo excepcional* (Vol 5) Universitat de València.
- Brigandt, I. (2011). Natural kinds and concepts: A pragmatist and methodologically naturalistic account. In Jonathan Knowles & Henrik Rydenfelt (eds.), *Pragmatism, Science and Naturalism*. Frankfurt am Main: Peter Lang Publishing, 171-176. doi:10.7939/R39P2WM61
- Briones, C., Soto, A. F. y de Castro, J. M. B. (2015). *Orígenes: el universo, la vida, los humanos*. Crítica.
- Campbell, N. A. (2007). In Reece J. B., Urry L. (Eds.), *Biología* (7ª ed. ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Caponi, G. (2011). Los linajes biológicos como individuos. *Ludus Vitalis*, XIX(35), 17-48.
- Chodasewicz, K. (2014). Evolution, reproduction and definition of life. *Theory in Biosciences*, 133(1), 39-45. doi:10.1007/s12064-013-0184-5
- Cleland, C. E. y Copley, S. D. (2005). The possibility of alternative microbial life on earth. *International Journal of Astrobiology* 4(4), 165-173.
- Cleland, C. E. y Chyba, C. F. (2002). Defining 'life'. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 32(4), 387-393.

- Cleland, C. y Chyba, C. (2007). Does 'life' have a definition? Woodruff T. Sullivan I. and John A. Baross (Eds.), *Planets and life: The emerging science of astrobiology*, pp. 119–131, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- Cleland, C. (2012). Life without definitions. *Synthese*, 185(1), 125-144.
doi:10.1007/s11229-011-9879-7
- Cleland, C. E. (2013). Is a general theory of life possible? seeking the nature of life in the context of a single example. *Biological Theory*, 7(4), 368-379.
doi:10.1007/s13752-012-0045-3
- Clement, R. (2015). Stephane Leduc and the vital exception in the life sciences. *arXiv preprint arXiv:1512.03660*
- Craver, C. F. (2009). Mechanisms and natural kinds. *Philosophical Psychology*, 22(5), 575-594.
- Damiano L. y Luisi P.L. (2010). Towards an autopoietic redefinition of life. *Origin of Life and Evolution of Biospheres*, 40, 145-145-149.
- Darden, L. (2002). Strategies for discovering mechanisms: Schema instantiation, modular subassembly, forward/backward chaining. *Philosophy of Science*, 69(S3), S354-S365.
- Deacon, T. W. (2003). The hierarchic logic of emergence: Untangling the interdependence of *evolution* and self-organization. *Evolution and learning: The Baldwin effect reconsidered*, 2003, 273-308.
- Deamer, D. (2008). What is life? what was life? what will life be? *Progress of Theoretical Physics Supplement*, 173, 11-16.

- Deplazes-Zemp, A. (2012). The conception of life in synthetic biology. *Science and Engineering Ethics*, 18(4), 757-774. doi:10.1007/s11948-011-9269-z
- Deutsch, H. (1993). Semantics for natural kind terms. *Canadian Journal of Philosophy*, 23(3), 389-411.
- Devitt, M. (2008). Resurrecting biological essentialism. *Philosophy of Science*, 75(3), 344. doi:10.1086/593566
- Di Mauro, E. (2012). Trifonov's meta-definition of life. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 601-602.
- Diéguez, A. (2008). ¿Es la vida un género natural? dificultades para lograr una definición del concepto de vida / Is life a natural kind? some difficulties in order to obtain a definition of life. *Artefactos*, 1(1), 81-100.
- Diéguez, A. (2013). Life as a homeostatic property cluster. *Biological Theory*, 7(2), 180-186. doi:10.1007/s13752-012-0052-4
- Dobzhansky, T. (1977). *Evolution*. W. H. Freeman. and company.
- Dupré, J. (1981). Natural kinds and biological taxa. *The Philosophical Review*, 90(1), 66-90.
- Dupré, J. (1999). Are whales fish. In D. Medin y S. Atran (Eds.), *Folkbiology* (pp. 461-476) MIT Press.
- Dupré, J. (2001). In defence of classification. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 32(2), 203-219.

