



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias

“Definiendo la vida: una aproximación filosófica al concepto científico de vida”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

Carlos David Suárez Pascal

A S E S O R A

Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz



Ciudad Universitaria

Octubre 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

División de Estudios Profesionales

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Definiendo la vida: una aproximación filosófica al concepto científico de vida

realizado por Suárez Pascal Carlos David

con número de cuenta 09620110-5 , quien cubrió los créditos de la licenciatura en
Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

- Tutor (a) Propietario Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz
- Propietario Dra. Rosaura Ruíz Gutiérrez
- Propietario M. en C. Ricardo Noguera Solano
- Suplente Dr. Arturo Argueta Villamar
- Suplente M. en C. Eréndira Alvarez Pérez

Ana Rosa CJ
R Ruiz

R. Noguera

Argueta

Eréndira

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 8 de agosto
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE Biología

del 2006

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

[Signature]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

Agradecimientos

La conclusión de este trabajo de tesis, representa para mí la conclusión de una etapa muy rica en experiencias académicas y personales. La cantidad de personas que he conocido durante estos años es realmente mucho mayor de lo que hubiera esperado al empezar mi formación profesional. Estas personas me han aportado sus conocimientos, sus experiencias y su amistad en muchos casos. A todos ustedes, gracias.

A Ana Rosa muy especialmente, a Ricardo Noguera y al resto del grupo de estudios de Rosaura Ruíz les debo antes que a nadie el haber dado cabida a mis aspiraciones intelectuales dentro de la biología y el haberme permitido encontrar mi propio camino.

A mis dos hermanas, a mis padres y a Alejandra, les dedico este trabajo, por haberme dado sustento anímico y material para concluirlo, así como por haber escuchado con paciencia mis reflexiones sobre algo que, yo sé, a veces les resulta extravagante.

Por último, pero no menos, a todos los biólogos que han defendido la biología en México como una labor crucial para el desarrollo del país y de su gente. E igualmente a todos los universitarios de matrícula o de espíritu que han sabido defender el carácter autónomo y nacional de nuestra universidad.

¡Muchísimas gracias!

Índice

Agradecimientos.....	3
Índice.....	5
Introducción.....	7

Capítulo 1

El problema de la vida.....	13
Biología: la ciencia de la vida.....	15
Las respuestas de la biología.....	19
¿Cómo y cuándo surgió la vida?.....	20
¿Cuántas formas de vida hay?.....	21
¿Cómo funciona la vida?.....	23
Otras miradas.....	24

Capítulo 2

De conceptos y definiciones científicas.....	27
Conceptos científicos.....	29
Tipología de los conceptos científicos.....	32
Definiciones científicas.....	34
Tipología de las definiciones científicas.....	35
Cambio científico y cambio conceptual.....	37

Capítulo 3

Definiendo la vida.....	41
La definición científica de la vida.....	42
Entre el holismo y el reduccionismo.....	48
Hacia una definición de vida.....	54
Aproximaciones extensionales.....	58
Aproximaciones intensionales.....	60
Conclusiones.....	65
Bibliografía.....	71

Introducción

Definir la vida es un problema escurridizo, y aunque suele ser objeto de discusión de científicos, filósofos, médicos, abogados, religiosos, ecologistas, defensores de los derechos humanos o animales, así como del resto de las personas que han intentado delimitar esta noción, el concepto de vida escapa a un consenso siquiera básico.

Es común pensar que la búsqueda de una definición adecuada de la vida ha sido un intento uniforme por establecer un único concepto que exprese la naturaleza esencial de la vida, el cual constituya la referencia obligada de todas las reflexiones para las cuales este concepto sea relevante. Aún más, es común que se vea esta búsqueda como un proceso gradual y progresivo, cuya meta última es la descripción de los constituyentes fundamentales de la vida.

No obstante, de hecho las aproximaciones son heterogéneas, pues parten de diferentes puntos de vista y buscan llegar a metas distintas. Estas aproximaciones difieren en dos aspectos en particular: i) en el tipo de objetos del mundo que se consideran vivos, y que se desea incluir en la definición, y de manera más importante, ii) en las características definitorias de las cuales se parte para formular la definición.

Si bien podría parecer que la prioridad del segundo punto constituye una falta de principio hacia la objetividad de la definición del concepto de vida, por el tipo de discusiones que se suelen suscitar entre los religiosos y los médicos, o los abogados, es claro que este punto es realmente importante. Las discusiones sobre la eutanasia o la muerte asistida, sobre el aborto o sobre la conservación del medio ambiente, son un ejemplo también muy ilustrativo de las diferentes nociones de vida que de hecho están en juego, y que distan mucho de coincidir.

Las actitudes hacia la definición de vida, entonces, constituyen una amplia gama de posturas. Y en particular, la actitud hacia el papel de la ciencia en la definición de la vida es interesante, pues mientras que para algunas personas la mejor vía para llegar a un concepto unificado de vida es la investigación científica, para otras, lo que diga la ciencia puede parecer completamente irrelevante.

De hecho, aun cuando este segundo grupo de personas llegue a aceptar que la investigación científica sobre la vida puede iluminar la cuestión, manifiestan una resistencia a admitir que

se intente formular en los mismos términos la vida del ser humano que la vida del resto de los organismos.

La discusión sobre las raíces y las características de esta discusión nos llevaría a examinar las relaciones que existen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Y en particular, a examinar las relaciones entre el conocimiento científico y el resto de las creencias humanas. Temas, aunque apasionantes, también muy extensos.

La relación entre la ciencia y la sociedad ha sufrido cambios sorprendentes a lo largo de su historia. Durante todo el siglo XX, y aún ahora, a principios del siglo XXI, la ciencia ha tenido un papel preponderante en muchas sociedades humanas, y se ha llegado a considerar como el eje rector ideal en la toma de decisiones de los gobiernos.

Pero también durante esta época han surgido críticas muy fuertes al rol que se le ha asignado al conocimiento científico, no sólo por los múltiples aspectos negativos del desarrollo tecnológico, sino también por la imposición de los valores científicos sobre los valores tradicionales de distintas comunidades. Ahora más que nunca parece tener lugar un replanteamiento del papel social de la ciencia; la noción de progreso social ya no se puede considerar tan fácilmente como equivalente a, o dependiente de, la noción de progreso científico.

Una crítica similar ha surgido dentro de ciertos círculos que se dedican al estudio de la ciencia, y que han cuestionado tanto el papel hegemónico de las ciencias físicas, como la preeminencia de las explicaciones reduccionistas sobre otros tipos de explicaciones existentes en el resto de las ciencias.

Es precisamente desde esta actitud crítica hacia los presupuestos de la ciencia, y desde los estudios sobre la ciencia, que este trabajo se aproxima al problema de la definición científica de la vida. Esta tesis de licenciatura constituye una introducción a un análisis conceptual de este tema, y su **objetivo principal al abordar dicho problema ha sido acotar la discusión sobre la búsqueda de un concepto científico de vida.**

El planteamiento de este estudio surge de un cuestionamiento a la visión simplista que considera que la tarea de formular una definición científica de la vida recae en la determinación última de los componentes químicos o de los procesos físicos que subyacen a los fenómenos vitales. Ante esta postura se opone una visión de la diversidad de reflexiones y aproximaciones que ha requerido el estudio de los más variados fenómenos biológicos; las investigaciones sobre los sistemas vivos, así como la historia de la biología, difícilmente se

podrían resumir como la búsqueda de esos supuestos componentes fundamentales de la vida, aun cuando de hecho sea posible (como ha ocurrido) construir una historia de la biología que tenga como eje central esta investigación.

Dentro de la clasificación de las ciencias en cuanto a su matematización, su capacidad predictiva y su carácter experimental, la biología (al menos una parte) ha sido relegada comúnmente al tercer lugar, después de la física y de la química, dentro de las ciencias experimentales (o ciencias duras). Y, en consecuencia con esto, se ha considerado que la caracterización científica de la vida no puede realizarse más que en un grado muy limitado en el ámbito de esta disciplina, pues necesariamente se trataría de una caracterización no universal.

Aunque es cierto que todo el conocimiento que la biología ha generado sobre la vida surge exclusivamente del estudio de la vida sobre la Tierra (fuera de la cual no sabemos siquiera si existe este fenómeno), esto no tiene por qué considerarse en detrimento del conocimiento biológico. De la misma manera que otras ciencias, la biología genera teorías sobre su objeto de estudio, y sostener que todo este trabajo no tiene nada que aportar a una caracterización adecuada de los sistemas vivos es una manifestación de la profunda ignorancia que hay sobre la naturaleza de la investigación biológica.

En el primer capítulo de este trabajo, titulado “El problema de la vida”, se expone la postura anterior como una reivindicación de la importancia del conocimiento biológico en cualquier consideración general de la vida. En la presentación de este capítulo se resaltan tres características de los sistemas vivos: diversidad, cambio a través del tiempo y complejidad. Estos tres aspectos, aunque controvertidos, se han escogido para enfatizar las diferencias entre los objetos de estudio de la biología y una gran parte de los objetos que estudian tanto la física como la química.

Si bien una consideración más justa del valor del conocimiento biológico es importante en la caracterización científica de la vida, también es importante tomar en cuenta que la falta de consenso no se aplica solamente a los aspectos concretos de una definición de la vida, sino que incluso la importancia, o las características propias de una definición pueden ser consideradas de maneras distintas por cada grupo de especialistas.

El segundo capítulo, que lleva por título “De conceptos y definiciones científicas”, se enfoca precisamente en una exploración de las nociones mismas de concepto y de definición, así como de sus características más notables, considerando su papel en el conocimiento científico

y en la transformación histórica de este. La exposición se enfoca en los aspectos formales de ambas nociones con el fin de delimitar el marco teórico dentro del cual suelen tener lugar las discusiones sobre los conceptos científicos. Como el objetivo de este trabajo ha sido la discusión filosófica de algunos aspectos de la definición científica del concepto de vida, se volvió imprescindible incorporar estos temas, que si bien no suelen abordarse como tales en las ciencias, sí se refieren a nociones que se presuponen y utilizan constantemente, al menos como nociones intuitivas. Los temas abordados en este capítulo no se han tomado en un sentido normativo, con la pretensión de establecer reglas que debiera seguir el trabajo científico, sino como un conjunto de elementos útiles para el análisis conceptual del problema planteado.

“Definiendo la vida” es el nombre del tercer capítulo, en el cual se desarrollan con más detalle tres puntos: 1) la relevancia de una definición científica de vida, 2) el contraste entre las aproximaciones reduccionistas y las holistas al fenómeno de la vida, y 3) problemas conceptuales en la definición de vida. Este capítulo intenta exponer, empleando los conceptos expuestos en el capítulo anterior, un panorama más detallado del estado actual de las caracterizaciones científicas de la vida.

Este capítulo en particular podría haber sido escrito de diferentes maneras, dependiendo del objetivo que se tuviera en mente. Por ejemplo, podría haberse expuesto una lista exhaustiva de las distintas propuestas para definir de manera científica la vida, ya sea actuales o tomando en cuenta también las aportaciones históricas. Esto se ha hecho en algunos trabajos (aunque en general de manera no exhaustiva).

