

¿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

Antonio Diéguez

Universidad de Málaga
<dieguez@uma.es>

Resumen

Existen en la actualidad diversas definiciones de 'vida', sin que sea previsible un consenso acerca de ellas. No sólo hay desacuerdo sobre los rasgos concretos que deberían exigirse para poder hablar de vida, sino que también lo hay acerca del tipo de definición que pueda darse. Tras una revisión de las tendencias principales en este problema, se discute la posibilidad de que la vida sea un género natural y se argumenta que podría ser considerada como tal si asume la propuesta de entender los géneros naturales como agrupaciones homeostáticas de propiedades en lugar de como clases definidas mediante una esencia.

Palabras clave: vida, autorreplicación, metabolismo, vida artificial, género natural.

Abstract

There exist at present several definitions of 'life', and consensus over them is not foreseeable. The disagreement is not only about the concrete features to be demanded in order to attribute life to a particular being, but also about the kind of definition to be proposed. After reviewing the main trends concerning this problem, the possibility that life might be a natural kind is discussed. It is argued that life could be easily considered as a natural kind if the proposal of understanding them as homeostatic clusters of properties –and not as classes defined by an essence– is accepted.

Key words: life, self-replication, metabolism, artificial life, natural kind.

La pretensión de ofrecer una definición correcta de lo que es la vida, o una caracterización de en qué consiste estar vivo, no ha sido una ocupación bien mirada, y mucho menos central, dentro de la biología. Hasta tal punto es así que hay quien ha considerado (Sober, 1996) que la biología no tiene nada que decir al respecto. Habría que añadir que tampoco ha sido hasta ahora una preocupación que despertara un excesivo interés en el seno de la filosofía, con alguna excepción, como la propiciada por la discusión sobre el vitalismo a comienzos del siglo xx. Pero las cosas cambian. El 19 de agosto de 2007, una noticia fechada en Washington por *Associated Press*, comenzaba del siguiente modo melodramático, que parece no ser exclusivo de la prensa española: “Los científicos buscan la definición de ‘vida’. Los filósofos que luchan con las grandes preguntas de la vida ya no están solos. Ahora los científicos luchan también por definir la vida ya que la manipulan, la buscan en otros planetas o incluso la crean en tubos de ensayo [sic]”¹.

Y lo cierto es que no le falta algo razón al periodista que redactó la noticia, aunque podía haberla publicado mucho antes. A partir de la década de los 80, las investigaciones realizadas en el campo de la llamada “Vida Artificial”, los estudios sobre el origen de la vida y la posibilidad de encontrar vida en Marte o en otros planetas (posibilidad tomada muy en serio por nuevas disciplinas, como la astrobiología o exobiología) han traído a primer plano, para satisfacción de unos e inquietud de otros, este laberíntico problema. ¿Qué es lo esencial y qué es lo accidental en un ser vivo? ¿Qué nos permitiría reconocer que estamos ante un ser vivo, aunque fuera en los estadios iniciales de la evolución? O expresado en términos más cercanos y también más espectaculares ¿Qué características de las

que posee un ser vivo del planeta Tierra deben estar presente en cualquier otro ser extraterrestre para que podamos considerarlo como un ser vivo? ¿Es la vida el resultado de una peculiar combinación de circunstancias especiales, quizá única en el Universo, o su posibilidad física es muy abierta? Estas son preguntas que vuelven hoy a preocupar a algunos biólogos y a no pocos filósofos de la biología. Después de todo, estas cuestiones, aún a medio camino entre la filosofía y la ciencia (cf. Ruse, 1997), han comenzado a ser preguntas que pueden encontrar algunas respuestas con base experimental y algunas aplicaciones prácticas.

Acabamos de mencionar como acicate de este resurgimiento de la cuestión el despegue de los estudios sobre Vida Artificial. Aclaremos a qué se dedica esta disciplina ya que algunas de sus aportaciones nos servirán para perfilar ciertos aspectos del problema. La Vida Artificial es el estudio de la vida mediante la modelización en ordenador y el uso de conceptos informacionales (cf. Boden (ed.), 1996, p. 1). Así como en el campo de la Inteligencia Artificial el objetivo es crear máquinas (ordenadores) que puedan desempeñar tareas tales que cuando las desempeña un ser humano decimos que requieren inteligencia, en la Vida Artificial el objetivo es crear programas informáticos que manifiesten características propias de los seres vivos. Esos programas servirán así para contrastar mediante ellos hipótesis específicas acerca de la vida en general.

En este campo, de forma análoga a lo que sucede en el campo de la Inteligencia Artificial, hay una versión “débil” y una versión “fuerte”. La versión débil en Inteligencia Artificial mantiene que los ordenadores son un buen instrumento para estudiar la mente humana porque hay ciertas características comunes que permiten

1. Puede verse la noticia en: <http://news.moneycentral.msn.com/provider/providerarticle.aspx?feed=AP&Date=20070819&ID=7343389>.

poner a prueba mediante el ordenador algunas hipótesis acerca de la mente. La versión fuerte, en cambio, mantiene que el cerebro es en sí mismo un cierto tipo de ordenador digital y la mente es su programa (cf. Searle, 1985, p. 33). Para la versión fuerte, tener una mente no es algo que dependa del material del que se está hecho, sino de la disposición funcional de dicho material, de modo que si puede decirse que en el cerebro humano se dan procesos mentales, también podría decirse de un ordenador suficientemente complejo y adecuadamente programado o estructurado. Si su *output* es indistinguible del cerebro de un ser inteligente, como el ser humano, entonces también podemos decir de tal ordenador que es inteligente.

Trasladando esto al campo de la Vida Artificial, la versión débil mantendría que los ordenadores, y en especial ciertos programas que simulan la vida, son útiles para poner a prueba hipótesis biológicas (lo que desde luego a estas alturas nadie discutirá), mientras que la versión fuerte mantendría que, de hecho, algunos de esos programas (como el conocido programa TIERRA, de Thomas Ray), más que simular vida, están vivos realmente; exhiben una nueva forma de vida. La convicción, análoga a la de la Inteligencia Artificial fuerte, que está en la base de esta tesis es que la vida no depende del material del que un ser esté hecho, sino de sus propiedades funcionales; por tanto, si un sistema artificial presenta todas las características de la vida, entonces está vivo.

Así pues, para los investigadores que trabajan en este campo y que asumen la versión fuerte, las características definitorias de la vida no pueden basarse en los aspectos materiales de los seres vivos, sino en sus aspectos formales. La vida no es una cuestión de poseer o no determinadas moléculas complejas, sino de cómo se está organizado y qué tipo de procesos estructurales se tienen. Como en el caso de la Inteligencia Artificial, no es la sustancia lo que importa, sino la organización. La vida es la *forma* (podríamos decir incluso, la *forma lógica*) que

tienen determinados procesos, no la *materia* que interviene en ellos. Además, consideran que la biología sintética (por oposición a la analítica) que debe surgir a partir de este enfoque estudiaría la vida en sus diversas alternativas teóricas posibles, en lugar de limitarse, como ha hecho la biología analítica, al estudio de la vida tal como es de hecho sobre el planeta Tierra. Tal biología sintética sería una ciencia no acerca de la vida tal como la conocemos, sino acerca de toda vida posible. Sólo así podríamos, según estos investigadores, dotar a la biología de un rango científico comparable al de la física, pues dejaría de estar circunscrita al estudio de un caso particular, que podría ser peculiar en extremo, y se abriría la posibilidad de alcanzar teorías universales; es decir, podría dar comienzo una auténtica biología universal (cf. Langton, 1989/1996 y Emmeche, 1998). Como señala Langton (1989/1996, p. 39), “puesto que es bastante improbable que en el futuro se nos presenten por sí mismos para su estudio organismos basados en químicas físicas diferentes [a la de cadenas de carbono], nuestra única alternativa es intentar nosotros sintetizar formas de vida”. No entraremos aquí a juzgar estas tesis. Nos limitaremos solo a tomar la posibilidad de vida artificial como un punto de referencia útil para articular un concepto adecuado de vida.