- Dupré, J. (2002). *Humans and other animals*. Oxford University Press.
- Dupré, J. (2013). I—John Dupré: Living causes. Paper presented at the *Aristotelian Society Supplementary Volume*, 87(1) 19-37.
- Dupré, J. y O'Malley, M. A. (2009). Varieties of living things: Life at the intersection of lineage and metabolism. *Philosophy and Theory in Biology*, 1 (201306). 1-25.
- Dyson, F. J. (1982). A model for the origin of life. *Journal of Molecular Evolution*, 18(5), 344-350.
- Echeverría, J. (2002). Ciencia y valores (Imago Mundi ; 7). Destino.
- Ellis, B. (1998). An essentialist perspective on the problem of induction. *Principia: An International Journal of Epistemology*, 2(1), 103-124.
- Ereshefsky, M. (1992). *The units of evolution: Essays on the nature of species* MIT Press.
- Ereshefsky, M. (2010). What's wrong with the new biological essentialism. *Philosophy of Science*, 77(5), 674-685.
- Ferreira Ruiz, M. y Umerez, J. (2018). Dealing with the changeable and blurry edges of living things: A modified version of property-cluster kinds. *European Journal for Philosophy of Science*, 8(3), 493-518. doi:10.1007/s13194-018-0210-z
- Froese, T., Virgo, N. y Ikegami, T. (2011). Life as a process of open-ended becoming: Analysis of a minimal model. In: T. Lenaerts, M. Giacobini, H. Bersini, P. Bourguine, M. Dorigo y R. Doursat (eds.). *Advances in Artificial Life, ECAL 2011: Proceedings of the Eleventh European Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, Cambridge, MA: MIT Press*, 250-257.

Froese, T., Virgo, N. y Ikegami, T. (2014). Motility at the origin of life: Its characterization and a model. *Artificial life*, 20(1), 55-76.

Gánti, T. (2003). *The principles of life*. Oxford University Press.

Gánti, T. (2010). The principle of life (selections). *The nature of life: Classical and contemporary perspectives from philosophy and science* (2010th ed., pp. 102-112). Cambridge: Cambridge University press.

Ghiselin, M. T. (1974). A radical solution to the species problem. *Systematic Biology*, 23(4), 536-544.

Glennan, S. S. (1996). Mechanisms and the nature of causation. *Erkenntnis*, 44(1), 49-71.

Glennan, S. (2002). Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69(S3), S342-S353.

Guaita, C. (2017). Did viking discover life on mars? *The European Physical Journal Plus*, 132(8), 1-9. doi:10.1140/epjp/i2017-11637-y

Goldenfeld, N. y Woese, C. (2011). Life is physics: evolution as a collective phenomenon far from equilibrium. *Annu. Rev. Condens. Matter Phys.*, 2(1), 375-399.

Hacking, I. (1991). A tradition of natural kinds. *Philosophical Studies*, 61(1-2), 109-126.

Hacking, I. (2007). Natural kinds: Rosy dawn, scholastic twilight. *Royal Institute of Philosophy Supplements*, 61, 203-239.

- Häggqvist, S. (2005). Kinds, projectibility and explanation. *Croatian Journal of Philosophy*, (13), 71-87.
- Hamashima, K., Kimoto, M. y Hirao, I. (2018). Creation of unnatural base pairs for genetic alphabet expansion toward synthetic xenobiology. *Current Opinion in Chemical Biology*, 46, 108-114.
- Hanssen, H y Arango, A. E. (1981). Conceptos modernos sobre taxonomía viral. *Biomédica*, 1(4), 247-265.
- Havstad, J. C. (2018). Messy chemical kinds. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 69(3), 719-743.
- Hendry, R. (2005). Lavoisier and Mendeleev on the elements. *Foundations of Chemistry*, 7(1), 31-48. doi:10.1023/B:FOCH.0000042886.65679.4e
- Hermida, M. (2016). Life on earth is an individual. *Theory in Biosciences*, 135(1-2), 37-44.
- Hull, D. L. (1976). Are species really individuals? *Systematic Zoology*, 25(2), 174-191.
- Ikehara, K. (2005). Possible steps to the emergence of life: The-protein world hypothesis. *The Chemical Record*, 5(2), 107-118.
- Illari, P. M. y Williamson, J. (2012). What is a mechanism? thinking about mechanisms across the sciences. *European Journal for Philosophy of Science*, 2(1), 119-135.
- Jacob, D. T. (2016). There is no silicon-based life in the solar system. *Silicon*, 8(1), 175-176.