En cambio, dado que **el objetivo de este trabajo no es aventurar una propuesta de definición de vida, sino acotar el terreno en el que se desarrolla la discusión**, ha sido de mayor interés exponer algunos de los factores ideológicos, metodológicos y disciplinarios que se encuentran implicados en esta discusión, así como establecer las relaciones de estos factores con ciertos problemas que presentan las definiciones y los conceptos científicos, los cuales tienen relevancia actualmente en la filosofía de la ciencia.

De la misma manera en que hay una tensión entre la sociedad y la ciencia, también hay una tensión entre la filosofía de la ciencia y la ciencia misma. Algunos de los problemas más comunes en la discusión sobre la definición científica de la vida se deben principalmente a la visión que hemos heredado de la filosofía positivista de la ciencia, y en este trabajo se ofrecen algunos argumentos al respecto.

El abandono de los prejuicios positivistas hacia la biología y hacia el conocimiento biológico podría contribuir a una discusión más fecunda sobre cómo caracterizar la vida en términos científicos. Y si bien la relación entre cómo se defina científicamente la vida y sus diferentes caracterizaciones culturales seguirá siendo seguramente un tema difícil, quizás sea posible concebir a la vida de una manera que ilumine mejor algunas de las discusiones donde esta noción toma mucha relevancia.

Por último, como ha sido argumentado por algunos filósofos de la biología, la consideración de la biología y de sus características propias, así como de otras ciencias distintas de la física, quizás requiera la formulación de enfoques (incluso formales) radicalmente diferentes de los incluidos en los planteamientos clásicos de la filosofía de la ciencia.

El problema de la vida

Cuando un niño que ha pasado toda su vida en la ciudad sale de excursión a una zona rural seguramente verá que las cosas no son iguales que en la ciudad. Los caminos, los coches, las construcciones y el paisaje en general serán evidentemente distintos y para notar esas diferencias le bastará con observar a su alrededor desde un vehículo. Hay otros aspectos que este niño podrá notar si pasa algunos días en el lugar. Por ejemplo, notará tal vez que las costumbres de las personas son diferentes, que los alimentos y las mascotas también lo son. Por otro lado, si el niño se adentra en el bosque notará la existencia de grandes árboles, de arbustos y maleza que diferirán mucho de los jardines y parques de la ciudad con céspedes, flores de ornato y árboles moldeados por los jardineros que emulan la forma de las criaturas más inverosímiles. Si observa con cuidado, se dará cuenta de la presencia de aves que no conocía más que en los libros, en el zoológico o en casa de algún coleccionista. Y si es muy observador quizás note la presencia de insectos, arañas u otros bichos nuevos para él.

Ahora bien, si se le pidiera al niño identificar lo que está vivo y lo que no, en un claro de bosque donde se encuentra todo lo anterior más pedazos de roca, musgo seco, ramas y hojas caídas, pequeños champiñones y bellotas, el niño seguramente pondría en el conjunto de lo vivo a los árboles, los arbustos, la maleza, las aves, las arañas y otros animales. En el conjunto de lo no vivo, el niño pondría con seguridad las rocas y el suelo, y quizás las ramas, las hojas secas, los champiñones, el musgo y las semillas.

En cambio, si un biólogo fuera colocado en el mismo lugar que el niño y se le solicitara lo mismo, probablemente diferiría del niño en cuanto a que tanto los champiñones como las bellotas están vivos y el musgo seco podría estarlo. El biólogo también podría objetar que si bien tanto las hojas como las ramas no están vivas, sí lo estuvieron. Aun más, si nuestro biólogo quisiera ser puntilloso, podría agregar que seguramente hay muchísima más vida de la observada en ese pequeño claro escondida debajo de la corteza de los árboles o sobre sus hojas, y debajo del suelo se encuentra el resto de los champiñones, gusanos, insectos, bacterias, protistas y, siendo más preciso, este biólogo podría citar que en un puño del material que forma el suelo hay muchos más organismos microscópicos de los que podríamos imaginar.

Por último, si colocamos a un edafólogo en la misma situación que los dos personajes anteriores, este coincidirá con varias de las observaciones del biólogo, y aunque parezca sorprendente, quizás sea capaz de hacer una observación extra: que el suelo es un sistema y que no corresponde al conjunto de lo no vivo, sino al de lo vivo.

Este ejemplo ilustra algunas de las diferencias que existen en la forma en que se percibe a la vida y cómo esta percepción no depende únicamente del grado de estudios, sino también de las creencias o del área de formación propias de cada persona.

La vida es un fenómeno natural familiar para cualquier persona, y así lo ha sido con seguridad durante toda la historia del hombre, pues su existencia gira en torno a la vida. Actividades tan importantes en la historia de la humanidad como la caza, la recolección, la agricultura, la ganadería, la guerra y la reproducción están íntimamente vinculadas con lo vivo, así como algunos sucesos cruciales en la existencia de todas las personas tales como el nacimiento, el crecimiento, la enfermedad, la reproducción, el envejecimiento y la muerte.

Quizás el vínculo más fuerte con el concepto de vida que tenemos como humanos es el hecho de considerarnos a nosotros mismos seres vivos; esto nos permite ponderar nuestras relaciones con el resto del universo al observar que hay otras entidades diferentes que consideramos también dotadas de vida. Para algunos pensadores, el universo completo es una entidad viva y todas las fuerzas y causas existentes son parte de su funcionamiento; para otros, en el universo existe un gradiente de vitalidad, donde hay entidades con mayor vitalidad que otras, y aun hay quienes no encuentran una distinción fundamental entre lo vivo y lo no vivo.

La investigación del mundo vivo (aquel integrado por las entidades dotadas de vida), por lo tanto, ha sido parte de una exploración en la cual el conocimiento de aquellos semejantes a nosotros, aunque más diferentes de lo que podrían haber pensado los primeros hombres que comenzaron esta exploración, nos ha dado más conocimiento sobre nuestra condición de seres vivos y ha cambiado nuestra comprensión de la vida misma.

Al reflexionar sobre la vida surgen diversas preguntas de las cuales la más importante es ¿qué es la vida?, pero las otras interrogantes no sólo no carecen de valor, sino que su respuesta contribuirá sin duda a completar una comprensión más profunda de lo que la vida es. Esas otras interrogantes son ¿de dónde viene la vida?, ¿desde cuándo existe?, ¿cómo surgió?, ¿hay vida fuera de la Tierra? Y además, hay otras cuestiones relacionadas cercanamente con las anteriores, aunque su respuesta suele rebasar o estar en el borde de algunas de las fronteras que los biólogos se imponen en su exploración del mundo, tales como

¿cuál es la diferencia entre lo vivo y lo muerto?, ¿qué es la enfermedad?, ¿qué es la muerte? o ¿cuál es el sentido de la vida?

Describir la historia de cómo se han planteado y se han intentado responder estas interrogantes sería describir toda la historia de la biología y de disciplinas como la historia natural y la filosofía natural que le precedieron, así como de otras áreas del conocimiento humano que se han dedicado a plantear posibles respuestas a cuestiones tan fundamentales para la humanidad. Sin embargo, en este trabajo únicamente me limitaré a explorar los intentos por dar respuestas de carácter científico a las cuestiones planteadas. No porque el resto de éstas carezca de importancia, sino por el carácter acotado de este trabajo y por mi formación como biólogo.

Biología: la ciencia de la vida

La biología es una ciencia joven que tiene sus orígenes como profesión a mediados del siglo XIX, y aunque sus raíces se ubican con los antiguos griegos (Mayr, 1997), sus temas de estudio han sido de importancia para la humanidad probablemente desde hace milenios y su antigüedad se puede rastrear hasta la prehistoria. Aspectos tan importantes para la sobrevivencia humana como la agricultura, el manejo de animales y el arte de la curación se relacionan con la biología. Y si bien el conocimiento de los ciclos naturales, o la comprensión de la relación entre la respiración y el latido del corazón con la vida, dejan un rastro menos permanente que el desarrollo de herramientas de piedra, armas, recipientes, vidrio y metales, la evolución cultural y la sobrevivencia humanas dependieron en última instancia de esa sabiduría biológica (Magner, 2002).

Uno de los antecedentes más importantes en el desarrollo de la biología corresponde a la tradición de la historia natural, que tiene como sus exponentes más tempranos la *Historia de los animales* y *De plantis*, de Aristóteles y Teofrasto respectivamente. Por otro lado, la *Historia natural* de Plinio el Viejo, una obra monumental elaborada durante el siglo I constituyó una obra de referencia sobre hechos naturales cuya influencia alcanzó hasta la Edad Media. Esta obra estuvo conformada por 37 tomos escritos por autoridades en temas como cosmología, astronomía, geografía, antropología, obstetricia, zoología, botánica, farmacología y mineralogía.

La tradición de la historia natural sufrió grandes transformaciones a lo largo de los siglos posteriores al Renacimiento, conformando dos vertientes muy distintas bajo el mismo

nombre. Una enfocada en la sistematización y la descripción de fenómenos u objetos particulares de la naturaleza de una manera ahistórica. La otra con un énfasis muy notorio en la búsqueda de explicaciones históricas de la naturaleza. Ambas vertientes llegaron a consolidarse alrededor de grandes obras como la de Buffon y la de Linneo durante el siglo XVIII (Sloan, 1990).

La filosofía natural, por otro lado, era el término destinado a las ramas del conocimiento dedicadas al estudio y la explicación de los mecanismos, procesos y fenómenos de la naturaleza. En la sistematización del conocimiento que Bacon hizo a principios del siglo XVII, relacionó a la historia natural con la habilidad de la memoria, mientras que a la filosofía natural la consideró el campo de la razón (Sloan, 1990). Es este dominio, el de la filosofía natural, el antecedente de la ciencia moderna, de la física y de la química, entre otras ciencias, pero también lo es de ramas como la fisiología y la embriología, que jugaron un papel importante en la constitución de la biología.

El término “biología” fue acuñado alrededor del año 1800 y fue una aportación de Lamarck, Treviranus y Burdach, aunque en el momento en que fue planteado por estos autores difícilmente se podría encontrar una disciplina a la cual se aplicara la definición. Ofreciendo una definición del término, Treviranus escribió en 1802: “El objeto de estudio de nuestras investigaciones serán las varias formas y manifestaciones de la vida, las condiciones y leyes que controlan su existencia y las causas por las cuales esta se efectúa. La ciencia que se ocupe de estos temas, la designaremos por el nombre de biología o ciencia de la vida.” No obstante, el proyecto de una ciencia biológica sólo se concretó con la consolidación entre 1828 y 1866 de disciplinas como la embriología, la teoría celular, la fisiología y la teoría evolutiva (Mayr, 1997). El término biología marcó un distanciamiento de las antiguas convenciones de la filosofía natural (Magner, 2002).

Durante el siglo XX, la biología sufrió transformaciones sorprendentes convirtiéndose, para finales del siglo, en una de las ciencias con mayor actividad de investigación y con mayor relevancia para la sociedad en general. El conocimiento generado por esta ciencia durante el siglo pasado permitió comprender aspectos anteriormente inexplicados del funcionamiento de los sistemas vivos, combatir de nuevas maneras algunas de las enfermedades más persistentes que han aquejado a la humanidad y documentar el gran impacto de las actividades humanas sobre muchos sistemas biológicos. De todos los eventos de trascendencia para la biología que ocurrieron durante el siglo XX, el más notable ha sido el descubrimiento del ADN a mediados

del siglo y el posterior desarrollo de la biología molecular, disciplina que se encuentra detrás del gran auge hacia fin de siglo de la investigación biológica.