Debemos aclarar ante todo que no hay una definición de vida unánimemente aceptada y que puede acudirse a distintos criterios para ensayar una definición. De hecho, como dijimos antes, una buena parte de los biólogos –si hacemos salvedad de los dedicados a la exobiología, al estudio de la posibilidad de vida extraterrestre– no ha considerado hasta ahora que proporcionar una definición de vida sea posible o siquiera útil para la biología. A lo sumo admiten la relación de una serie de características que suelen encontrarse en los seres vivos, sin que por ello deban considerarse manifestaciones de una supuesta esencia de la vida o propiedades necesarias y suficientes de la misma (cf. Emmeche, 1997). Por otra parte, los autores que se han interesado

por la cuestión han proporcionado una gran variedad de definiciones, a veces muy distantes unas de otras. Radu Popa, al final de un documentado y extenso estudio sobre el tema (Popa, 2004), recoge casi un centenar de definiciones diferentes, la mayor parte de las cuales se han formulado en los últimos años.

Los requisitos mínimos que las definiciones más escuetas (*cf.* Barrow & Tipler, 1996, p. 515; Ray, 1992/1996; Bedau, 1998) suelen exigir para decidir si una determinada entidad está viva son dos:

- a) Capacidad para autorreplicarse.
- b) Capacidad para evolucionar de forma abierta.

Ahora bien, si interpretamos que la capacidad para autorreplicarse es poseída incluso por aquellas entidades que para hacerlo necesitan de la maquinaria energética o de elementos materiales de otras entidades (y debemos tener en cuenta que cualquier organismo con reproducción

sexual, y en particular el macho, necesita tales cosas para autorreplicarse), entonces estas dos condiciones no sólo permitirían considerar a los virus como organismos vivos, sino también a algunas macromoléculas, como el ADN y el ARN, e incluso a los organismos virtuales de la Vida Artificial (por no mencionar a los ‘memes’ o unidades de herencia cultural, postulados por Richard Dawkins), lo cual choca con lo que habitualmente se acepta entre los biólogos². Además, está el hecho bien conocido de que algunos organismos que consideramos vivos no pueden autorreplicarse ni siquiera con la colaboración de otros organismos, como es el caso de los híbridos estériles o de algunos individuos entre los insectos sociales (aunque, como señalan Barrow & Tipler [1996, p. 13], sí lo hagan sus células componentes)³. Pero hay algunos problemas adicionales con esta definición mínima que la inhabilitan como definición de utilidad en la búsqueda de nuevas formas de vida. Una primera dificultad que

2. Evidentemente, ninguno de los entes mencionados en estos ejemplos tiene capacidad estricta para autorreplicarse, sino que necesitan de otros organismos, de un medio favorable o de un soporte físico, como un ordenador, para hacerlo. Pero, puestos a ser estrictos, tampoco un organismo con reproducción sexual tiene capacidad para autorreplicarse por sí mismo. Necesita un individuo del otro sexo. Lo importante aquí es que, por ejemplo, los virus no tienen metabolismo propio, sino que aprovechan el de la célula que infestan y están en la frontera de lo que consideramos como vida. La cuestión de si son o no seres vivos genera entre los biólogos cierta división (*cf.* Villarreal, 2005). (Obsérvese que casi todas las definiciones que citaremos dejarían a los virus fuera de la categoría de seres vivos, especialmente la más específica de Ruiz-Mirazo, Paretó & Moreno Bergareche, 2004). Margulis y Sagan se han expresado nitidamente al respecto: “En nuestra opinión los virus no están [vivos]. No son autopoieticos. Demasiado pequeños para automantenerse, no metabolizan. [...] Los virus biológicos se reproducen en sus hospedadores del mismo modo en que los virus digitales se reproducen en los ordenadores. Sin un ser orgánico autopoietico, un virus biológico es una simple mezcla de componentes químicos; sin un ordenador, un virus digital es un mero programa. [...] Al igual que el lenguaje, la molécula de ADN o los programas de ordenador, los virus mutan y evolucionan; pero en sí mismos son a lo sumo zombis químicos. La célula es la unidad más pequeña de vida” (Margulis y Sagan, 2000, p. 18). Una opinión contraria puede encontrarse en Barrow & Tipler (1996, p. 511 y ss.). Su caracterización de la vida, basada exclusivamente en la autorreproducción y en la evolución (en concreto en la “autorreproducción con corrección de errores”), les lleva, en efecto, a considerar vivos a los virus; pero, en lo que no cabe ver sino como una reducción al absurdo de este planteamiento, llegan a atribuir vida a los automóviles, ya que estos contienen información que puede reproducirse a través de un mecánico (que desempeñaría un papel análogo al que la célula hospedadora representa para un virus) y modificarse por la competencia entre los distintos modelos de las empresas automovilísticas (competencia que desempeñaría el papel de la selección natural).

3. Vera M. Kolb (2007) intenta responder a esta cuestión distinguiendo entre la vida como fenómeno y la vida como una propiedad de los organismos individuales. En el primer caso es necesaria la autorreproducción (o reproducción) como característica definitoria, pero no habría que exigírsela a todos los individuos, sino sólo a algunos. En el segundo caso, no debería considerarse la autorreproducción como una característica esencial para estar vivo. La solución que presentamos al final del artículo podría, sin embargo, resolver mejor la cuestión.

surge de considerar la capacidad de evolucionar como el rasgo definitorio de la vida es que, para algunos biólogos, las formas más primitivas de vida pudieron no haber tenido esa capacidad de evolución en sentido darwiniano, en la medida en que carecerían de un sistema de transmisión particulada de la herencia (cf. Boden, 1999 y Cleland & Chyba, 2002). Otros consideran problemático definir la vida por una capacidad cuya realización en un ente concreto no podría establecerse más que en un momento futuro indeterminadamente lejano (cf. Fleischer, 1990). Finalmente, puede argüirse que esta caracterización sólo es aplicable a grupos de organismos, pero no a organismos individuales, ya que los individuos no evolucionan, sólo viven o mueren. Las que evolucionan son las poblaciones.

Una lista más larga y matizada de condiciones para afirmar que estamos ante un ser vivo –que parece capaz de superar en parte los problemas que acabamos de señalar– es la proporcionada por Farmer & Belin (1992):

1. Posesión de una configuración espacio-temporal. Las moléculas y las células de un organismo son reemplazadas constantemente, pero la estructura espacio-temporal se mantiene.
2. Capacidad de autorreproducción (o procedencia de un proceso de reproducción, como en el caso de los híbridos estériles).
3. Almacenamiento de información para una autorrepresentación.
4. Posesión de un metabolismo, es decir, de procesos de intercambio de materia con el entorno sin cambiar por ello sus propiedades generales.
5. Interacción funcional con el entorno ambiental. Adaptación al ambiente, pero también creación y control de ambientes locales.

6. Interdependencia entre las partes, lo que significa que los organismos pueden morir.
7. Estabilidad dinámica frente a las perturbaciones, lo que permite la preservación de la forma y la organización en un medio cambiante.
8. Capacidad de evolucionar a través del linaje.

Como puede observarse, los virus (tanto biológicos como informáticos) quedan excluidos por no poseer metabolismo; los híbridos estériles y los insectos sociales que no se reproducen quedan incluidos por proceder de un proceso reproductivo; y la capacidad de evolucionar se atribuye a todo el linaje de un organismo.

Por su parte, el conocido manual de Zoología de Hickman, Roberts & Larson (1998) se decanta por los siguientes rasgos definitorios de los seres vivos:

- (1) Exclusividad química: poseen una organización molecular exclusiva y compleja.
- (2) Complejidad y organización jerárquica: macromoléculas, células, organismos, poblaciones y especies. Las propiedades de un nivel no pueden obtenerse a partir del conocimiento de las partes componentes (propiedades emergentes).
- (3) Capacidad de autorreproducción, con los fenómenos aparejados de la herencia y la variación.
- (4) Posesión de un programa genético que garantiza la fidelidad de la herencia (código genético).
- (5) Posesión de un metabolismo mediante el que extraen nutrientes de su entorno.
- (6) Posesión de un ciclo de desarrollo característico.
- (7) Interacción con el entorno ambiental.

Es fácil apreciar que estas dos caracterizaciones se parecen mucho entre sí. En concreto,

coinciden en la atribución a la vida de los siguientes rasgos:

- a) Orden estructural jerarquizado y organización compleja mantenidos durante un tiempo. [Aparecen asumidos en 1, 6, 7 de la primera caracterización y (1) y (2) de la segunda].
- b) Capacidad autorreproductiva con producción de variaciones heredables, lo cual implica capacidad de evolución. [Asumida en 2 y (3)].
- c) Almacenamiento de información en un programa genético. [Asumido en 3 y (4)].
- d) Posesión de un metabolismo. [Asumido en 4 y (5)].
- e) Interacción con el medio ambiente. [Asumido en 5 y (7)].