- Jagers op Akkerhuis, G. (2012). The role of logic and insight in the search for a definition of life. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 619-620.
- Kauffman, S. (2011). Approaches to the origin of life on earth. *Life*, 1(1), 34-48. doi:10.3390/life1010034
- Keller, E. F. (2010). Creating "real life". *The nature of life: Classical and contemporary perspectives from philosophy and science* (pp. 303-307) Cambridge University Press.
- Kendig, C. y Grey, J. (2019). Can the Epistemic Value of Natural Kinds Be Explained Independently of Their Metaphysics?. *The British Journal for the Philosophy of Science*.
- Khalidi, M. A. (. (2013). *Natural categories and human kinds: Classification in the natural and social sciences*. Cambridge University Press.
- Klein, H. P. (1978). The viking biological experiments on mars. *Icarus*, 34(3), 666-674.
- Klein, H. (1999). Did viking discover life on mars? *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 29(6), 625-631. doi:10.1023/A:1006514327249
- Kolb, V. (2016). Origins of life: Chemical and philosophical approaches. *Evolutionary Biology*, 43(4), 506-515. doi:10.1007/s11692-015-9361-4
- Kompanichenko, V. (2012a). Thermodynamic inversion and self-reproduction with variations: Integrated view on the life-nonlife border. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 637-639.

Kompanichenko, V. (2012b). Inversion concept of the origin of life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 42(2), 153-178. doi:10.1007/s11084-012-9279-0

Koonin, E. V. (2012). Defining life: An exercise in semantics or a route to biological insights? *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 603-605.

Koonin, E. V. y Starokadomskyy, P. (2016). Are viruses alive? the replicator paradigm sheds decisive light on an old but misguided question. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 59, 125-134.

Korzeniewski, B. (2001). Cybernetic formulation of the definition of life. *Journal of Theoretical Biology*, 209(3), 275-286.

Koshland, D. E., Jr. (2002). The seven pillars of life. (special essay). *Science*, 295, 2215-2216.

Kripke, S. A. (1995). *El nombrar y la necesidad*. UNAM.

Lancet, D., Zidovetzki y Markovitch, O. (2018). Systems protobiology: origin of life in lipid catalytic networks. *Journal of The Royal Society Interface*, 15(144), 20180159.

Lange, M. (1996). Life, "artificial life," and scientific explanation. *Philosophy of Science*, 63(2), 225-244.

Lange, M. (2010). life, "artificial life," and scientific explanation. *The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*, , 236.

Ledesma Mateos, I. (2002). La introducción de los paradigmas de la biología en México y la obra de Alfonso L. Herrera. *Historia Mexicana*, 52(1), 201-240.

- Levin, G. V. y Straat, P. A. (1977). Recent results from the viking labeled release experiment on mars. *Journal of Geophysical Research*, 82(28), 4663-4667.
- Levin, G. V. y Straat, P. A. (1979). Completion of the viking labeled release experiment on mars. *Journal of Molecular Evolution*, 14(1-3), 167.
- Levy, S. (1993). [Book review] artificial life, the quest for a new creation. *Wilson Quarterly*, 17, 74-76.
- Luhmann, N. (1997). *Hacia una teoría científica de la sociedad*. Anthropos Editorial.
- Luisi, P. (1998). About various definitions of life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 28(4-6), 613-22. doi:10.1023/A:1006517315105
- Luisi, P. L. (2015). *Chemistry constraints on the origin of life*. Weinheim: doi:10.1002/ijch.201400177
- Luisi, P., Ferri, F. y Stano, P. (2006). Approaches to semi-synthetic minimal cells: A review. *Naturwissenschaften*, 93(1), 1-13. doi:10.1007/s00114-005-0056-z
- Ma, W. (2012). Life: Self-directing with unlimited variability on self-speeding. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 623-625.
- Machamer, P., Darden, L. y Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science*, 67(1), 1-25.
- Machery, E. (2012). Why I stopped worrying about the definition of life... and why you should as well. *Synthese*, 185(1), 145-164. doi:10.1007/s11229-011-9880-1