Tanto su historia enraizada en tradiciones muy antiguas, como el surgimiento de nuevas teorías han transformado a la biología moldeándola de tal manera que es difícil hacer una clasificación de las disciplinas biológicas que haga justicia a su riqueza teórica y su desarrollo histórico. Una de las clasificaciones más antigua es aquella que divide a la biología en zoología y botánica. Esta división aún se conserva en la organización de muchos departamentos de biología en las universidades del mundo, y el florecimiento de disciplinas especializadas como la fisiología, la embriología, la genética o la ecología fue adoptado, en ocasiones, mediante la creación de áreas dedicadas a las vertientes vegetal y animal de cada nueva disciplina. Después del desarrollo de la biología celular y molecular algunas opiniones consideraron obsoleta la división en vegetal y animal, pero en la mayoría de las disciplinas esta división se conservó.

Se han hecho numerosos intentos por desarrollar una clasificación racional de las disciplinas biológicas, pero la mayoría de las propuestas no han tenido mayor éxito. Una de estas clasificaciones dividía a la biología en descriptiva, funcional y experimental, pero no tomaba en cuenta que tanto la experimentación como la descripción son actividades comunes en la mayoría de las disciplinas biológicas. Una de las clasificaciones más recientes de las ramas de la biología fue planteada por el Comité de Ciencias de la Vida de la Academia Nacional de EUA en 1970, que propuso 12 categorías: biología molecular y bioquímica, genética, biología celular, fisiología, biología del desarrollo, morfología, evolución y biología sistemática, ecología, biología del comportamiento, nutrición, mecanismos de la enfermedad y farmacología (Mayr, 1997).

Otra de las propuestas clasificatorias del dominio de las ciencias biológicas que ha sido muy adoptada en varios libros de texto de biología general y que ha sido retomada por filósofos de la biología como Elliot Sober es la planteada por el biólogo Ernst Mayr, que divide a las ramas de la biología en dos grandes grupos: la biología de causas últimas y la biología de causas próximas. La clasificación de Mayr se basa en su análisis sobre el problema de la explicación en biología, expuesto originalmente en su conocido artículo *Causa y efecto en biología*. De acuerdo con este análisis, la biología es una ciencia cuyo objeto de estudio se distingue drásticamente del de otras ciencias naturales:

La vida excepto en los niveles celular y molecular no posee una causalidad semejante a la de fenómenos físicos explicables como el efecto de leyes (como las de la gravedad y la termodinámica) [...] Todo fenómeno o proceso en los seres vivos es el resultado de dos causas separadas, usualmente referidas como causas próximas (funcionales) y causas últimas (evolutivas). (Mayr, 1997)

Los dos tipos de causas planteados por Mayr dan lugar a los dos grandes grupos en que se pueden dividir las ramas de la biología dependiendo del tipo de preguntas que sus estudios se planteen resolver. Así, aquellas disciplinas para las cuales es primordial explicar por medio de mecanismos procesos biológicos como la respiración, la fotosíntesis, la meiosis, etc. se caracterizan por responder a una pregunta: ¿cómo? En cambio, las disciplinas que explican los mismos procesos biológicos apelando a su historia evolutiva son particulares por responder a la pregunta ¿por qué? De esta manera, todo fenómeno en biología puede ser explicado en términos de dos conjuntos diferentes de causas, las causas próximas y las causas últimas, y cada una de las dos explicaciones será proporcionada por una disciplina biológica diferente.

No obstante los intentos por establecer una clasificación natural dentro del dominio de la biología, realizados por muchos de los biólogos más notables, como lo menciona Mayr, “*cada rama de la biología tiene su propio banco de datos, su propio conjunto de teorías, su propio marco conceptual, sus propios libros de texto, publicaciones periódicas y sociedades científicas. Es claro que hay similitudes entre las disciplinas biológicas que tratan con causas próximas, así como entre aquellas que se especializan en causas últimas, pero aun ellas difieren notablemente en la naturaleza de las teorías prevalecientes y los conceptos fundamentales*” (Mayr, 1997).

El citar estas controversias en el presente discurso no tiene por objeto el cuestionar la unidad de la biología como ciencia, o favorecer las afirmaciones sobre su pobreza científica basadas en comparaciones superficiales con la física o la química, sino más bien acentuar la diversidad teórica y metodológica de esta ciencia. Es así, que en la biología actual es difícil pensar en dar una respuesta única al problema central de la vida, a pesar de algunas afirmaciones poco cautelosas de algunos biólogos, como la de James Watson y Francis Crick, los descubridores de la estructura del ADN, que al celebrar su descubrimiento se aventuraron al decir que ese día habían descubierto el secreto de la vida; posteriormente Barry Commoner, un biólogo, contestaría a esa afirmación diciendo que más bien la vida es el secreto del ADN.

De esta manera, muchos de los nuevos descubrimientos en las ciencias de la vida han despertado grandes esperanzas de dar respuesta a nuestras interrogantes más inquietantes acerca de la vida y, en retrospectiva, más que ofrecer una respuesta definitiva a esas cuestiones han contribuido con nuevas preguntas. En conjunto, todo el conocimiento biológico ha logrado enriquecer el panorama que se tiene de la vida.

Las respuestas de la biología

Como se describió un poco antes, el estudio científico de la vida ha recorrido un largo camino en el cual la propia ciencia de la vida se ha transformado y nos ha hecho conocer aspectos de los seres vivos que nos eran desconocidos anteriormente. Pero también se mencionó que es difícil pensar en ofrecer una respuesta única al problema fundamental de la vida, y que los nuevos descubrimientos más que ofrecer respuestas, han aumentado nuestras preguntas. Entonces, ¿qué objeto tiene el estudio científico de la vida si no puede responder una cuestión tan fundamental?, ¿es acaso que la forma en que la biología estudia la vida no es suficientemente efectiva si no puede darnos una respuesta a la pregunta de qué es la vida?

Si bien la biología no ha respondido a la pregunta planteada de una manera concluyente y exhaustiva, sin embargo sí ha contribuido a responder muchas de las otras preguntas sobre la vida que se han planteado desde antes del surgimiento de la biología como ciencia, y de aquellas surgidas a partir del desarrollo de las ciencias de la vida. La forma en que las disciplinas biológicas han estudiado la vida ha dado a conocer nuevos aspectos de los seres vivos.

A lo largo de todos los años transcurridos de investigaciones biológicas, se han descubierto características que son comunes a muchos sistemas vivos, aunque generalmente para cada característica o proceso descrito para un grupo de seres vivos hay diversas excepciones o modificaciones.

Antes de adentrarnos en el tema principal de este trabajo, la caracterización científica de la vida, es importante explorar brevemente algunos de esos aspectos que están muy relacionados con el tema central que nos ocupa, y que hemos llegado a conocer con más profundidad: el origen, la clasificación y el funcionamiento de los sistemas vivos. Al mismo tiempo expondremos cómo disciplinas biológicas particulares han creado métodos muy específicos en la exploración de los diferentes aspectos de los fenómenos vitales.

¿Cómo y cuándo surgió la vida?

De acuerdo con las investigaciones científicas sobre el origen de la vida, la antigüedad de este evento en nuestro planeta es de alrededor de cuatro mil millones de años. Tal cantidad ha sido determinada a partir del análisis químico de antiguos restos geológicos que evidencian la existencia de procesos de selección de isótopos de carbono como los que ocurren en las células de los seres vivos actuales y que crean una diferencia entre las estructuras de origen orgánico y aquellas de origen inorgánico (Brack, 2001).

Adicionalmente, hay evidencias fósiles que apoyan una antigüedad mayor a los 3500 millones de años y datos geofísicos que indican que la vida no puede haber surgido en el planeta mucho antes que hace 4000 millones de años.

Posteriormente al surgimiento de la vida en el planeta, una gran parte de los cambios que han ocurrido en las formas vivientes se conocen debido al registro fósil y su estudio ha permitido hacer reconstrucciones de la historia de la vida en la Tierra y determinar los procesos naturales detrás de esa historia. Dicho estudio se ha constituido en una disciplina científica llamada biología evolutiva.

La teoría de la evolución surgió en el siglo XIX y la biología evolutiva junto con la genética y la biología molecular fue uno de los campos de estudio que más contribuyó a conformar la biología del siglo XX; su influencia ha permeado la cultura y el lenguaje populares. En particular, los logros de la paleontología han fascinado a personas de todos los niveles académicos y de todas las edades, y han llegado a formar parte de la cultura general. Sin embargo, la labor de esta disciplina (la paleontología) es sumamente compleja, pues requiere reconstruir los procesos y las estructuras vitales a partir de materiales orgánicos que ya no tienen vida o aun de aquellos que son de origen inorgánico pero que conservan huellas de actividad orgánica.

El campo de estudio de la paleontología abarca el análisis y la reconstrucción, a partir de los restos fósiles, de la evolución, la estructura y la función de especies extintas. Detrás de toda la labor paleontológica se encuentra la búsqueda de rastros de actividad biológica. Para encontrar tales rastros se emplea el conocimiento que se tiene de los seres vivos actuales, de sus procesos internos, de las estructuras que los conforman y de las transformaciones que realizan en su hábitat. Estos rastros se manifiestan en la forma de macro o microestructuras correspondientes a partes fosilizadas de antiguos seres vivos tales como huesos, dientes,

corteza, hojas, huevos, exoesqueleto, alas, conchas, patas, micelio, etc. o a otro tipo de estructuras correspondientes a madrigueras, túneles, colmenas, nidos, huellas, etc.

El origen de la vida se encuentra dentro del área de competencia de la paleontología, y de hecho es un evento para cuyo estudio ha sido muy útil el análisis de los restos fósiles a través de técnicas paleontológicas; sin embargo, es bien sabido que el registro fósil sólo en raras ocasiones conserva las partes blandas de los organismos y en casos también muy raros los fósiles poseen suficiente detalle como para reconocer las estructuras celulares que los conforman. En el caso de los primeros millones de años de la evolución de la vida (evolución temprana), las formas vivas no tenían estructuras duras como huesos, exoesqueletos o leña y su tamaño era microscópico.

Los sistemas que son relevantes para el estudio del origen de la vida difieren de los sistemas comúnmente estudiados por la paleontología en cuanto a la abundancia de registro y en cuanto a su parecido con los sistemas vivos conocidos, pues si bien deben existir relaciones de parentesco entre las primeras y las actuales formas de vida, en sus primeras etapas, las formas vivas seguramente fueron drásticamente distintas de las existentes y de las reconstruidas gracias al registro fósil.

La forma en que ocurrió el surgimiento de la vida sobre el planeta es todavía muy debatida, con discusiones encarnizadas entre los defensores de las distintas posturas, pero, aunque diferentes, las teorías modernas sobre el origen de la vida se agrupan en general en torno a la propuesta de la formación de estructuras prebióticas a partir de los componentes inorgánicos presentes en la atmósfera primitiva de la Tierra y su posterior evolución por selección natural.

Los descubrimientos que ha hecho la biología en su intento por dar respuesta a los cuestionamientos sobre el origen de la vida se extienden desde la observación de que no hay generación espontánea de vida hasta la consideración de sistemas moleculares muy simples como precursores de la vida en todo el planeta. En el camino, han surgido nuevas disciplinas y diferentes teorías con implicaciones profundas sobre nuestra manera de concebir la vida.