Obsérvese que, si dejamos de lado el hecho de que la primera caracterización menciona explícitamente la capacidad para evolucionar en tanto que la segunda lo hace sólo de forma implícita, la única diferencia significativa entre ambas es que la segunda hace referencia a la posesión de un desarrollo ontogenético propio, cosa que no hace la primera. Por tanto, las coincidencias entre ellas son bastante notables, aunque la segunda quizás supera de forma más airosa los problemas que hemos señalado en la caracterización mínima inicial. Obsérvese también que las características anteriores podrían reducirse en última instancia a la (a) y la (b), ya que (a) está relacionada con (d), y (b) está relacionada con (c) y (e). Volveremos sobre esto.

Es muy significativo, por otra parte, que ninguna de las dos haga referencia a la materia de la que está compuesta la vida tal como la conocemos: las macromoléculas formadas por largas cadenas de carbono (fundamentalmente proteínas y ácidos nucleicos), y ello pese al hecho de que, por lo que nos dice la bioquímica,

ningún otro elemento, ni siquiera el silicio, podría servir de base para formar cadenas tan complejas, versátiles y, al mismo tiempo, estables; siendo además el silicio diez veces menos abundante en el universo que el carbono⁴. Aunque éste es un requisito cada vez más aceptado, no todas las definiciones de vida disponibles omiten, sin embargo, la referencia a los componentes materiales de los que consta la vida en la Tierra. Y, como veremos a continuación, no está tan claro que en el concepto de metabolismo no esté implícita esa referencia, por indirectamente que sea.

Por influencia de Schrödinger (1944) y, más recientemente, de Prigogine (1980), también es frecuente encontrar la caracterización de los seres vivos como *sistemas alejados del equilibrio termodinámico*, es decir, sistemas capaces de mantenerse con baja entropía y, por tanto, portadores de gran cantidad de información. Los seres vivos crean orden a partir del desorden. Crean y mantienen una estructura ordenada, consumiendo para ello energía e intercambiando materia con su entorno. Esta es una definición de vida que ha alcanzado una popularidad creciente. El problema con ella es que –a no ser que se introduzcan ulteriores precisiones– esta propiedad no es exclusiva de los seres vivos, y por tanto no serviría por sí sola para definirlos. Hay sistemas puramente físicos que se mantienen alejados del equilibrio termodinámico de forma semejante (por ejemplo, una estrella, o un tornado). Estas ulteriores precisiones que suelen añadirse van normalmente encaminadas a señalar que el modo en que los seres vivos se mantienen alejados del equilibrio termodinámico es mediante determinados procesos metabólicos. Con ello, sin embargo, el punto de atención se desliza precisamente a estos procesos. Esta caracterización de la vida termina, pues, por ser una modalidad de uno

4. Puede encontrarse una descripción breve y amena de esta importante cuestión en la siguiente página de divulgación del Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México: http://www.geofisica.unam.mx/divulgacion/chismes/Chismes_5.pdf.

de los dos grandes enfoques que mencionaremos a continuación.

Un intento interesante de proporcionar una definición puramente formal de vida que vaya al *núcleo esencial* de la misma y que sirva expresamente no sólo para los organismos terrestres sino también para una hipotética vida extraterrestre ha sido el de Bernard Korzenievski (2001). Korzenievski cree que la cibernética puede proporcionar el instrumental conceptual necesario para hacer tal cosa. Los seres vivos, por un lado, poseen una gran cantidad de mecanismos regulatorios en niveles muy diferentes que tienen como finalidad mantener constante el valor de un parámetro (por ejemplo, la elevada concentración de un aminoácido bloquea su producción, una baja concentración de ATP estimula la producción de más ATP, la síntesis de las proteínas está ajustada al ritmo de su descomposición, la insulina y el glucagón son hormonas que funcionan como señales antagonistas para mantener el nivel de glucosa en sangre, etc.). Todos ellos, desde un punto de vista cibernético, son mecanismos de feedback negativo. Y todos ellos están subordinados a un “propósito” o fin superior: el mantenimiento de la identidad del individuo, el cual a su vez está subordinado al fin de la reproducción. Ahora bien, la reproducción es un mecanismo de feedback positivo: cuantos más individuos haya reproduciéndose, mayor será la tasa de reproducción (crecimiento exponencial). De ahí que la propuesta de definición de Korzenievski sea la siguiente: un ser vivo es “un sistema de feedbacks negativos inferiores subordinado a un feedback positivo superior” (Korzenievski, 2001, p. 278).

Pese al interés de esta propuesta, es quizás demasiado abstracta para ser de utilidad al biólogo, y no digamos al exobiólogo. Por otra parte, hay entidades no vivas que pueden encajar en esta definición. Popa (2004, p. 5)

señala que no sólo los virus lo harían (lo cual para algunos no sería una dificultad), sino también las formaciones nubosas, los líquidos en el punto de ebullición, el fuego, los remolinos en un fluido, las extrusiones magmáticas o las elevaciones de las placas tectónicas. Todos ellos serían sistemas regulados por feedbacks negativos que les mantienen dentro de ciertos valores, dados los recursos disponibles, y que están subordinados al feedback positivo de su propagación. El caso del fuego es particularmente ilustrativo. Pero puede añadirse un ejemplo aún más claro: un robot capaz de autorregular el estado de sus componentes y de construir otros robots igual a él estaría vivo según esta definición. No descarto que en el futuro el concepto de vida se transforme para incluir a un robot así (caso de que exista alguna vez), pero por el momento sospecho que pocos estarían dispuestos a forzar el concepto para hacerlo⁵.

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 (*cf.* Maynard Smith, 1987, p. 24; Moreno Bergareche & Umerez, 1994; y Fernández Ostolaza & Moreno Bergareche, 1997, pp. 18-19).

5. Sin embargo, de nuevo a contracorriente, Barrow & Tipler (1996, p. 521) consideran que una máquina autorreproductiva estaría viva.

El enfoque informacional centra su concepto de vida en aspectos informacionales del ser vivo⁶ que aparecen implicados en la reproducción de su organización compleja (información almacenada que puede ser replicada) y, por tanto, ve como características fundamentales de los seres vivos los mecanismos de variación y herencia, los cuales a su vez posibilitan su evolución proporcionándoles adaptación al medio. Sin embargo, este enfoque permanece mudo ante un hecho fundamental: esa organización compleja, además de replicarse mediante un proceso que implica la codificación y el procesamiento de una cierta cantidad de información, ha de poder mantenerse a sí misma en el tiempo, y es en ello precisamente en lo que se centra el enfoque auto-organizativo. Este segundo enfoque tiene como versión más conocida la teoría de la autopoiesis que formularon Maturana & Varela en los años 70, según la cual los organismos vivos son sistemas autopoieticos, es decir, sistemas capaces de construirse y regenerarse a sí mismos, de producir de forma autónoma sus propios componentes, los cuales forman ellos mismos parte de la red que los produce (Maturana & Varela, 1996). Así los define Francisco Varela:

Un sistema autopoietico –la mínima organización viviente– es aquél que continuamente produce los componentes que lo especifican, mientras que al mismo tiempo se constituye como una unidad concreta en el espacio y en el tiempo que posibilita la red de producción de componentes. Definido de forma más precisa: Un sistema autopoietico está organizado (definido como una unidad) como una red de procesos de producción (síntesis y destrucción) de componentes tales que estos componentes:

1. regeneran y realizan la red que los produce, y
2. constituyen el sistema como una unidad distinguible en el dominio en que existe (Varela 1997, p. 75).

6. Claus Emmeche (1998, p. 40) escribe: “Si la vida es forma [como sostiene la Vida Artificial], es formas de comunicación: la vida es información”.

Varela considera además que la característica en la que pone el énfasis el enfoque alternativo, es decir, la reproducción, es en realidad una característica secundaria de la vida:

Asumo aquí la tesis de que la reproducción no es intrínseca a la lógica mínima de la vida. La reproducción debe ser considerada como una complejificación adicional sobreimpuesta a una identidad más básica, la de una unidad autopoietica. Una complejificación que es necesaria debido a las constricciones de las condiciones primitivas en un planeta turbulento. Es aquí donde clases determinadas de moléculas, como los ácidos nucleicos, juegan un papel fundamental. La reproducción es esencial para la viabilidad a largo plazo de la vida, pero sólo cuando hay una identidad puede una unidad reproducirse. En este sentido la identidad tiene una prioridad lógica y ontológica sobre la reproducción, aunque no tenga una precedencia histórica (Varela, 1997, p. 76).