- Macklem, P. T. y Seely, A. (2010). Towards a definition of life. *Perspectives in Biology and Medicine*, 53(3), 330-340.
- MacLeod, M. y Reydon, T. A. (2013). Natural kinds in philosophy and in the life sciences: Scholastic twilight or new dawn? *Biological Theory*, 7(2), 89-99.
- Magnus, P. (2012). *Scientific enquiry and natural kinds: From planets to mallards*. Springer.
- Mann, S. (2012). Systems of creation: the emergence of life from nonliving matter. *Accounts of chemical research*, 45(12), 2131-2141.
- Marcos, A.,F. (1996). *Aristóteles y otros animales: Una lectura filosófica de la biología aristotélica*. PPU.
- Margulis, L. (1986). *El origen de la célula*. Reverté.
- Mariscal, C. y Doolittle, W. F. (2020). Life and life only: A radical alternative to life definitionism. *Synthese*, 197(7), 2975-2989.
- Maturana Romesín, H. y Varela, F. J. (2004). *De máquinas y seres vivos: Autopoiesis : La organización de lo vivo* (6ª ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Mayr, E. (2010). What is the meaning of life? In Bedau, Mark A. y Cleland E, Carol (Ed.), *The nature of life* (Cambridge University Press ed., pp. 88-102). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayr, E. (2010). What is the meaning of life? In Bedau, M. A., & Cleland, C. E. (Ed.), *The nature of life* (pp. 88-101) Cambridge University Press.

- McKay, D. S., Gibson Jr., E. K., Thomas-Keprta, K., Vali, H., Romanek, C. S., Clemett, S. J., . . . Zare, R. N. (1996). Search for past life on mars: Possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH84001. *Science*, 273(5277), 924-930. doi:10.1126/science.273.5277.924
- Mix, L. J. (2014). Proper activity, preference, and the meaning of life. *Philosophy and Theory in Biology*, 6(20160405) doi:10.3998/ptb.6959004.0006.001
- Monod, J. y Lerín, F. F. (1999). *El azar y la necesidad*. Círculo de Lectores.
- Moreira, D. y López-García, P. (2009). Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. *Nature Reviews Microbiology*, 7(4), 306-311.
- Moreno, Á. y Fernández, J. (1997). Definición de vida y universalización de la biología. *Arbor*, 158(621), 103-114.
- Morrow, S. M., Colomer, I. y Fletcher, S. P. (2019). A chemically fuelled self-replicator. *Nature communications*, 10(1), 1-9.
- Navarro-González, R., Navarro, K. F., José de la Rosa, Iñiguez, E., Molina, P., Miranda, L. D., . . . McKay, C. P. (2006). The limitations on organic detection in mars-like soils by thermal volatilization-gas chromatography-MS and their implications for the viking results. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(44), 16089-16094. doi:10.1073/pnas.0604210103
- Negron Mendoza, A. (1994). *Alfonso L Herrera: A mexican pioneer in the study of chemical evolution*. International Atomic Energy Agency (IAEA): Retrieved from http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:26045697

- Nicolis, G. y Prigogine, I. (1994). *La estructura de lo complejo*. Alianza Universidad,
- Okasha, S. (2002). Darwinian metaphysics: Species and the question of essentialism. *Synthese*, 131(2), 191-213. doi:10.1023/A:1015731831011
- Pace, N. R. (2001). The universal nature of biochemistry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(3), 805-808. doi:10.1073/pnas.98.3.805
- Pascal, R., Pross, A. y Sutherland, J. D. (2013). Towards an evolutionary theory of the origin of life based on kinetics and thermodynamics. *Open biology*, 3(11), 130156.
- Peng, S. (2015). Silicon-based life in the solar system. *Silicon*, 7(1), 1-3. doi:10.1007/s12633-014-9254-7
- Peretó, J., Bada, J. L. y Lazcano, A. (2009). Charles Darwin and the origin of life. *Origins of life and evolution of the biosphere : the journal of the International Society for the Study of the Origin of Life*, 39(5), 395-406. <https://doi.org/10.1007/s11084-009-9172-7>
- Peretó, J. y Moreno, A. (2013). ¿Qué es la vida? de Erwin Schödinger ¿Vale la pena leerlo? *Revista De La Sociedad Española De Bioquímica y Biología Molecular*, (175), 7-9.
- Popa, R. (2004). *Between necessity and probability: Searching for the definition and origin of Life*. *Advances in astrobiology and biogeophysics* Springer Science & Business Media.
- Popa, R. (2012). Merits and caveats of using a vocabulary approach to define life. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 607-608.