¿Cuántas formas de vida hay?

El hombre dentro de su exploración del mundo suele crear clasificaciones para los diferentes objetos que existen. Entre esos objetos de interés para los hombres se encuentran los seres vivos, y cada cultura ha clasificado a los organismos en diferentes grupos, de acuerdo con sus creencias, religión o cosmovisión (Llorente, 1998).

La biología clasifica a los seres vivos en un sistema jerárquico de siete niveles o categorías: especie, género, familia, orden, clase, división o *phylum* y reino, de la categoría menos inclusiva a la más inclusiva. Por lo tanto, si uno quisiera responder desde la biología a la pregunta de cuántas formas de vida hay, tendría que contestar que hay tantas formas como especies en el mundo. Sin embargo, es importante hacer notar que si bien la morfología de las especies es una parte muy importante de la clasificación biológica, existen muchos otros aspectos que se toman en cuenta al clasificar a los seres vivos, desde aspectos bioquímicos hasta ecológicos.

La sistemática es la rama de la biología que incluye entre sus actividades el estudio de los sistemas de clasificación de las especies. Esta rama tiene como uno de sus antecedentes más conocidos la obra de Linneo titulada *Sistema naturae* correspondiente al siglo XVIII, en la cual establece las bases de un sistema de clasificación natural de los tres reinos concebidos en ese momento: animal, vegetal y mineral. Tanto el sistema elaborado por Linneo para la clasificación de las plantas, como las observaciones de la zoología comparativa buscaron durante años identificar a través de la observación de la morfología de los organismos las características esenciales de cada especie. Linneo, por ejemplo, tomó tal característica de las estructuras reproductivas de las plantas. Cuvier, por otro lado, consideraba que las estructuras alimenticias de los animales eran cruciales en su clasificación (Stevens, 2002).

Pero al igual que la pregunta sobre el origen de la vida descrita previamente, la clasificación de los seres vivos, y de hecho de todo el mundo percibido, es algo que ha ocurrido en todas las sociedades humanas, aunque las características que han sido consideradas varían, y se relacionan con el modo de vida y la cosmovisión de cada sociedad.

La situación de la clasificación biológica cambió con el surgimiento de la teoría de la evolución, que estableció un criterio de mayor alcance que los planteados anteriormente para reconocer cuáles eran las características más importantes para agrupar a los seres vivos: aquellas que evidenciaran relaciones de parentesco.

Es común que en ciertas culturas se generen clasificaciones no científicas en las cuales se establece una división altamente precisa de algunos organismos que son muy importantes para la sociedad que los clasifica, aunque la clasificación de otros organismos de menor relevancia para su modo de vida sea realmente burda. Esto ha ocurrido también en las clasificaciones científicas, pues aunque construidas tomando en cuenta aspectos evolutivos, la importancia relativa de cada carácter era decidida exclusivamente por la experiencia de algún

buen conocedor del grupo. En las últimas décadas se han generado críticas a esta forma de proceder, y se han formulado métodos más precisos aplicables a todos los organismos.

Aun cuando la división del mundo vivo en diferentes conjuntos es una noción común en todas las culturas, la biología ha establecido un criterio universal para la clasificación de todos los seres vivos a partir de sus relaciones de ancestría-descendencia, y las diferencias que se suelen tomar en cuenta para clasificar a los organismos incluyen las morfológicas, pero también incluyen otros aspectos que evidencian una separación a nivel evolutivo entre grupos biológicos.

¿Cómo funciona la vida?

La pregunta acerca del funcionamiento de la vida se suele plantear en torno a los procesos que ocurren en un organismo y que le dan las características particulares que observamos y que nos hacen reconocerlo como una entidad viva. Esta cuestión necesariamente se encuentra muy cercana a la pregunta sobre la naturaleza de la vida y, como tal, no es una pregunta fácil de responder aun para el biólogo contemporáneo, pues este sabe que el funcionamiento de la vida se puede estudiar en diferentes niveles de organización, y que los procesos que ocurren en cada uno de ellos son muy distintos. De hecho, el funcionamiento de los sistemas vivos tradicionalmente ha sido estudiado por la fisiología, pero hay otros aspectos que son estudiados, por ejemplo, por la ecología o la etología.

Las observaciones que anteceden al estudio científico de este aspecto de los seres vivos son mucho más antiguas que la biología, relacionadas íntimamente con los usos prácticos de plantas y animales, así como con el funcionamiento del propio cuerpo humano. El estudio del cuerpo humano es de hecho una actividad tan antigua y tan persistente a lo largo de la historia de la humanidad, que una gran porción del conocimiento acerca de las funciones de las partes del cuerpo, y sobre los efectos de diferentes factores sobre estas, ha sido generado por la medicina y por la fisiología médica; tradiciones cuyo origen se puede rastrear hasta los griegos, pero que de diferentes maneras han estado presentes en todas las sociedades humanas.

La filosofía de Aristóteles (~384-322 antes de Cristo) es uno de los casos tempranos en que se aborda intelectualmente la explicación del funcionamiento de los seres vivos, y que de hecho extiende su explicación al resto del mundo material, estableciendo una serie de causas relacionadas que dan lugar a la ocurrencia de todos los fenómenos naturales. Este

planteamiento tuvo un impacto muy duradero sobre la comprensión de los fenómenos del mundo vivo.

Tradicionalmente se considera que el alcance de la explicación aristotélica solamente es debilitado por el surgimiento del mecanicismo durante el siglo XV. El mecanicismo es un movimiento que se caracteriza por su intento de establecer explicaciones de procesos vitales como la respiración, la digestión y la generación a partir de las leyes de la mecánica y en analogía con el funcionamiento de diferentes máquinas como los fuelles, las poleas, las bombas, etc. Sin embargo, hay autores que consideran que la visión de Descartes (uno de los máximos exponentes del mecanicismo) sobre el funcionamiento de los seres vivos comparte varios elementos con la filosofía de Aristóteles (Suárez, 2000).

No obstante, tanto el mecanicismo como los movimientos opuestos a este han hecho aportaciones importantes al conocimiento de los diversos aspectos del funcionamiento de los seres vivos. Y poniéndola en contexto, la afirmación de Watson y Crick podría no ser tan descabellada si se toma en cuenta la importancia que tenía en ese momento la genética en la explicación de los fenómenos vitales.

Cada uno de los tres problemas mencionados (origen, clasificación y funcionamiento) ha sido considerado de mayor importancia para resolver las cuestiones más fundamentales de la vida en diferentes momentos de la historia de la biología. Y recapitulando, es posible observar que cada uno ha abordado diferentes aspectos del mundo vivo y que quizás la respuesta final, si es que existe alguna, no pueda obtenerse sin considerar el panorama completo.

Otras miradas

Aunque lo mencionemos al final, no carece de importancia el hecho de que la biología no ha generado todo su conocimiento independientemente de otras disciplinas científicas o, en general, del resto de las actividades humanas. Como se ha hecho notar más arriba, una gran parte del conocimiento del mundo vivo se generó en actividades cotidianas como la agricultura, la cría de animales, la recolección de plantas o simplemente en la contemplación de la naturaleza y del propio cuerpo humano.

El desarrollo de ciertas técnicas también ha impactado necesariamente el desarrollo de la biología, y le ha permitido explorar a través de diferentes métodos a los seres vivos. A veces mediante la aplicación controlada de formas de energía como la electricidad o el magnetismo,

a veces por medio de la construcción de máquinas que extiendan las habilidades de los biólogos para manipular u observar a diferentes organismos.

Por otro lado, ciencias como la física y la química han hecho aportaciones teóricas muy notables a la comprensión de los sistemas vivos, ya sea que a partir de su propio desarrollo han generado conocimiento que ha sido relevante para la biología, o mediante la aplicación de sus métodos de estudio a los sistemas vivos. Esto último ha generado campos especiales de la ciencia como la bioquímica y la biofísica, que se dedican específicamente al estudio de los seres vivos desde el enfoque de la química y de la física respectivamente.

El desarrollo de las matemáticas también ha contribuido al estudio de los sistemas vivos al brindar herramientas que permiten modelar los complicados fenómenos que ocurren en los organismos. Algunos de los ejemplos más notables son la inclusión del enfoque probabilístico en el estudio de la herencia, el empleo de las técnicas estadísticas en una gran parte de las disciplinas biológicas, y la aplicación del enfoque poblacional primero, y de la teoría de juegos, después, a la biología evolutiva.

Pero no solamente ha fluido el conocimiento desde otras disciplinas hacia la biología, sino que también la biología ha hecho aportaciones a otras áreas tales como la epistemología y las ciencias de la computación, sin pasar por alto a las ingenierías, que frecuentemente han encontrado inspiración en el conocimiento de los procesos vitales. En la epistemología se han aplicado los conceptos básicos de la teoría evolutiva con el fin de explicar el cambio de los sistemas de creencias en general, y de las teorías científicas en particular, como un proceso de evolución. De manera análoga al papel que la investigación biológica ha jugado en las ingenierías, la epistemología evolucionista ha hecho una aplicación heurística comparando la evolución biológica con la evolución conceptual. Esta visión de la transformación de los sistemas de conceptos ha tenido un desarrollo considerable durante el siglo XX y sigue siendo un campo de investigación en la filosofía (Ruíz Gutiérrez y Ayala, 1998)

En ciencias de la computación se han retomado ideas de la neurobiología, la ecología, la genética y la evolución, y se han aplicado en la resolución de diferentes problemas de cómputo, como la optimización de algoritmos o el reconocimiento de patrones.

Adicionalmente, han surgido propuestas que intentan resolver algunos de los problemas planteados en torno a la vida a través de enfoques que se alejan de la tradición biológica. Una de estas propuestas es la de ciertos biofísicos, que han pretendido explicar las características de los sistemas vivos a partir de los principios termodinámicos. Otra es la de la vida artificial,

que se enfoca en la construcción de sistemas vivos a través de una computadora. De estas dos áreas hablaremos un poco más adelante.

De conceptos y definiciones científicas

Los conceptos son la materia prima del pensamiento, y su importancia para este es tal que suele compararse con la importancia que tienen las palabras en relación con el habla. Así, es posible extender la analogía entre conceptos y palabras a proposiciones y oraciones, y al pensamiento y el habla. Pero no solamente es una relación de analogía la que une el habla y el pensamiento, sino que hay una relación mucho más estrecha en tanto que las palabras y las oraciones son el vehículo principal por el que comunicamos el pensamiento (Mosterín y Torretti, 2002).

Precisando la relación que existe entre el pensamiento y el habla, podemos decir que en el lenguaje cotidiano se emplea una gran cantidad de palabras que, articuladas en forma de oraciones, hacen posible la transmisión de diferentes conceptos o ideas. La asociación particular entre los conceptos y los vehículos lingüísticos que empleamos para comunicarlos se puede entender desde dos enfoques: uno sincrónico y otro diacrónico. El primero se relaciona, por ejemplo, con las normas de la lengua que hablamos y con los usos más comunes de los términos que empleamos. El otro se refiere a la evolución histórica de esa asociación, que constituye un antecedente del uso actual de cada término (Rojas, 2001).