El autor que más ha hecho por desarrollar en los últimos años el enfoque auto-organizativo es Stuart Kauffman, especialmente en sus obras *The Origins of Order* (1993) y *At Home in the Universe* (1995).

En el enfoque auto-organizativo la característica que se destaca en los seres vivos es la de la complejidad automantenida y, por tanto, el *metabolismo*. La vida es un proceso continuo de autoconstrucción metabólica. Como escriben Lynn Margulis y Dorion Sagan en apoyo de este enfoque:

Cada cinco días uno tiene una nueva pared estomacal. Cada dos meses un nuevo hígado. La piel es reemplazada cada seis meses. Cada año, el 98 por ciento de los átomos del cuerpo es reemplazado. Este incesante reemplazo químico, el metabolismo, es un signo seguro de la vida.

Y añaden poco después:

El ADN es una molécula incuestionablemente importante para la vida sobre la Tierra, pero la

molécula misma no está viva. Las moléculas de ADN se replican, pero no metabolizan y no son autopoieticas. La replicación no es ni de lejos una característica tan fundamental de la vida como la autopoiesis (Margulis & Sagan, 2000, pp. 17 y 18)⁷.

Ahora bien, en principio, este enfoque deja fuera cualquier referencia a los mecanismos de la herencia que posibilitan la evolución por selección natural, y ello representa su principal limitación. Sería así al menos concebible un ser vivo tan extraño como el que aparece en la novela *Solaris*, de Stanislaw Lem: un enorme océano gelatinoso, activo, cambiante e inteligente, que cubre todo un planeta y que es capaz de auto-mantenimiento y desarrollo, pero no de reproducción (ni de evolución darwiniana). Nada hay ciertamente en el enfoque auto-organizativo que excluya esta posibilidad. Por otra parte, y ésta sería una segunda limitación, el concepto de autonomía y de auto-organización es menos claro de lo que parece. Como señalan Barrow & Tipler (1996, p. 520), la autonomía posee grados. Un ser humano no es capaz de sintetizar todos los aminoácidos y vitaminas que necesita, pero muchas bacterias sí pueden. ¿Cuál debe ser el grado de autonomía o de auto-organización necesario para considerar vivo a un ente determinado? Puestos de nuevo a ser estrictos, ningún organismo es completamente autónomo. Necesita de otros organismos y de ciertas condiciones ambientales para autoconstruirse. La autopoiesis, en la realidad, es más una red de relaciones constructivas que condicionan y modulan los resultados obtenidos que una labor autónoma de organismos frente a un ambiente. Podríamos decir, por ejemplo, que la unidad autopoietica relativa al ser humano no es el ser humano como tal, sino que incluye a otros organismos, como las bacterias, hongos y protozoos

que componen la biota intestinal, sin los cuales no sería posible o se vería muy dificultada su autoconstrucción.

Como vemos, para unos investigadores tenemos vida sólo cuando podemos encontrar estructuras que se autorreplican, para otros tenemos vida cuando encontramos estructuras que se automantienen metabólicamente. Estas dos formas fundamentales de entender la vida pueden apreciarse igualmente en el debate sobre el origen de la vida. De hecho, se corresponden de forma casi exacta con las dos principales corrientes que existen acerca del origen de la vida. De acuerdo con algunos biólogos y químicos, como Manfred Eigen, Peter Schuster, Leslie Orgel, Thomas Cech y Addy Pross, la vida surgió como un polímero portador de información (posiblemente ARN o APN, esto es, ácido péptido-nucleico) capaz de replicarse a sí mismo, aunque no de metabolizar (si bien el metabolismo hubo de añadirse pronto al proceso). Debía ser, pues, una molécula con la capacidad de copiar su propia información y, por ende, dadas las variaciones inevitables en este proceso, susceptible de evolución. De ahí que a esta corriente se la haya llamado "los genes primero" o "la replicación primero" (cf. Elitzur, 1994). De acuerdo con la escuela rival, representada por Alexander Oparin, Freeman Dyson, Doron Lancet, Lynn Margulis, Günter Wächterhäuser, Stuart Kauffman, Christian de Duve, Robert Shapiro y otros, los primeros no fueron los genes, sino un conjunto de reacciones mutuamente catalizadas, producidas, según algunas versiones, sobre superficies minerales, o, según otras, en vesículas aisladas del entorno por una membrana. La reproducción de estas entidades no sería genética, sino una mera prolongación de la autocatálisis y de la división por aumento de

7. Justo el punto de vista contrario es defendido por Addy Pross (2004, p. 319) cuando escribe: "Por supuesto, el metabolismo, en tanto que adaptación, es más fundamental que otras adaptaciones evolutivas, como el largo cuello de la jirafa, pero es no obstante una adaptación".

tamaño. A esta corriente se la conoce como “el metabolismo primero”⁸.

Ambos enfoques, sin embargo, presentan problemas, y el uno no puede dar cuenta de la aparición de las características de la vida sobre la que se centra el otro⁹. No hay una explicación satisfactoria de cómo moléculas autorreplicadoras pueden surgir y mantenerse a partir de una síntesis química indirecta y dar lugar a cadenas de reacciones metabólicas (cf. Shapiro, 2000); más bien, la replicación de dichas moléculas parece exigir la existencia de procesos metabólicos que puedan sustentarla. Está además el problema de cómo un sistema replicador simple puede evitar la acumulación de errores de copia. Pero, en sentido contrario, no hay tampoco una explicación satisfactoria de cómo un conjunto de componentes químicos aislados, capaces de intercambiar energía y materia con el entorno, puede surgir espontáneamente, manteniendo su estabilidad y dar lugar a moléculas que porten una información heredable acerca de cómo recomponer un sistema similar. De hecho, si bien se ha comprobado experimentalmente que una molécula de ARN puede mantener su capacidad autorreplicadora fuera de una célula, en un ambiente químico adecuado que proporcione las enzimas necesarias (lo cual juega a favor del enfoque “la replicación primero”), no hay evidencia experimental convincente que muestre que un ciclo metabólico puede darse y mantenerse fuera del equilibrio termodinámico en condiciones similares (cf. Pross, 2004 y Anet, 2004; y, para un punto de vista contrario, Kauffman, 2007). Dadas las carencias explicativas de estos enfoques, no es de extrañar que haya habido intentos de integrarlos en uno más general que no se limite a

yuxtaponer sin más los rasgos que cada uno destaca, sino que muestre alguna conexión más profunda entre ellos.

En tal sentido, Freeman Dyson (1999), aunque es considerado como un representante de la corriente “el metabolismo primero”, ha defendido que el origen de la vida está más bien en la unión simbiótica de los dos tipos de estructuras anteriores, o, por decirlo de otro modo, que la vida tiene un origen doble. Dyson asume la idea de von Neumann de que la vida no es una cosa, sino dos, metabolismo y replicación, que son lógicamente separables (1999, p. 9). Esto implica que la vida, o bien surgió de una vez con ambas cosas juntas, o tuvo un doble origen: hubo una primera entidad replicadora y una primera entidad metabolizadora y ambas se unieron para formar la vida. Dyson se decanta por esta segunda posibilidad, dadas las dificultades de la primera. Según su modelo, las primeras entidades vivas, las primeras células, estarían formadas fundamentalmente por proteínas capaces de mantenimiento homeostático y, por tanto, de metabolismo, que serían después parasitadas por ácidos nucleicos (surgidos probablemente como un subproducto del exceso de ATP) que terminarían en una asociación simbiótica con sus hospedadores.

En nuestro país, y en lo que se refiere al problema de la definición de vida, K. Ruiz-Mirazo, J. Peretó & A. Moreno (2004) han intentado también una síntesis de los dos enfoques citados, recogiendo tanto aspectos relacionados con la replicación y la evolución, como aspectos relacionados con el metabolismo. Su definición de vida dice así: “Un ‘ser vivo’ es cualquier sistema autónomo [y por tal entienden

8. Puede hablarse de un tercer enfoque que sitúa como primer paso de la vida el encapsulamiento o aislamiento del entorno mediante una membrana. A este enfoque se le designa como “proto-célula primero”. Oparin sería uno de sus representantes. No obstante, los partidarios de este tercer enfoque suelen defender que al encapsulamiento le sigue el metabolismo.

9. Para una explicación clara y amena de este problema así como de otras deficiencias propias de cada enfoque, puede verse Dyson (1999).

un sistema lejos del equilibrio que se mantiene y constituye a sí mismo mediante el acoplamiento de procesos endergónicos-exergónicos] con capacidades para una evolución abierta”. Estos autores consideran que para cumplir estas dos propiedades, un ser vivo ha de poseer los siguientes requisitos:

1. Un límite activo semipermeable (membrana).
2. Un aparato de transducción/conversión de la energía.
3. Dos tipos al menos de componentes macromoleculares interdependientes, uno capaz de catalizar los procesos de autoconstrucción y otro capaz de almacenar y transmitir la información

necesaria para desempeñar estos procesos.