- Porcar, M. y Peretó, J. (2012). Are we doing synthetic biology? *Systems and Synthetic Biology*, 6(3-4), 79-83.
- Putnam, H. (1975). The meaning of 'meaning'. *Philosophical Papers*, 2
- Putnam, H. (1981). *Reason, truth and history*. Cambridge University Press.
- Putnam, H. (1994). *Las mil caras del realismo* (Pensamiento Contemporáneo 31). Paidós.
- Putnam, H. (2000). *Sentido, sinsentido y los sentidos* [The Dewey Lectures 1994: Sense, Nonsense and the Senses: An Inquiry into the Powers of the Human Mind] (N. B. Goethe Trans.). Paidós.
- Putnam, H. y Acero, J. J. (1985). ¿Es posible la semántica? *Teorema: Revista Internacional De Filosofía*, 15(1/2), 131-145.
- Quine, W. V. O. (1969). *Ontological relativity and other essays*. Columbia University Press.
- Raoult, D. y Forterre, P. (2008). Redefining viruses: Lessons from mimivirus. *Nature Reviews Microbiology*, 6(4), 315-319.
- Razeto-Barry, P. y Ramos-Jiliberto, R. (2013). ¿Qué es la autopoiesis? . *Autopoiesis. un concepto vivo* (pp. 27-57). Santiago: Universitas Nueva Civilización.
- Real Academia Española. (2019). Diccionario de la lengua española. Retrieved from <<https://dle.rae.es>>
- Rescher, N. y González, W. J. (1999). *Razón y valores en la era científico-tecnológica*. Ediciones Paidós.

- Reydon, T. A. (2009). How to fix kind membership: A problem for HPC theory and a solution. *Philosophy of Science*, 76(5), 724-736.
- Root-Bernstein, R. (2012a). Defining life: Products or processes? *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 631-632.
- Root-Bernstein, R. (2012b). A modular hierarchy-based theory of the chemical origins of life based on molecular complementarity. *Accounts of Chemical Research*, 45(12), 2169-2177. doi:10.1021/ar200209k
- Rosen, R. (1993). La pregunta de schrödinger: ¿qué es la vida? cincuenta años después. *Llull: Revista De La Sociedad Española De Historia De Las Ciencias y De Las Técnicas*, 16(30), 285-312.
- Ruiz, M. J. F. y Umerez, J. (2018). Dealing with the changeable and blurry edges of living things: A modified version of property-cluster kinds. *European Journal for Philosophy of Science*, 8(3), 493-518.
- Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J. y Moreno, A. (2004). A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 34(3), 323-346. doi:10.1023/B:ORIG.0000016440.53346.dc
- Russell, B. (2009). *Human knowledge: Its scope and limits*. Routledge.
- Sarma, R. H. (2012). A Conversation on Definition of Life. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29 (4),597-598.
- Schrödinger, E. (1983). *¿Qué es la vida?* (R. Guerrero Trans.). (sexta ed.) Tusquets.

- Schuerger, A. y Clark, B. (2008). Viking biology experiments: Lessons learned and the role of ecology in future mars life-detection experiments. *Space Science Reviews*, 135(1-4), 233-243. doi:10.1007/s11214-007-9194-2
- Schulze-Makuch, D. y Irwin, L. N. (2006). The prospect of alien life in exotic forms on other worlds. *Naturwissenschaften*, 93(4), 155-172.
- Serrano Bosquet, F. (2011). El reduccionismo fisicalista en la obra biológica de linus pauling. *THÉMATA.Revista De Filosofía*, 0(44)
- Serrano, M. A. G., Bonet, A., García-Berlanga, O. M., Lumbreras, E. L. y Peña, J. (2005). Demografía del endemismo valenciano *limonium perplexum* L. sáez & rosselló (plumgabinaceae). *Flora Montiberica*, (30), 9-14.
- Slater, M. (2015). Natural kindness. *British Journal for the Philosophy of Science*, 66(2), 375-411.
- Smith, K. (2018). Life as adaptive capacity: Bringing new life to an old debate. *Biological Theory*, 13(2), 76-92. doi:10.1007/s13752-017-0292-4
- Soler, J. (2019). Defining life as a non-essentialist natural kind. *Quaderns de Filosofia*, 6 (2), 27- 41.
- Solomon, E. P., Berg, L. R. y Martin, D. W. (2008). *Biología* (8ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Spitzer, J., Pielak, G. J. y Poolman, B. (2015). Emergence of life: Physical chemistry changes the paradigm. *Biology direct*, 10(1), 33.