No obstante su importancia, o precisamente por ella, la naturaleza de los conceptos se puede considerar una de las cuestiones más difíciles de la filosofía y alrededor de la cual se han desarrollado muchas reflexiones filosóficas. De hecho, las disputas filosóficas sobre los conceptos frecuentemente reflejan aproximaciones profundamente opuestas al estudio de la mente y el lenguaje, y aun a la propia filosofía (Margolis y Laurence, 2005).

Las reflexiones sobre los conceptos de las cuales se tiene registro, se remontan a la antigua Grecia; constituyendo la teoría de los conceptos de Platón la primera teoría influyente al respecto. Para Platón los conceptos constituyen entidades abstractas, inmutables y propias del mundo de las ideas, de las cuáles sólo se puede recuperar el conocimiento, que fue perdido en el nacimiento, a través de la educación. La visión de Platón plantea una naturaleza fija de los conceptos, en contraste con la naturaleza cambiante del mundo percibido. Aristóteles, por

otro lado, en su *Metafísica* critica la teoría de Platón y afirma que la única substancia que existe es la de los objetos particulares y que no hay conceptos universales independientes de los objetos (Thagard, 1992).

Así, el concepto de árbol es algo completamente diferente para Platón y para Aristóteles; para el primero consiste en una esencia que corresponde a todos los árboles que hay o pueda haber, y de la cual recuperamos conocimiento al reflexionar sobre las manifestaciones imperfectas de esa esencia que son los árboles concretos. Para Aristóteles, en cambio, no existe tal esencia como algo independiente de los árboles, sino como aquello que todos los árboles particulares tienen en común.

Más tarde, tanto Descartes como Leibniz compartieron con Platón la creencia en la existencia de ideas innatas que constituyen la fuente más importante del conocimiento. En oposición con estas propuestas, los empiristas de los siglos XVII, XVIII y XIX: Locke, Berkeley, Hume, Hartley, Reid y Mill afirman que las ideas se derivan de la experiencia sensorial, que constituye la fuente más fiable de conocimiento. Kant representa un punto intermedio entre ambas posturas en tanto que su propuesta es que existen conceptos puros, a priori, pero que estos pueden ser aplicados a las apariencias sensoriales por medio de ciertas reglas de síntesis o procedimientos universales de la imaginación (Thagard, 1992).

A diferencia de los filósofos empiristas y de los aprioristas, Hegel se enfoca más en la importancia de la conciencia y la revisión del conocimiento a través de la crítica y la mejora de nuestras ideas. Con una aproximación diferente a los filósofos anteriores, tanto Frege como Carnap abordan una interpretación basada en la lógica de los conceptos y del conocimiento.

Wittgenstein, en cambio, abandona la visión de los conceptos como lo que contiene lo esencial de los objetos y afirma que lo único que se puede encontrar entre los objetos a los cuales se aplica un mismo concepto es un cierto parecido de familia.

Si bien, las discusiones sobre la naturaleza de los conceptos, o sobre su relación con el habla y el pensamiento han sido un interés primordial para la filosofía, recientemente han sido desarrollados otros enfoques, en campos distintos de la investigación filosófica, que también abordan los problemas de la naturaleza, el origen del conocimiento, así como las cuestiones relacionadas con los conceptos. Dos de estos enfoques más recientes son el de la psicología cognitiva y el de la inteligencia artificial, que abordan estos y otros problemas del conocimiento.

Aun tomando en cuenta la controversia general en torno a la naturaleza de los conceptos, se puede afirmar que no sería posible comprender nuestras experiencias si no pasaran a través del tamiz de un sistema conceptual. De hecho, la complejidad y la articulación de un sistema conceptual se puede relacionar directamente con la articulación y la eficacia del conocimiento que se obtenga de la realidad a la que se aplica ese sistema de conceptos (Díez y Moulines, 2003).

En el resto de este capítulo abordaremos la discusión particular acerca de los conceptos y las definiciones científicas, de sus características más notables, de su clasificación y de su papel en el conocimiento científico. El capítulo concluirá con una breve consideración de la relación entre cambio conceptual y cambio científico.

Conceptos científicos

Mitosis, meiosis, evolución, adaptación, adecuación, apomorfía, plesiomorfía y aclimatación son algunos de los muchos términos propios de la biología; cada uno con un significado y una norma de uso particular. Algunos de estos términos, así como algunos propios de otras ciencias, se utilizan en el lenguaje cotidiano, por ejemplo, adaptación, aclimatación, peso, densidad, volumen, área, etc. Otros, en cambio, como quark, apomorfía, meiosis, aclimatización, isótopo y quirál se usan básicamente en el lenguaje científico y raramente se mencionan en el habla corriente.

Muchos de los conceptos científicos surgen de conceptos cotidianos, aunque en su formación se han transformado y han adquirido más precisión. Al respecto, Hempel menciona en la introducción a su obra clásica de 1952, sobre la formación de conceptos en ciencia empírica:

En los estados iniciales de la investigación científica se establecen las descripciones, así como las generalizaciones en el vocabulario del lenguaje cotidiano. El crecimiento de una disciplina científica, sin embargo, siempre conlleva el desarrollo de un sistema de conceptos especializados, más o menos abstractos, y de una correspondiente terminología técnica. (Hempel, 1952)

No obstante, la relación entre el lenguaje científico y el lenguaje común es una relación mucho más compleja, pues tanto los conceptos exclusivos de las distintas ciencias, como los conceptos comunes que han sido precisados por la ciencia, suelen transmitirse, más tarde o más temprano, al lenguaje común, y desde allí pueden volver a influir el desarrollo de nuevos conceptos científicos. Este tipo de complicadas transformaciones han sido retratadas

magistralmente por los historiadores de la ciencia; en particular por aquellos que se dedican a la historia de las ideas.

Además, a las complicaciones que se evidencian al reflexionar sobre la relación entre los conceptos científicos y los conceptos comunes, y que nos llevan a considerar el complicado proceso del desarrollo histórico de los conceptos, tenemos que añadir la compleja relación que se desarrolla entre cada sistema conceptual y la fracción de la realidad a la cual es aplicado.

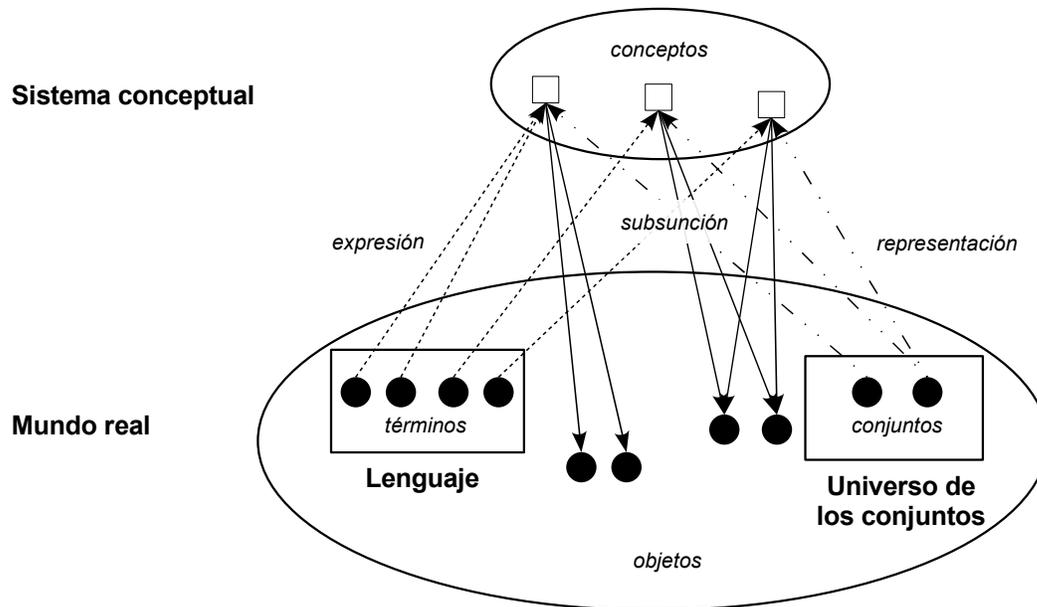


Ilustración 1: Las relaciones entre la realidad y un sistema conceptual (Díez y Moulines, 2003)

Díez y Moulines esquematizan esta relación tal como se muestra en la Ilustración 1. En este esquema figuran varios vínculos que relacionan los elementos del sistema conceptual con los diferentes tipos de objetos que pertenecen al mundo real. Como se representa en la figura, las relaciones entre ambos dominios (el del sistema conceptual y el del mundo real) son de tres tipos: subsunción, expresión y representación.

- Subsunción

Es la relación que establecemos cuando aplicamos un concepto a uno o más objetos reales. Por ejemplo, cuando observamos al microscopio una célula y la reconocemos como una célula vegetal, lo que hacemos es subsumir ese objeto observado bajo el concepto de célula vegetal.

- Expresión

Se refiere a la relación, ya mencionada al principio del capítulo, entre un sistema de conceptos y un sistema lingüístico; es decir, la relación que se da cuando los términos de un lenguaje expresan conceptos. Este tipo de nexo es justamente el que ocurre entre la frase “ácido desoxirribonucleico” y el concepto de ADN que pretende comunicar.

- Representación

Esta relación se establece entre un concepto y el conjunto de objetos reales que ese concepto subsume. Así, el concepto de polen estará representado por el conjunto formado por todos los granos de polen existentes en el mundo, mientras que el concepto de célula procarionte diploide tendrá una representación vacía (al menos hasta donde sabemos).

En el esquema anterior se han incluido los elementos del sistema conceptual que cumplen con las tres relaciones planteadas; es decir, cada uno de los conceptos subsume a varios objetos, es expresado por uno o más términos y es representado por un conjunto. También se muestra la posibilidad de que un objeto sea subsumido bajo dos conceptos y la posibilidad de que varios conceptos estén representados por el mismo conjunto.

Pero no se han representado otras condiciones que también pueden existir, tales como la existencia de conceptos vacíos, es decir, conceptos que no subsumen ningún objeto y tienen una representación vacía, la existencia de conjuntos que no representan ningún concepto o la existencia de términos que no expresan conceptos. Todas estas relaciones son posibles, y de hecho, en la historia de la ciencia ha ocurrido que un concepto como los representados en el esquema, sea considerado posteriormente un concepto vacío. Un ejemplo claro de esto último es el del “flogisto”, o el del “éter”.

En relación con los aspectos recién descritos, hay dos atributos que poseen los conceptos y que tienen relevancia para las discusiones filosóficas sobre la definición: extensión e intensión (Mosterín y Torretti, 2002).

- Extensión

Es el conjunto de entidades que son subsumidas por un concepto, a las cuales se aplica o que caen bajo él. También se suele llamar denotación.

- Intensión

Es el significado de la palabra que lo expresa, la definición o el criterio que empleamos para aplicarlo. Se le llama también comprensión o connotación.

Las diferencias entre estos dos aspectos de los conceptos se encuentran detrás de aproximaciones completamente distintas a la naturaleza de la definición y, por ello, serán

retomados en una sección posterior, donde trataremos sobre las definiciones científicas. A continuación, se expone la forma en que se ha clasificado a los conceptos científicos en relación con su estructura lógico-matemática.