Como puede verse, aparecen aquí expresamente mencionados como interdependientes los aspectos informacionales y los metabólicos¹⁰. Me parece, por ello, que es una de las definiciones más elegantes y, al mismo tiempo, completas que puede encontrarse en la literatura. Evidentemente, y dado que exige que, desde un principio, los seres vivos poseyeran conjuntamente tanto la replicación como el metabolismo no convencerá, por demasiado rigurosa, a los partidarios de “la replicación primero” ni a los del “metabolismo primero”, que estarán dispuestos a reconocer como vivas a entidades que tuvieran sólo una de esas propiedades.

II

La referencia al metabolismo como característica central de la vida ha ido acentuándose con el tiempo, particularmente debido al influjo del enfoque auto-organizativo. Precisamente por ello, la centralidad de este rasgo ha sido objeto de una intensa discusión. Margaret Boden (1999) ha señalado que el metabolismo es una característica que, a diferencia de las demás que se suelen citar, no puede ser traducida a términos informacionales o computacionales. Esto, por cierto, explicaría la dualidad de enfoques de la que venimos hablando, y la dificultad para lograr una síntesis. Según esta autora, el metabolismo sería lo que realmente distinguiría a los seres vivos que encontramos en la naturaleza de los “seres” de la Vida Artificial, ya se trate de los puramente virtuales como de los corporizados (robots “situados”) y, en tal sentido, sería una característica decisiva para caracterizar la vida. Boden entiende el metabolismo, en un

sentido fuerte, como “el uso y administración de la energía para la construcción y el mantenimiento del cuerpo, así como para la conducta” (1999, p. 236). Si el metabolismo es necesario para definir el concepto de vida, entonces la Vida Artificial fuerte está condenada al fracaso. Sin embargo, Boden reconoce que el concepto de vida es negociable y susceptible, por tanto, de modificación.

Hay un dato que habla a favor de los que defienden la centralidad del metabolismo para la vida. Cuando en 1976 las naves *Viking 1* y *Viking 2* se posaron sobre la superficie de Marte, iban preparadas para desarrollar tres experimentos encaminados a detectar rastros de vida en el planeta rojo. Los tres experimentos estaban basados en la detección de transformaciones químicas debidas al metabolismo¹¹. Los experimentos detectaron, en efecto, gases que podían atribuirse a residuos de la actividad metabólica de organismos vivos, pero los resultados

10. Otro intento de síntesis puede encontrarse en el enfoque biosemiótico, según el cual la vida es la “interpretación funcional de signos en sistemas de códigos materiales autoorganizados que construyen su propio *Umwelt*” (Emmeche, 1997, p. 15).

11. Puede obtenerse información sobre esto en: <http://aerospacescholars.jsc.nasa.gov/HAS/cirr/em/8/4.cfm>, y en Schuenger & Clark, 2007.

no fueron concluyentes porque las peculiaridades químicas del suelo de Marte podían explicar también ese resultado. De modo que tales rastros químicos podrían no ser, después de todo, señales de metabolismo de seres vivos. Sin embargo, esto no da la victoria definitiva a ningún enfoque, puesto que una cosa es qué criterios son útiles en la práctica para detectar vida y otra distinta cómo podemos definir de forma más completa y general la vida.

Claus Emmeche (1998, pp. 47 y 58), sin embargo, piensa que el metabolismo, aunque esté presente casi siempre en los seres vivos, no es una condición necesaria para poder hablar de vida. Señala, por ejemplo, que una semilla puede estar un milenio sin actividad metabólica y, pese a ello, seguir estando viva. Por otro lado, tampoco es una condición suficiente, pues un remolino de agua tiene en cierto modo metabolismo (intercambia materia y energía con el medio para mantenerse estable) y no lo calificaríamos como un ser vivo¹².

La raíz de este desacuerdo parece estar precisamente en la dificultad para definir adecuadamente lo que es el metabolismo. Si entendemos el metabolismo en el sentido amplio de intercambio de materia y energía, tendríamos que considerar entonces una explosión atómica, una cerilla ardiendo o una simple reacción química como un proceso metabólico, lo cual parece demasiado generoso y desviado de su uso habitual en biología. Ni siquiera la definición algo más precisa que parece estar implícita en la respuesta de Emmeche (intercambio de materia y energía con el medio para mantenerse estable) es convincente, pues podría aplicarse igualmente a un remolino de agua o a una llama.

Ahora bien, ¿Es posible proporcionar una definición de metabolismo que pueda ser atribuida a los seres vivos en exclusiva y que no sea circular, es decir, que no se limite a decir

que consiste en los procesos de transformación de materia y energía que se dan en los seres vivos? La cuestión no es fácil. Si entendemos, por ejemplo, por metabolismo, tal como hace Boden, el uso y administración de la energía para el mantenimiento del cuerpo y para la conducta, cabe objetar que un robot podría utilizar la electricidad para tales cosas, con lo que tendríamos que concluir que un robot metaboliza y, por tanto, está vivo.

Parece, pues, que si queremos una definición de metabolismo que sea de utilidad para caracterizar a los seres vivos debemos ser más restrictivos. Tal como lo suelen entender los manuales de biología, el metabolismo es la síntesis o degradación química de moléculas complejas catalizada fundamentalmente por enzimas (e incidentalmente por moléculas de ARN). Los procesos de catálisis enzimático pueden darse *in vitro*, pero sólo en los seres vivos pueden fabricar enzimas, de modo que sólo ellos pueden utilizarlas de forma natural para catalizar. Diríamos así que los seres vivos se caracterizan porque sus procesos de intercambio de materia y energía con el medio se realizan mediante reacciones químicas catalizadas por enzimas y a este tipo particular de procesos de intercambio de materia y energía es a lo que llamamos metabolismo. Lo que haría, por tanto, especiales a los seres vivos no sería el mero intercambio de materia y energía con el medio para mantener la estabilidad, sino el que son sistemas que usan la catálisis enzimática en esos intercambios.

Ahora bien, esto desplaza la cuestión a una propiedad no formal, sino material, de los seres vivos: al tipo de moléculas de las que están compuestos y, en particular, a los enzimas. Pero, en tal caso, ¿no estaremos elaborando así una definición demasiado restrictiva? ¿Exigiríamos a cualquier ente extraterrestre para ser calificado como ser vivo el que posea enzimas? Algunas

12. Hay, sin embargo, quien considera que, precisamente por carecer de metabolismo, una semilla no está viva, aunque tenga el potencial de volver a estarlo (cf. Villarreal, 2005). Lo mismo deberíamos decir entonces de una espora bacteriana. Se han encontrado esporas bacterianas congeladas de más de diez mil años de antigüedad que han podido reavivarse.

definiciones de 'vida' no tienen ciertamente reparo en hacerlo. Consideran necesario apelar a alguno de estos componentes materiales. Así, el diccionario Penguin de biología ofrece la siguiente definición de vida: "Sistemas físico-químicos complejos cuyas dos principales peculiaridades son: (1) el almacenamiento y la replicación de la información molecular en la forma de ácidos nucleicos, y (2) la presencia de (o en los virus quizás sólo el potencial para) catálisis enzimática". (*The Penguin Dictionary of Biology*, 1992, entrada "life"). En ella, como vemos, hay una referencia explícita a los ácidos nucleicos y a los enzimas. De forma parecida se pronuncia V. Kunin (2000) cuando define la vida como un sistema de ácidos nucleicos y proteínas-polimerasas con un aporte constante de monómeros, energía y protección.

El problema es que, para los autores de orientación formalista, según hemos comentado, una verdadera definición de vida debe ser lo suficientemente general como para incluir cualquier posible forma de vida, y no sólo la vida tal como la conocemos sobre nuestro planeta. Por lo tanto, no debería hacer mención a ningún componente material. Esto sería pecar, como se suele decir, de "chauvinismo del carbono" (cf. Emmeche, 1997 & 1998). Las versiones formalistas se dan tanto en el enfoque informacional como en el enfoque auto-organizativo. Para dichas versiones, sean cuales sean las características de la vida, éstas han de ser independientes de un soporte material concreto. Serían características que no surgen de las propiedades de sus componentes materiales, sino de sus relaciones funcionales, las cuales pueden ser consideradas desde un punto de vista meramente formal.