- Stotz, K., Griffiths, P. E. y Knight, R. (2004). How biologists conceptualize genes: An empirical study. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 35(4), 647-673.
- Suárez, J. (2015). El mecanismo evolutivo de Margulis y los niveles de selección. *Contrastes: Revista Internacional De Filosofía*, 20(1), 101-118. doi: 10.24310/Contrastescontrastes.v20i1.2298
- Szostak J. W. (2012a). Attempts to define life do not help to understand the origin of life. *Journal of Biomolecular Structure & Dynamics*, 29(4), 599-600. doi:https://doi.org/10.1080/073911012010524998
- Szostak, J. W. (2012b). Attempts to define life do not help to understand the origin of life. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 599-600.
- Tang, B. L. (2012). A minimal or concise set of definition of life is not useful. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 613-614.
- Tirard, S., Morange, M. y Lazcano, A. (2010). The definition of life: A brief history of an elusive scientific endeavor. *Astrobiology*, 10(10), 1003-1009.
- Tobin, E. (2017). Mechanisms and natural kinds. In S. Glennan y P. Illari (Eds.), *The routledge handbook of mechanisms and mechanical philosophy* (pp. 198-210) Taylor & Francis.
- Torres, J. (2011). Esencialismo, valores epistémicos y conceptos de especie (essentialism, epistemic values and species concepts). *THEORIA. Revista De Teoría, Historia y Fundamentos De La Ciencia*, 26(2), 177-193.

- Trifonov, E. N. (2012). Author response definition of life: Navigation through uncertainties. *J.Biomol.Struct.Dynamics*, (4)
- Trifonov, E. N. (2011). Vocabulary of definitions of life suggests a definition. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(2), 259-266. doi:10.1080/073911011010524992
- Van Zuilen, M. (2008). Stable isotope ratios as a biomarker on mars. *Space Science Reviews*, 135(1), 221-232. doi:10.1007/s11214-007-9268-1
- Villarreal, L. P. y Witzany, G. (2010). Viruses are essential agents within the roots and stem of the tree of life. *Journal of Theoretical Biology*, 262(4), 698-710.
- Vitas, M. y Dobovišek, A. (2019). Towards a General Definition of Life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 49(1-2), 77-88.
- Wasenberg, J. (1983). Presentación de ¿Qué es la vida? ¿Qué es la vida (1983rd ed., pp. 7-9) Tusquets.
- Weber, B. (2010). What is life? defining life in the context of emergent complexity. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 40(2), 221-229. doi:10.1007/s11084-010-9203-4
- Weber, B. H. (2007). Emergence of life. *Zygon*, 42(4), 837-856. doi:10.1111/j.1467-9744.2007.00876.x
- Weber, B. y Deacon, T. (2000). Thermodynamic cycles, developmental systems, and emergence. *Cybernetics & Human Knowing*, 7(1), 21-43.
- Wilson, R. A. (1996). Promiscuous realism. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 47(2), 303-316.

Woese, C., Kandler, O. y Wheelis, M. (1990). Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(12), 4576-4579.

Yeong, F. M. (2012). The complexity of life: Can life be simply defined? *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29(4), 617-618.

Zhang, Y., Ptacin, J. L., Fischer, E. C., Aerni, H. R., Caffaro, C. E., San Jose, K., . . . Romesberg, F. E. (2017). A semi-synthetic organism that stores and retrieves increased genetic information. *Nature*, 551(7682), 644-647.