Tipología de los conceptos científicos

Existe una distinción clásica que divide a los conceptos en dos grupos: cualitativos y cuantitativos. Esta clasificación es de hecho enseñada en diferentes ramas de la ciencia, en particular cuando se estudia el tratamiento estadístico de los datos, la modelación de un fenómeno o diferentes aspectos de la clasificación. En el caso de la biología, en particular, los estudiantes aprenden estas distinciones cuando abordan los conceptos que permiten la clasificación de los individuos de acuerdo con sus características. Así, se les enseña, por ejemplo, que la altura es una característica cuantitativa, al igual que el peso, la superficie de una hoja, el ritmo cardíaco o la concentración de colesterol en la membrana celular; y las características cualitativas son el color, el sexo, la textura, la forma de las hojas, etc. Al abordar estas distinciones, el estudiante también aprende que el carácter de los datos (cualitativos o cuantitativos) determina el tipo de tratamientos que se puede hacer a partir de esa información.

Esta distinción entre un sistema conceptual cualitativo y uno cuantitativo es clásica en la filosofía de la ciencia, pero actualmente se considera más bien una clasificación burda, pues el análisis estructural de los conceptos científicos ha permitido establecer, de una manera más exacta, tres clases de conceptos científicos: clasificatorios, comparativos y métricos. Aun cuando se pueda decir que de esta clasificación las dos primeras divisiones corresponden a los conceptos cualitativos, y la última a los cuantitativos, también es importante señalar que la segunda clasificación mencionada de los conceptos científicos considera aspectos no tomados en cuenta por la primera.

Uno de estos aspectos, si no el más importante, es la consideración de que la tipología de un concepto es más una consecuencia de la forma en que pensamos ese concepto, que una característica propia del objeto. Así, la distinción entre cualitativo y cuantitativo ha sido considerada, equivocadamente, como una distinción ontológica, y no como epistemológica.

Ni el mundo globalmente considerado, ni ninguna parcela del mismo es en sí misma cualitativa o cuantitativa [...] no es la realidad misma o un fenómeno particular lo que es cualitativo o cuantitativo, sino el modo como lo describimos, es

decir, el aparato conceptual que utilizamos para aprehenderlo [...] a veces es más provechoso, o más sencillo, usar un tipo de conceptos que otro tipo. (Díez y Moulines, 2003)

El estudio actual de los tres tipos de conceptos considerados, así como de las relaciones entre ellos, tiene una expresión formal compleja, más allá de los objetivos de este trabajo, por lo cual su descripción se limitará a los aspectos más generales de cada una de las divisiones:

- Conceptos clasificatorios:

Este tipo de conceptos atribuye a cada objeto del dominio que clasifica la propiedad de pertenencia a una clase. Cada individuo del dominio puede pertenecer a una sola clase, y ninguna clase debe ser vacía. Ejemplos de este tipo de conceptos son:

- a) la regularidad y la convexidad de los polígonos en geometría,
- b) el estado físico de la materia,
- c) el tipo de nutrición (autótrofa o heterótrofa) de un organismo.

- Conceptos comparativos:

Estos conceptos asignan a cada objeto del dominio una posición superior, inferior o equivalente a la de cualquier otro objeto. Difieren de los anteriores en que establecen un orden entre los elementos del dominio. Como ejemplos tenemos los siguientes:

- a) la dureza de los minerales de acuerdo a la escala de Mohs en mineralogía,
- b) la pubescencia de las hojas en botánica,
- c) la agudeza de un sonido en acústica.

- Conceptos métricos:

Este último tipo de conceptos científicos es más difícil de definir que los dos anteriores, sin usar un lenguaje formal. Si los dos tipos ya mencionados se relacionaban con la clasificación, el primero, y con la comparación (o la ordenación), el segundo; entonces podemos decir que los conceptos métricos se relacionan con la metrización. La metrización consiste, a grandes rasgos, en la vinculación por medio de una función de los objetos de un sistema empírico con el conjunto de los números reales. Es muy importante subrayar que no cualquier función será apropiada, sino sólo aquella en la cual el número real asociado a cada objeto corresponda con la magnitud de la propiedad que el concepto representa. Un ejemplo de esto último es cómo el concepto métrico de masa, en el cual la suma de las masas de dos volúmenes de agua corresponderá a la masa de la mezcla de ambos volúmenes.

Entre los ejemplos de este tipo de conceptos tenemos:

- a) la temperatura de un cuerpo medida en grados centígrados,
- b) la concentración de glucosa en la sangre,
- c) la capacidad craneana.

Las tres clases descritas de conceptos científicos se pueden aplicar *grosso modo* a diversos conceptos comunes en las disciplinas científicas, aunque si se examina con detalle, es difícil encontrar un concepto utilizado efectivamente en alguna ciencia que corresponda por completo con los aspectos formales de la clasificación que se ha explicado aquí. En este sentido, se habla de que los tres tipos de conceptos tienen tanto condiciones formales, como condiciones materiales de adecuación.

Hay veces en que un aspecto de la naturaleza nos parece claramente correspondiente a alguno de los tres tipos de conceptos mencionados, pero también hay ocasiones en que nos cuesta mucho trabajo encontrar una manera interesante de tratar ciertos aspectos de los fenómenos que estudiamos. Aunado a esto, hay algunos prejuicios adicionales, surgidos desde ciertas posturas ideológicas que asocian un mayor grado de científicidad a los conceptos métricos, y esto puede ocasionar resultados pobres en el tratamiento que una disciplina hace de ciertos fenómenos de su dominio.

Ciertamente la metrización en una disciplina puede producir un avance importante, como ocurrió con la física y con la química, pues facilita el empleo de diversas herramientas matemática. No obstante, es inadecuado suponer que la simple metrización de los conceptos de una disciplina científica tendrá como consecuencia necesaria un avance en la investigación.

Definiciones científicas

La palabra 'definición' se explica por su etimología, que significa determinar, marcar los límites; una definición determina el significado de una palabra al establecer los límites de su aplicación correcta; ya sea que se trate de una palabra de uso común, en cuyo caso la definición podría intentar establecer los límites que representen el uso que de hecho tiene la palabra; ya sea una nueva palabra para la cual la definición funcione a manera de convención que establezca su uso correcto (Mosterín y Torreti, 2002).

La noción clásica de definición se opone a la de la mera peculiaridad, formulándose ambas como enunciados en los cuales el sujeto es lo que se define, y el predicado es un atributo del sujeto. La diferencia entre las dos se debe a que en la definición el predicado expresa supuestamente la esencia del sujeto. A pesar de su gran atractivo, esta noción tiene el gran

problema de asumir que todo lo que es definible posee una esencia, y que es posible distinguirla del resto de las cualidades del sujeto que se define (Mosterín y Torreti, 2002).

La definición ostensiva, que es una forma muy básica de definición, se basa en esta relación entre los objetos y el término que los denota. Es decir, definir ostensivamente el concepto de cebra equivaldría a señalar a los objetos a los cuales se aplica ese término; lo cual, aunque interesante, conlleva muchos problemas. Uno de estos problemas, es cómo saber si lo que se está definiendo es al animal rayado, o la característica de ser rayado, o la de ser animal, o el paisaje que incluye a la cebra, etc.

Por supuesto, cuando tenemos que recurrir a un señalamiento de este tipo para indicarle a alguien a qué nos referimos con cierto término, lo hacemos a falta, o como sustituto, de una definición intensional, y gracias a todo el lenguaje que compartimos es posible resaltar la cualidad particular hacia la que queremos llamar la atención (Caws, 1965).

Se ha distinguido entre dos tipos de definiciones, en función de su relación con el sistema lingüístico al que pertenecen: las definiciones internas y externas. Las primeras son definiciones formuladas por referencia exclusiva a otros términos pertenecientes al mismo sistema, mientras que las segundas se refieren a algo externo al propio sistema, por ejemplo a la percepción (Caws, 1965).

Hasta qué punto son posibles o necesarias las definiciones externas es una cuestión que forma parte de problemas muy actuales y debatidos dentro de la filosofía de la ciencia: el problema de los términos teóricos y el de la carga teórica de la observación. Así que, por lo pronto, no abundaré más en esto.

Tipología de las definiciones científicas

Si tomamos en cuenta tanto los objetivos como las características de las definiciones, es posible dividir las en dos clases generales que corresponden a la división tradicional entre definición nominal y definición real (Hempel, 1952):

- **Definición nominal:**

Es convencional, introduce una notación alternativa para una expresión lingüística existente. Un tipo de definición nominal es la definición contextual, que consiste en la introducción de un símbolo *s*, proveyendo sinónimos para ciertas expresiones que contienen a *s*, pero no para *s* mismo.

La definición nominal entonces se considera una estipulación que consiste en volver sinónimas la expresión definida (*definiendum*) y la expresión que la define (*definiens*). Esta última expresión debería poder sustituir en todos los contextos, o en los contextos indicados por una definición contextual, a la expresión original (definida).

- Definición real:

Tradicionalmente este tipo de definición corresponde a la noción clásica (esencialista) de definición. Pero ahora algunos autores la reinterpretan como la búsqueda de una explicación empírica de algún fenómeno o como un análisis de su significado.

Hempel, en particular, ha reinterpretado la noción de definición real de tres distintas maneras:

a) Análisis de significado o definición analítica: es producto de la reflexión sobre el significado de las expresiones constituyentes del concepto. El significado de la expresión definida (*analysandum*) se hace explícito a través de otra expresión (*analysans*).

b) Elucidación (análisis lógico o reconstrucción racional): es la precisión y resignificación de expresiones vagas para convertirlas en más adecuadas para discursos claros y rigurosos sobre la materia en cuestión. Propone una nueva definición, precisa y teóricamente fructífera, de un concepto.

c) Análisis empírico: establece características que son, empíricamente, necesarias y suficientes para la aplicación del concepto.

Las diferencias entre las tres aproximaciones que establece Hempel hacia una definición real son más bien sutiles. El tercer caso se distingue de los primeros dos porque implica una investigación empírica para establecer el *definiens* como el conjunto de condiciones necesarias y suficientes que cumplen los objetos que caen bajo el concepto investigado.

El análisis de significado, por otro lado no parte de una investigación empírica, sino que se enfoca en el análisis del significado que ya tienen, de hecho, las expresiones incluidas en el *definiens* de cada definición aceptada.

La elucidación es prácticamente idéntica al análisis de significado, excepto porque, de acuerdo a Hempel, sí tiene un vínculo con la investigación empírica, pues se basa en establecer un nuevo significado para un concepto ya existente, pero enfocándose en precisar el significado para hacerlo más acorde con un programa de investigación empírica, que para reflejar el significado actual de las expresiones con que se define el concepto.

A las dos clases generales de definición (nominal y real) se puede añadir la definición ostensiva, que ya ha sido descrita como una forma muy básica de definición. La definición operacional, tan popular en las ciencias físicas, más que un tipo de definición, corresponde a un punto de vista filosófico basado en un empirismo estricto o radical. El operacionalismo lo que hace es restringir el tipo de propiedades que deben aparecer en una definición científica a manipulaciones o procedimientos instrumentales (Alexander, 1967).