Pero si la apelación a componentes materiales concretos quizás sea un requisito demasiado restrictivo, el formalismo podría estar planteando una exigencia irrealizable. Al fin y al cabo ¿qué nos lleva a suponer que puede haber otras formas posibles de vida con componentes materiales muy distintos a los de la vida terrestre?

Como dijimos antes, por lo que sabemos, sólo el carbono es capaz de formar cadenas lo suficientemente variadas, complejas y estables como para permitir los procesos vitales (aunque esto también es objeto de discusión).

Estamos, pues, ante lo que parece un dilema irresoluble. Si buscamos una definición puramente formalista de vida, terminamos teniendo que incluir en ella entidades que, en principio, no consideraríamos como vivas. Si, por el contrario, damos una definición que apele a elementos materiales de la vida tal como la conocemos, estaremos presuponiendo de forma injustificada que toda vida posible ha de basarse en esos elementos materiales.

Con todo, algunos autores han puesto en cuestión la pretensión formalista de dar una definición de vida que prescindiera por completo de cualquier referencia a las propiedades materiales de sus componentes. Moreno, Etxeberría & Umerez (1995) han sostenido que en los seres vivos se da un entañamiento (*entanglement*) entre materia y forma, de modo que los aspectos formales no son suficientes para caracterizar la vida. Por ejemplo, "una gran parte de la información necesaria para los procesos de autorreproducción está implícita en el material específico del que está compuesta [la organización viviente]. Esta especificidad (tamaño, rasgos morfológicos o químicos...) contiene implícitamente información necesaria para especificar el funcionamiento del sistema". Como dice uno de estos autores en otro lugar:

[La] información necesaria para especificar la identidad de un organismo no está explícita más que en grado mínimo en el ADN. La expresión final de la información, lo que se conoce como el fenotipo de un organismo, es el resultado de un conjunto de complejos procesos dinámicos auto-organizativos y dependientes del contexto. El plegamiento de las proteínas, una vez especificada la secuencia lineal de sus aminoácidos, es un proceso intrínseco gobernado por la acción de las leyes físicas, en el que importan desde las características materiales de los aminoácidos

hasta las condiciones de temperatura o el Ph del entorno. La proteína plegada, de la que depende (a su vez, sólo en parte) la función, es una estructura mucho más compleja que la secuencia de aminoácidos de la que se deriva. Esta diferencia de complejidad, que deberíamos llamar información implícita, es el resultado en última instancia de la materialidad específica del sistema. Cualquier modelo puramente formal de la organización viviente deberá, por tanto, explicitar toda esta información tácita, y especificar a su vez los mecanismos de reproducción de tal complejidad “adicional” (Moreno & Fernández, 1997, p. 110)¹³.

Esto implica que

el intento de abstraer la organización, la “forma” de la vida, para generalizar la biología en el sentido de lograr una definición aplicable a cualquier tipo de vida posible (“la vida tal y como pudiera ser” de Langton) choca con la profunda imbricación entre materia y forma que, al menos en los seres vivos conocidos, constituye una característica esencial de su organización (*ibidem*).

Si estos autores tienen razón, una definición puramente formal de vida es inviable. Ahora bien, dado que no podemos descartar de antemano que existan otras formas de vida basadas en una química diferente a la nuestra, hemos de concluir en mi opinión que cualquier definición de vida, en la medida en que ha de incluir de un modo u otro una referencia a sus componentes materiales, debe quedar siempre abierta a la adición de nuevos componentes. Dicho de otro modo, muy posiblemente no cabe aspirar más que a una definición disyuntiva (la vida es esto..., o esto..., o esto otro...) y constantemente revisable, que, además, no podrá ser cumplida

exhaustivamente por ningún organismo. Algo que seguramente no dejará satisfecho a los más exigentes; a los que siguen pensando en definir la vida mediante un conjunto cerrado de propiedades necesarias y suficientes.

En definitiva, no sólo no tenemos una definición universalmente aceptada de vida, sino que ni siquiera están de acuerdo los especialistas en cuáles de los posibles rasgos que cabe citar de los seres vivos conocidos serían los fundamentales. Es más, tampoco coinciden en los criterios que deberían seguirse para obtener una definición rigurosa (si por ejemplo la definición debería ser puramente formal o inevitablemente debe incluir alguna referencia a los componentes materiales). Esto no obsta para que contemos con algunas definiciones funcionalmente útiles para ciertos propósitos. De hecho, pese a la carencia de consenso, las investigaciones recientes sobre el origen de la vida se basan en el análisis de la evolución temprana de muchas de las características señaladas (origen del encapsulamiento y la membrana celular, origen de los mecanismos de control energético, origen del metabolismo, origen del orden y del almacenamiento y uso de la información, etc. [cf. Popa, 2004]). Este pluralismo no ha impedido el avance en las investigaciones e incluso la convergencia entre algunas conclusiones. Quizá haya que asumir el *dictum* nietzscheano de que lo que tiene historia no puede tener definición, y la vida, si por algo se caracteriza, es por haber tenido historia, una historia que no se deja atrapar por fronteras precisas. Y esto nos lleva a una última consideración.

13. En esta línea, A. Moreno y K. Ruiz Mirazo (1999) han argumentado detalladamente que en el metabolismo los aspectos lógico-formales son inseparables de los materiales. Los modelos computacionales de metabolismo no podrían, pues, recoger ciertos aspectos centrales de la dinámica de los procesos metabólicos reales. “La vida, después de todo –concluyen estos autores–, es una expresión de la naturaleza auto-constrictiva de la materia”.

III

Si como han sostenido Cleland & Chyba, la posibilidad de una definición adecuada de 'vida' es subsidiaria de nuestra capacidad para caracterizar la vida como un género natural, quizás la conclusión que habría que obtener de la situación descrita es que la vida no parece ser, de hecho, un género natural; es decir, no es el tipo de cosa que pueda caracterizarse mediante un conjunto de propiedades necesarias y suficientes¹⁴.

Si no es un género o clase natural (*natural kind*), entonces debemos elegir entre dos posibilidades alternativas: que la vida sea un género o clase convencional o que no sea un género o clase, sino un individuo¹⁵. Para analizar, siquiera sea brevemente, estas posibilidades nos será de gran utilidad compararlas con las propuestas análogas que han sido presentadas en la discusión sobre la naturaleza de las especies biológicas.

Si la vida fuera un género convencional, entonces dependería exclusivamente de los seres humanos, en función de sus intereses, decidir qué es lo que se va a considerar como vivo y qué es lo que no, y no habría ninguna base objetiva en la naturaleza que sustentara tal separación. Dicho de otro modo, cualquier definición de 'vida' sería puramente estipulativa, como lo es la definición de 'literatura', o la de 'fútbol', o la de 'hora oficial en España'. Que una determinada e hipotética muestra extraterrestre

sea tenida como rastro de vida sería en tal caso algo que podría decidirse por simple votación entre los científicos. Todo dependería de sus objetivos e intereses explicativos y de la comodidad de realizar tal clasificación.

Esta posibilidad, sin embargo, parece poco plausible desde un punto de vista científico. Mover las fronteras de lo que está vivo y lo que no está vivo sólo por simple convención y no en función de un mayor conocimiento del funcionamiento y de las posibilidades de la vida, no parece que sea una estrategia ni interesante ni útil para la ciencia. Por otra parte, chocaría con las expectativas que los exobiólogos tienen de que podamos aprender mucho sobre la propia vida a partir del descubrimiento de vida en otros planetas o en cometas. Si el concepto de vida fuera puramente convencional, estas cuestiones empíricas serían irrelevantes. Todos los intentos de caracterizar la vida que hemos expuesto son una buena muestra de que los científicos consideran que hay rasgos que marcan realmente una separación entre lo vivo y lo no vivo, y que dicha separación no depende de convenciones humanas o de intereses clasificatorios.

Es cierto que si las fronteras de la vida fueran irremediabilmente borrosas –es decir, si la separación entre vida y no-vida fuera tan gradual que el tramo entre lo no vivo y lo vivo fuera un continuo–, la decisión de atribuir vida a un ente determinado, en algunos casos al menos, tendría un

14. Cleland & Chyba piensan que, al igual que los avances en química permitieron definir con precisión el agua como H₂O, quizás futuros avances en nuestros conocimientos de física y de química nos harán entender mejor cómo pudo surgir la vida y, por ende, proporcionar una caracterización de la misma como género natural. Mientras tanto hemos de conformarnos, según dicen, con listas que describan ciertas características observables. Ellos dejan abierta la posibilidad, no obstante, de que la vida no sea un género natural, con lo cual "cómo definirla permanecerá siendo para siempre no más que un asunto de preferencia lingüística" (2002, p. 391).