Para aclarar qué es una definición operacional podemos citar lo que Percy Bridgman, el autor que estableció originalmente que los conceptos de la física debían definirse operacionalmente, dijo con respecto al concepto de longitud:

¿Qué queremos decir por la longitud de un objeto? Es evidente que sabemos lo que queremos decir por longitud si somos capaces de decir cuál es la longitud de cualquier objeto, y para el físico nada más es necesario. Para encontrar la longitud de un objeto tenemos que efectuar ciertas operaciones físicas. El concepto de longitud se fija cuando las operaciones por las cuales se mide la longitud están establecidas [...] el concepto es sinónimo con el conjunto correspondiente de operaciones. (Bridgman, 1927)

No obstante el atractivo que las definiciones operacionales tienen para muchos científicos, las críticas hacia la propuesta han sido numerosas. Además de la observación de que las definiciones operacionales no se pueden considerar un nuevo tipo de definiciones, la estrecha relación entre las teorías y los mismos procedimientos y manipulaciones instrumentales que tienen lugar dentro de la investigación científica, implican que aun los conceptos definidos operacionalmente pueden cambiar su significado al cambiar el conjunto de teorías que dan significado a esas operaciones. Y esto es justamente lo que Bridgman quería evitar con su propuesta.

Cambio científico y cambio conceptual

Al principio de este capítulo se mencionó que la asociación entre nuestros conceptos y los términos que empleamos para comunicarlos se puede entender desde el punto de vista tanto de un análisis sincrónico, como de un análisis diacrónico. Esto mismo se aplica no sólo a los conceptos y términos cotidianos, sino también a los conceptos científicos.

En el caso de los conceptos científicos, su adquisición desde el punto de vista sincrónico ocurre principalmente durante la etapa de formación de los científicos. Este aprendizaje comprende las aplicaciones correctas de cada concepto y su relación con las teorías existentes dentro de la disciplina. Desde el punto de vista diacrónico se trata de un proceso histórico, y

tiene que ver con la transformación de esos conceptos científicos a través de la evolución y el desarrollo de la ciencia.

No obstante, hay diferencias. En el lenguaje común las reglas de uso de cada concepto se establecen de una manera contingente, al igual que las transformaciones que sufren con el tiempo. Y si bien esto no implica que sea imposible hacer una reconstrucción racional de los factores históricos, lingüísticos, culturales y sociológicos que impulsan esos cambios, sí es difícil sostener que los procesos de constitución del lenguaje responden a algún tipo de leyes subyacentes.

Por otro lado, en el caso de la ciencia, se acepta comúnmente que cada concepto científico se encuentra inserto en una teoría científica, y que es en términos de esa teoría que se establece su dominio de aplicación y su conexión con otros conceptos relacionados. Además, no solamente se afirma que es posible hacer una reconstrucción racional de las transformaciones históricas de los conceptos científicos, sino que el proceso mismo de desarrollo de estos conceptos obedece principalmente a factores racionales, en mayor o menor grado de acuerdo a diversos autores.

Sin embargo, las diferencias entre el lenguaje común y el lenguaje científico no son tan claras, y, como se mencionó más arriba, de hecho existe una relación muy intrincada entre los dos. Esta relación conlleva el tránsito de ciertos conceptos desde el lenguaje común al lenguaje científico y también en sentido contrario.

La filosofía de la ciencia se ha interesado en esta relación, y también en el estudio sincrónico y diacrónico del lenguaje científico, precisamente intentando descubrir cuál es esa estructura subyacente que se encuentra detrás del lenguaje científico de una disciplina en un momento histórico particular, y detrás de las transformaciones conceptuales que se detectan en la historia de la ciencia.

En distintos momentos de su historia, la filosofía de la ciencia ha prestado más o menos atención a cada uno de estos aspectos del lenguaje científico. Algunas escuelas han considerado más prometedor o relevante el estudio de la estructura lógica de las teorías y conceptos científicos, mientras que otras se han enfocado en los problemas del cambio científico. Los aspectos presentados hasta ahora, en este capítulo, corresponden a una visión básicamente analítica y sincrónica de los conceptos científicos.

Temas tales como la relación entre un sistema de conceptos y el lenguaje que lo expresa, o el dominio de la realidad al que se aplica, así como su clasificación, corresponden al tipo de

aspectos que podríamos estudiar del conjunto de conceptos usados en general por las comunidades científicas. La forma en que estos conceptos se integran en un cuerpo teórico, y su papel en la formulación de hipótesis, leyes o principios generales son problemas similares en cuanto a que se enfocan en el papel de los conceptos en la actividad científica.

Si bien la exploración de este tipo de problemas ha iluminado aspectos cruciales de la ciencia, y de la forma en que los científicos se enfrentan a su campo de estudio, la investigación de los aspectos diacrónicos de la ciencia ha sido igual de valiosa para la comprensión del desarrollo histórico de la ciencia. Una vez más, plantear una separación estricta entre el estudio que la filosofía de la ciencia hace de los dos aspectos mencionados, estaría completamente fuera de lugar, pues aun cuando esas investigaciones difieren mucho, también se enriquecen mutuamente.

Los estudios acerca del cambio científico se acrecentaron a partir de la obra de Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, dando lugar a una nueva corriente en la filosofía de la ciencia, conocida como nueva filosofía de la ciencia, o filosofía historicista de la ciencia. La obra de Kuhn ha sido sumamente influyente, tanto en la filosofía de la ciencia como en otras áreas. Algunos de los términos empleados por él, como paradigma o revolución científica, se han popularizado hasta volverse de uso común. Aun cuando ya existían antes de la formulación de Kuhn, el uso más extendido de estos términos, tanto en filosofía de la ciencia como en las mismas disciplinas científicas, nos remite a la aplicación que este autor hizo de ellos.

Independientemente de la popularización de (buenas y malas lecturas de) Kuhn, su obra más conocida y sus trabajos posteriores exponen una visión muy detallada, y considerablemente contrastante con la filosofía clásica de la ciencia, sobre el tipo de cambios que ocurre durante una revolución científica (Pérez Ransanz, 1999).

Antes de la obra de Kuhn, la noción de cambio conceptual, relevante para los filósofos de la ciencia, consistía en una separación cada vez mayor entre el lenguaje científico y el lenguaje común, a partir del cual surgía el primero, y en una precisión cada vez mayor de este lenguaje científico, debida al enriquecimiento empírico generado por la investigación científica, y en muchos casos por la matematización que se introduce.

El cambio científico contempla muchos aspectos diferentes e interrelacionados, algunos de los cuales fueron considerados irrelevantes por los filósofos clásicos de la ciencia, pues se les contemplaba como más cercanos a la parte menos racional de la ciencia. Una parte creativa,

imaginativa y desordenada, que en conjunto se llamó el contexto de descubrimiento. El desarrollo de la ciencia, como tal, de acuerdo con estos filósofos, se podía reconstruir exclusivamente a partir de lo que ocurría en la parte racional del proceso científico: el contexto de justificación.

Por su parte, la nueva filosofía de la ciencia aborda el cambio científico desde una perspectiva diferente. Se descarta la existencia de un conjunto de reglas lógicas o metodológicas que determinen el reemplazo de unas teorías por otras, y se ve la necesidad de tener una unidad de análisis mucho más comprehensiva, un marco de investigación que incluye no sólo a las teorías y los conceptos, sino también estándares de evaluación y supuestos ontológicos y de procedimiento, entre otras cosas (Pérez Ransanz, 1999).

Kuhn, en particular, distingue dos etapas diferentes en el estado de desarrollo de una disciplina científica: la etapa de ciencia normal y la etapa de ciencia extraordinaria. A la primera etapa la caracteriza por ser una fase en la cual los científicos se dedican a la resolución de problemas sobre la base común de un paradigma. En este período ocurren cambios en las teorías y en los conceptos, pero estos cambios son muy diferentes, en esencia, de los que ocurren en la etapa de ciencia extraordinaria, y que dan lugar a una revolución científica.

Los cambios conceptuales que tienen lugar durante las etapas de ciencia normal son mucho más cercanos a la visión de la filosofía clásica de la ciencia, en la cual el análisis del significado y la elucidación conceptual pueden jugar un papel importante en la precisión de los conceptos empleados por una comunidad científica.

No obstante, los cambios conceptuales que ocurren durante una revolución científica son mucho más profundos, y afectan, no a un concepto aislado, sino a varios conceptos interdefinidos, generando una relación de inconmensurabilidad entre teorías que, de acuerdo con Kuhn, es un componente esencial de las revoluciones científicas. Además, estos conceptos que se transforman durante una revolución científica, los conceptos de clase, determinan cambios en la taxonomía conceptual de una teoría, de manera tal que se vuelve imposible traducir esa parte del sistema conceptual en términos de la teoría rival o sucesora.

Es después de estos cambios radicales en la taxonomía conceptual del lenguaje científico que los científicos tienen que recurrir a las definiciones ostensivas o estipulativas, pues se vuelve imposible redefinir los conceptos en términos de las nociones anteriores a la revolución.

Definiendo la vida

¿Qué tan grande es la separación entre las cosas vivas y las no vivas? Las cosas vivas mueren, y cuando mueren, ¿qué les pasa?

Cuando un árbol es derribado por una tormenta, las hojas se marchitan, se vuelven amarillentas y se caen de las ramas. El tronco se descompone. Eventualmente todo es polvo, y este polvo en ninguna forma es distinguible del que se forma por la rotura de las rocas en la corteza terrestre.

Arturo Gómez-Pompa (1970)

La cita anterior proviene de un libro de texto de biología escrito por un gran biólogo mexicano, y la primera pregunta de esta cita expresa uno de los puntos centrales de la discusión acerca de la definición de la vida.

Como veíamos, tradicionalmente se ha considerado que definir es establecer límites, es caracterizar un concepto por los atributos esenciales de lo definido, por lo cual para definir la vida tendríamos que saber dónde poner el límite entre lo vivo y lo no-vivo.

En el primer capítulo vimos que en torno al fenómeno de la vida es posible formular no sólo una, sino diversas preguntas, ninguna de las cuales se puede responder trivialmente, en parte debido a su dificultad, y en parte debido a que hay aspectos de nuestra propia existencia como seres vivos que están íntimamente ligados a esas respuestas. Al considerarnos a nosotros mismos como parte del fenómeno de la vida, algunas afirmaciones nos resultan más fáciles de aceptar que otras.

Aun las interrogantes que se restringen fundamentalmente al ámbito de la biología eluden las respuestas definitivas, y nos enfrentan a problemas que han involucrado durante décadas o siglos a numerosos científicos. Así, no obstante que pocas veces hayan surgido en la biología respuestas concretas a la pregunta ¿qué es la vida?, sí ha existido, en diferentes momentos, cierto consenso en torno a cuáles son los aspectos más característicos de los seres vivos. Y la existencia de estos acuerdos ha guiado la investigación de cada época, en su búsqueda para detallar los aspectos más propios de la vida.

Esos consensos han funcionado como marcos de investigación, determinando hasta cierto punto tanto el tipo de explicaciones que se consideran adecuadas, así como los elementos constituyentes de los seres vivos que se consideran relevantes o constitutivos. Con base en

estos dos supuestos ha sido posible, para los diferentes científicos, articular explicaciones válidas en ese contexto, que involucren a los componentes propios de los seres vivos que estudian.

Ya he citado anteriormente (capítulo 1) la observación que Ernst Mayr hizo en torno a la diversidad de teorías, marcos conceptuales y formas de colaboración existentes entre las disciplinas de la biología actual. Aun entre las mismas disciplinas que conforman la biología de causas últimas y la biología de causas próximas existen estas diferencias. No obstante, estas divergencias no implican que no haya acuerdos de fondo en la biología contemporánea.