15. Dejo de lado una posibilidad adicional: que el concepto de vida perteneciera sólo a la biología popular pero que careciera de validez científica debido a que designa no una cosa sino muchas cosas diferentes, sin elementos relevantes en común, que deberán ser distinguidas por la ciencia en su momento y designadas con distinto nombre cada una de ellas, disolviéndose así su aparente unidad. La vida no sería así ni una clase ni un individuo, sino una diversidad de fenómenos no encajables bajo un mismo concepto. Ésta no es una posibilidad que pueda ser descartada *a priori*, pero por el momento no hay base empírica ni teórica para contemplarla como una posibilidad seria.

carácter convencional. En tal caso, como reconocía Margaret Boden, el concepto de vida sería negociable. No obstante, si bien hay casos dudosos o intermedios, como los virus, no es de esperar que esos casos se multipliquen hasta borrar cualquier separación posible basada en propiedades reales. Al fin y al cabo, no se han descubierto hasta ahora entidades intermedias entre los virus y las bacterias. Los casos de atribución dudosa, y en esto el ejemplo de los virus nos vale, no harían que la división entre lo vivo y lo no vivo fuera por completo convencional. Sólo pondrían de manifiesto que, a falta de una mayor profundización en la cuestión, estos casos dependen de decisiones fundamentadas pero revisables a la luz de nueva información que permita un juicio más preciso. Así, la existencia de casos dudosos de oro antes de que el oro fuera caracterizado por su número atómico y existiera la tecnología adecuada para establecer con seguridad la composición química de un material no hacía que el concepto 'oro' fuera convencional. Por otra parte, las clases naturales no tienen por qué tener fronteras perfectamente definidas. Si se acepta, por ejemplo, que las especies biológicas son clases naturales, éstas tienen fronteras espacio-temporales, pero en muchos casos son fronteras borrosas. Es imposible decir, al menos para la mayoría de las especies, que tuvieran un comienzo claramente delimitado en el tiempo. Y, sin embargo, eso no significa que no tengan un límite temporal hacia el pasado, puesto que claramente hubo momentos en el tiempo en el que todavía no existían.

La segunda alternativa es que el término 'vida' no designe a una clase de entidades, sino a un individuo (en sentido lógico). La idea puede parecer extraña, pero también lo pareció en un primer momento la propuesta análoga, realizada por Michael Ghiselin (1974) y David Hull (1976 & 1978), de que las especies biológicas son realmente individuos y no clases. Aportaría

además una buena explicación de ciertas peculiaridades de la biología como ciencia frente a la física y a la química, como, por ejemplo, la ausencia –así lo creen muchos– de leyes universales biológicas.

Los individuos (y las poblaciones de individuos) poseen tres características principales que les diferencian de las clases¹⁶:

1. Tienen una existencia espacio-temporal, esto es, existen en el espacio y en el tiempo, lo que implica que tienen un comienzo y un final. O, dicho de otro modo, los individuos son entidades concretas e históricas; las clases son abstractas y atemporales.
2. Son susceptibles de cambios. Pueden evolucionar a lo largo del tiempo.
3. Poseen cohesividad interna. Sus elementos mantienen una estrecha red de relaciones reales, no meramente conceptuales; no están simplemente unidos por compartir ciertas propiedades. Por otra parte, la relación de un individuo con sus elementos integrantes es una relación de todo-parte, mientras que la relación de un elemento de una clase con la clase es la de pertenencia.

No resulta difícil de aceptar que la vida presenta las dos primeras características propias de los individuos y que no tienen las clases. En cuanto a la tercera, la cuestión es más compleja. La ecología y la teoría de la evolución nos enseñan que la única vida que conocemos, la vida en la Tierra, cumple también, al menos en algún grado, esa característica; pero ¿qué pasaría si encontráramos alguna vez vida extraterrestre? ¿Habría que considerar que 'vida terrestre' designa a un individuo o población de individuos y 'vida marciana' (si la hubiera) a otro individuo o población de individuos y así

16. Cf. Hull, 1978; Mayr, 1988, p. 335 y ss.; y Ereshefsky, 2002. Y para una discusión crítica, Kitcher, 2003, cap. 5; y Crane, 2004.

sucesivamente, sin que pudiera decirse que todos ellos pertenecen a un único género natural? No necesariamente. En primer lugar, y como salida radical, cabría negar que la cohesividad, en el sentido de la contigüidad espacio-temporal, sea una propiedad exigible a todos los individuos (cf. J. Wilson, 1999, pp. 61-62). En segundo lugar, si hemos de atender a algunos científicos, no es descabellada la hipótesis de que la vida se haya ido propagando de planeta en planeta a través del espacio, presentando por tanto una cierta cohesividad interna (cf. Davies, 2000). Pero, incluso si no hubiera sido así, si hubiera finalmente en el Universo diferentes tipos de vida que jamás hubieran tenido contacto entre sí y carecieran de toda relación pasada, podríamos apelar todavía a una cohesividad potencial, esto es, a la potencialidad de establecer relaciones entre ellas una vez que entraran en contacto, aunque ese contacto no se hubiera producido hasta el momento. Esto llevaría, no obstante, a una conclusión extraña: si los distintos tipos de vida son en realidad partes de un todo que es la vida en el Universo, y no elementos del conjunto de las cosas vivas, tendríamos que admitir que esas partes se formaron con total independencia unas de otras, aun cuando el resultado final forme, al menos potencialmente, un todo.

Existe, sin embargo, una tercera posibilidad que aún no hemos contemplado y que presenta menos dificultades que las anteriores, a saber: que la vida sea un género natural pero que no sea caracterizable pese a todo mediante un conjunto de propiedades necesarias y suficientes. Ésta es, además, una posibilidad que también ha sido ensayada en el debate sobre las especies y que podría ser extrapolada con beneficio al problema de la definición de vida¹⁷.

17. Por seguir con la comparación con el problema de las especies, cabría aún otra posibilidad que aquí no discutiremos, y es que la vida no fuera ni un género natural, ni un género convencional, ni un individuo, sino algún otro tipo de cosa o proceso. Algunos ejemplos que se han dado de entidades que no encajan en la dicotomía clase/individuo son los lenguajes y las teorías científicas (cf. Stamos, 2002).

18. Cf. Boyd, 1999; R. A. Wilson, 1999; Griffith, 1999; y Kitcher, 2003, cap. 5.

Desde hace unos pocos años, algunos autores, como Philip Kitcher, Richard Boyd, Paul Griffiths y Robert Wilson han sostenido con respecto a las especies biológicas la tesis de que éstas son géneros naturales, pero sin que esto lleve necesariamente a aceptar que tienen una esencia en el sentido descrito¹⁸. Según R. Boyd y R. Wilson, las especies serían géneros naturales entendidos como *agrupaciones de propiedades mantenidas homeostáticamente*. 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. En tales casos, es una cuestión teórica, para *a posteriori*, y no meramente conceptual, determinar si estamos ante un individuo que cae bajo ese género natural o no. Incluso podrían darse casos racionalmente indecidibles. En una versión wittgensteiniana más débil, Massimo Pigliucci considera las especies como agrupaciones de propiedades (fundamentalmente filogenéticas, genéticas y ecológicas) que proporcionan un "parecido de familia" (cf. Pigliucci, 2003).

Esta tercera forma de ver los géneros naturales no exige que haya alguna propiedad presente en todos los miembros de una especie y sólo en ellos (no exige, como hemos dicho, una esencia en el sentido tradicional) y, por otra parte, permite su variación en el tiempo, ya que la agrupación homeostática de propiedades puede preservar su identidad a través de ciertos cambios.

Desde este enfoque, las definiciones de “vida” al uso que suelen listar una serie de características que, sin embargo, no son condiciones necesarias y suficientes para la vida serían aceptables como definiciones no esenciales de un género natural. Esta posición se alejaría tanto del esencialismo tradicional que busca una definición universal de vida a partir del establecimiento de sus condiciones esenciales, como del escepticismo que no ve posible más que un conjunto más o menos vago, arbitrario, contextual y variopinto de características habitualmente, pero no necesariamente, presentes en los seres vivos. Si consideramos la vida como una agrupación de propiedades mantenidas homeostáticamente, no habría un conjunto cerrado e inamovible de condiciones necesarias y suficientes de la vida, y en esto habría que darle la razón al convencionalista o al escéptico, pero sí que cabría señalar cierto conjunto de rasgos que se refuerzan mutuamente y que, por tanto, valdrían para definir la vida como fenómeno. Esta agrupación, además, tendría cierta capacidad explicativa, ya que estaría abierta al esclarecimiento de las causas que hacen que tales rasgos se mantengan homeostáticamente, cosa que no sucedería con una mera agrupación arbitraria. Con esto se renuncia a una *definición esencial* de vida en el sentido tradicional, pero no a una

definición descriptiva fundamentada y con poder explicativo (o, como Boyd prefiere llamarla, a una “definición programática”).

Al mismo tiempo, esto explicaría por qué no han tenido éxito los intentos de proporcionar una definición unificada de vida que la cifre en un solo proceso o que la reduzca al despliegue de una única función. La enumeración de propiedades a las que recurren la mayoría de las definiciones dadas no es un signo de fracaso, sino una consecuencia de la propia naturaleza de la vida. 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. Por otra parte, a diferencia del convencionalismo, esta postura deja abierta a la investigación empírica una cada vez más ajustada determinación de las características que pueden servir mejor para caracterizar la vida.

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”.

Bibliografía

- Anet, F. A. (2004). “The Place of Metabolism in the Origin of Life”. *Current Opinion in Chemical Biology*, 8, 654-659.
- Barrow, J. D. & Tipler, F. J. (1996). *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford: Oxford University Press.
- Bedau, M. A. (1998). “Four Puzzles about Life”. *Artificial Life*, 4, 125-140.
- Boden, M. (ed.) (1996). *Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press.
- Boden, M. (1999). “Is Metabolism Necessary?”. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 50, 231-248.
- Boyd, R. (1999). “Homeostasis, Species, and Higher Taxa”. En: R. A. Wilson (ed.) (1999), pp. 141-185.
- Cleland, C. E. & Chyba, C. F. (2002). “Defining ‘Life’”. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 32, 387-393.
- Crane, J. K. (2004). “On the Metaphysics of Species”. *Philosophy of Science*, 71, 156-173.
- Davies, P. (2000). *The Fifth Miracle*. New York: Simon & Schuster.
- Dyson, F. (1999). *Origins of Life. Revised Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Elitzur, A. C. (1994). "Let There Be Life. Thermodynamic Reflections on Biogenesis and Evolution". *Journal of Theoretical Biology*, 168, 429-459.
- Emmeche, C. (1997). "Defining Life, Explaining Emergence". (Disponible *online* en <http://www.nbi.dk/~emmeche/cePubl/97e.defLife.v3f.html>).
- Emmeche, C. (1998). *Vida simulada en el ordenador*. Barcelona: Gedisa.
- Ereshfsky, M. (2002). "Species". *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.) URL = <http://plato.stanford.edu/entries/species/>
- Farmer, J. D. & Berlin, A. (1992). "Artificial Life: The Coming Evolution". En: Langton *et al.*, *Artificial Life II*. Redwood City, Cal.: Addison-Wesley, pp. 815-833.
- Fernández Ostolaza, J. & Moreno Bergareche, A. (1997). *La vie artificielle*. Paris: Éditions du Seuil.
- Fleischaker, G. R. (1990). "Origins of Life: An Operational Definition". *Origins of Life and Evolution of Biosphere*, 20, 127-137.
- Ghiselin, M. (1974). "A Radical Solution to the Species Problem". *Systematic Zoology*, 23, 536-544.
- Griffiths, P. E. (1999). "Squaring the Circle: Natural Kinds with Historical Essences". En: R. A. Wilson (ed.) (1999), pp. 209-228.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S. & Parson, A. (1998). *Zoología*, Madrid: McGraw Hill, 10ª ed.
- Hull, D. L. (1976). "Are Species Really Individuals?". *Systematic Zoology*, 25, 174-191.
- Hull, D. L. (1978). "A Matter of Individuality". *Philosophy of Science*, 45, 335-360.
- Kauffman, S. E. (1993). *The Origins of Order: Self-Organisation and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press.
- Kauffman, S. E. (1995). *At Home in the Universe*. New York: Oxford University Press.
- Kauffman, S. E. (2007). "Origin of Life and the Living State". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 37, 315-322.
- Kitcher, Ph. (2003). *In Mendel's Mirror*. Oxford: Oxford University Press.
- Kolb, V. M. (2007). "On the Applicability of the Aristotelian Principles to the Definition of Life". *International Journal of Astrobiology*, 6 (1), 51-57.
- Korzeniewski, B. (2001). "Cybernetic Formulation of the Definition of Life". *Journal of Theoretical Biology*, 209, 275-286.
- Kunin, V. (2000). "A System of Two Polymerases. A Model for the Origin of Life". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 30, 459-466.
- Langton, C. G. (1989/1996). "Artificial Life". En: Boden (ed.) (1996), pp. 39-94.
- Margulis, L. & Sagan, D. (2000). *What is Life?* Berkeley: University of California Press.
- Maturana, H. & Varela, F. (1996). *El árbol del conocimiento*. Madrid: Debate.
- Maynard Smith, J. (1987). *Los problemas de la biología*. Madrid: Cátedra.
- Mayr, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Moreno, A., Etxeberria, A. & Umerez, J. (1995). "Universality Without Matter?". En: R. Brooks y P. Maes (eds.). *Artificial Life IV*. Cambridge, MA.: The MIT Press, pp. 406-410.
- Moreno, A. & Fernández, J. (1997). "Definición de vida y universalización de la biología". *Arbor*, 621, 101-112.
- Moreno, A. & Umerez, J. (1994). "Definition of Life and Research Program in Artificial Life". *Ludus Vitalis*, 2(3), 15-33.
- Moreno, A. & Ruiz Mirazo, K. (1999). "Metabolism and the Problem of its Universalization". *BioSystems*, 49, 45-61.
- Sober, E. (1996). "Learning from Functionalism –Prospects for Strong Artificial Life". En: M. Boden (ed.) (1996), pp. 361-378.
- Pligliucci, M. (2003). "Species as Family Resemblance Concepts: The (Dis-)solution of the Species Problem?". *BioEssays*, 25, 596-602.
- Popa, R. (2004). *Between Necessity and Probability: Searching for the Definition and Origin of Life*. Heidelberg: Springer.
- Prigogine, I. (1980). *From Being to Becoming*. San Francisco: W. H. Freeman.
- Pross, A. (2004). "Causation and the Origin of Life. Metabolism or Replication First?". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 34, 307-321.
- Ray, T. S. (1992/1996). "An Approach to the Synthesis of Life". En: Boden (ed.) (1996), pp. 111-145.
- Ruiz Mirazo, K., Peretó, J. & Moreno, A. (2004). "A Universal Definition of Life: Autonomy and Open-ended Evolution". *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 34, 323-346.

- Ruse, M. (1997). "The Origin of Life: Philosophical Perspectives". *Journal of Theoretical Biology*, 187, 473-482.
- Schrödinger, E. (1944/1986). *¿Qué es la vida?* Barcelona: Orbis.
- Schuerger, A. C. & Clark, B. C. (2007). "Viking Biology Experiments: Lessons Learned and the Role of Ecology in Future Mars Life-Detection Experiments". *Space Science Reviews*, doi 10.1007/s11214-007-9194-2.
- Searle, J. (1985). *Mentes, cerebros y ciencia*. Madrid: Cátedra.
- Shapiro, R. (2000). "A Replicator Was Not Involved in the Origin of Life". *IUBMB Life*, 49, 173-176.
- Sober, E. (1996). "Learning from Functionalism –Prospects for Strong Artificial Life". En: M. Boden (ed.) (1996), pp. 361-378.
- Stamos, D. N. (2002). "Species, Languages, and the Horizontal/Vertical Distinction". *Biology and Philosophy*, 17, 171-198.
- Varela, F. J. (1997). "Patterns of Life: Intertwining Identity and Cognition". *Brain and Cognition*, 34, 72-87.
- Villarreal, L. P. (2005). "¿Tienen vida los virus?". *Investigación y ciencia*, 341, 55-59.
- Wilson, J. (1999). *Biological Individuality. The Identity and Persistence of Living Entities*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilson, R. A. (1999). "Realism, Essence, and Kind: Resuscitating Species Essentialism?". En: R. A. Wilson (ed.) (1999), pp. 187-207.
- Wilson, R. A. (ed.) (1999). *Species. New Interdisciplinary Essays*. Cambridge, MA.: The MIT Press.