El origen de uno de estos acuerdos se ubica tradicionalmente en el triunfo de la filosofía mecanicista sobre la filosofía vitalista, dos movimientos filosóficos con posturas encontradas sobre la explicación y la constitución de los seres vivos. Sin embargo, si bien muchos aspectos de la biología actual provienen, en efecto, del programa mecanicista, la discusión de fondo de ambas corrientes en torno a la naturaleza de la vida sigue vigente, y se encuentra detrás de algunas de las discrepancias más fuertes entre las propuestas contemporáneas sobre la definición de la vida.

Más adelante detallaré la discusión entre el mecanicismo y el vitalismo, y entre lo que se considera como sus representantes actuales: el reduccionismo y el holismo, pero primeramente es importante dejar claros algunos aspectos que hacen que la discusión sobre la definición científica de la vida tome más relevancia.

La definición científica de la vida

No hay mejor expresión del sentimiento que surge en los biólogos ante la petición de definir la vida que lo dicho por San Agustín con respecto al tiempo:

¿Qué es, pues, el tiempo? ¿Quién podrá explicar esto fácil y brevemente? ¿Quién podrá comprenderlo con el pensamiento, para hablar luego de él? [...] Si nadie me lo pregunta, lo sé; pero si quiero explicárselo al que me lo pregunta, no lo sé (San Agustín, Confesiones, Libro XI).

A pesar de ser la vida, en sus diferentes escalas y manifestaciones, el objeto de estudio y parte del trabajo cotidiano de todos los biólogos, difícilmente alguno de estos profesionales sería capaz de formular una definición de vida que lo dejara completamente satisfecho y menos aún que pudiera ser aceptada por toda la comunidad.

Ante la dificultad para llegar a un acuerdo dentro de la biología sobre cómo definir la vida, en ocasiones se ha propuesto, de manera trivial, que la vida se puede definir como el objeto de

estudio de la biología. No obstante, esta no es una definición correcta, pues nos llevaría a un razonamiento circular cuando acudiéramos al concepto de vida para definir la biología.

La noción clásica de la definición, que ya hemos mencionado, consiste en la expresión de los atributos esenciales de un concepto. Y esta noción, aunque separada del contexto idealista en el que surge, se sigue manteniendo como el modelo de definición, sobre todo de lo que debería ser una definición científica. Ya aclaramos también, citando a Hempel, que esta búsqueda de lo esencial de un concepto se reinterpreta en el ámbito científico o bien como la aportación de una explicación, que supone una investigación empírica de las condiciones necesarias y suficientes que caracterizan un concepto, o bien como un análisis del significado de un concepto.

Dado el propósito primario de la definición, hay quien considera que es necesario distinguirla de la descripción y de la explicación. La primera distinción con respecto a la descripción, que es similar a la diferencia entre la definición y la peculiaridad de un concepto, se establece caracterizando a la definición como una descripción mínima que enfatiza los atributos que permiten una mejor delimitación, y la descripción como un enunciado que puede hacer referencia a otros aspectos secundarios o irrelevantes para la delimitación. La explicación, por otro lado, se distingue de la definición porque se enfoca en las relaciones causales, ampliando nuestro conocimiento de un tipo de objeto, mientras que la definición se enfoca en las características que comparten los miembros de una clase (Alexander, 1967).

Aún más, hay filósofos que consideran que una definición requiere ser expresada en la forma clásica de *genus proximus et differentia specifica* (Luisi, 1998). En esta forma de definir, la definición se compone de dos partes, un género, que determina la clase a la cual pertenece el *definiendum* y la diferencia, que expresa aspectos intensionales (características) que delimitan al *definiendum* con la mayor precisión posible (Alexander, 1967). Sin embargo, como hemos visto más arriba, no es la única forma de crear una definición, aun cuando se considere básica en cualquier discusión sobre las definiciones.

Las estrategias para establecer una definición son variadas, y dependen en parte del tipo de objeto que se esté definiendo, pues no es lo mismo definir conceptos cuyos referentes son concretos o materiales, que definir conceptos cuyos referentes son abstractos o imaginarios. También influye si se trata de una definición en un sentido estipulativo o descriptivo.

No obstante sus diferencias, esas estrategias tienen en común la búsqueda de las características comunes de los objetos que se desea subsumir bajo el concepto que se está

definiendo. Estas características compartidas deberían servir para establecer las condiciones necesarias y suficientes que determinen, para cada objeto dado dentro del contexto de definición, si el concepto se aplica o no a ese objeto. Otros requisitos de una buena definición, además de establecer las condiciones necesarias y suficientes, son la ausencia de ambigüedad, la no circularidad y que la definición sea al menos parcialmente positiva, es decir, que establezca lo que un objeto al cual se aplica el concepto, es, más que lo que no es (Alexander, 1967).

Una definición que cumpla este conjunto de requisitos determinará de manera clara y precisa la extensión del concepto definido. Lamentablemente, estos ideales son difíciles de lograr más que en un grado limitado. Esto se debe a las características de los sistemas lingüísticos que empleamos para construir las definiciones y a nuestras capacidades limitadas para conocer los objetos. La dificultad para lograr este ideal lógico de definición es si acaso menor cuando se trabaja con abstracciones, siendo ejemplos típicos las definiciones matemáticas. Así, la definición de un círculo como “el lugar geométrico de los puntos de un mismo plano que equidistan de un centro” es mucho más cercana a este ideal que la definición de un microscopio como un “instrumento que emplea lentes para producir imágenes ampliadas y con mayor detalle de objetos demasiado pequeños para observarlos a simple vista”.

La primera definición parece estar completa en el sentido de ser aplicable a todas y solamente a esas figuras geométricas que consideramos círculos. La segunda definición, por otro lado, podría ser objetada por no incluir suficientes objetos, o por incluir demasiados en la extensión del concepto de microscopio; por ejemplo, se podría afirmar que este concepto debe excluir a las lupas, y quizás incluir los microscopios de Leeuwenhoek o los microscopios electrónicos.

Problemas similares a los que presenta la definición satisfactoria de un microscopio ocurren al intentar definir objetos comunes como las sillas, los cepillos, los aviones, los automóviles, etc. Objetos de fabricación humana, artefactos, suficientemente familiares como para que el conocimiento que tenemos de ellos no sea una limitante al intentar definirlos. La definición de otros tipos de objetos también resulta complicada, aunque por razones diferentes. La definición del alma, del tiempo, de Dios, del amor y del odio es mucho más difícil, pues aunque existe para cualquier persona familiaridad con estos conceptos, a diferencia de las sillas o los aviones, es mucho más complicado decidir cuál es el conjunto de

características que delimita el concepto de odio que el que delimita el concepto de avión o de silla.

Pero pocos biólogos se aventurarían, como tales, a definir el amor o el odio en términos del conocimiento de su disciplina. Menos aún a definir el alma o a Dios. Los biólogos, al igual que otros científicos, se interesan en las definiciones de los objetos que son relevantes en su actividad científica, y aun cuando la elaboración de definiciones no sea una labor cotidiana, sí resulta importante, para precisar las discusiones y la comunicación en cada disciplina, el establecer cierto consenso alrededor de los conceptos fundamentales.

De la misma manera en que ocurre con términos comunes, los términos científicos varían en cuanto a la dificultad que involucra el llegar a una definición satisfactoria. Para ejemplificar, cualquier biólogo concordará en que hay diferencias entre definir la categoría taxonómica de reino y la categoría de especie, o entre definir el valor reproductivo de un individuo y definir una comunidad ecológica.

Detrás de la dificultad para llegar a definiciones satisfactorias de ciertos términos se encuentra, como ya hemos mencionado, la cantidad de conocimiento que tenemos de los objetos, pero también se ubica una noción muy discutida en filosofía, y que está frecuentemente implícita en la descripción que hacemos del mundo que nos rodea: la idea de clase natural. Las clases naturales se consideran como agrupaciones de objetos que reflejan distinciones reales en la naturaleza; respecto a la búsqueda de estas distinciones existe una metáfora que refleja los orígenes esencialistas de esta noción: cortar a la naturaleza en sus juntas (Gross, 2005).

Las clases naturales se contrastan con los grupos arbitrarios de objetos cuyo comportamiento no pueda ser explicado por que compartan propiedades fundamentales. Se les contrasta también con agrupaciones convencionales que reflejan los intereses humanos, y con artefactos agrupados en virtud de que cumplen ciertas funciones. No obstante el extendido rechazo del esencialismo en la ciencia contemporánea, la noción de clase natural se sigue manteniendo, aunque se vincula ahora con el papel de estas clases en las teorías científicas. Así, las distinciones reales que caracterizan a las clases naturales se interpretan como aquellas que juegan un papel explicativo en las teorías científicas exitosas (y con valor predictivo, agregan algunos filósofos) (Gross, 2005).

Si aceptamos esta distinción, podemos ver por qué nos parece que la definición del concepto de alma implica un mayor compromiso con la verdad que la definición del concepto

de silla, pues mientras que hasta cierto punto podríamos considerar arbitraria la extensión que se le dé al concepto de silla, incluyendo o no a las sillas altas para bebés, y excluyendo o no a los bancos, en el caso del alma, podríamos creer que se trata de una clase natural (según nuestras convicciones religiosas) y que, por lo tanto, la elección de las características que la definan no puede ser algo arbitrario, pues mientras que la definición de silla será válida en tanto nos sirva para comunicarnos eficazmente, la definición de alma posee, de acuerdo con esta visión, un valor de verdad dependiente de cuáles sean sus características reales.

La distinción que he hecho entre la definición de reino y especie, o de valor reproductivo y comunidad ecológica apunta en el mismo sentido, pues en biología es comúnmente aceptada (aunque con varios detractores) la idea de que mientras que la división en reinos constituye una clasificación artificial, la división en especies constituye una clasificación natural. Por otro lado, mientras que el valor reproductivo se podría considerar un mero artefacto teórico de la ecología de poblaciones, una comunidad ecológica podría considerarse como una entidad biológica, semejante a las partículas para la física y a las moléculas para la química.

Aunque para un científico podría ser gratificante la perspectiva anterior, esta noción de clase natural se tiene que poner en tela de juicio si se toma en cuenta un problema actual en filosofía de la ciencia que aborda precisamente el carácter ontológico de las entidades que se postulan en las teorías científicas: el problema del realismo científico. Sin adentrarnos en la extensa discusión de este problema, bastará con acotar que, tomando en cuenta estas discusiones, la distinción tan clara hecha entre las clases naturales y otros tipos de conjuntos de objetos se diluye, y que, en particular, los criterios de evaluación que podrían diferenciar la definición de un conjunto artificial, de la definición de una categoría natural, se vuelven más parecidos.

Así, la definición de un objeto y el estatus ontológico que tiene se vuelven dependientes del marco teórico en el que se formulan. Además, como ya se dijo más arriba en relación con el cambio conceptual, en la ciencia ocurren cambios en la estructura taxonómica de los sistemas de conceptos, incluidos los conceptos de clase. Estos cambios implican que en diferentes momentos se considerará que la realidad está conformada por distintas clases entidades, y que estas entidades son las que han de participar en las teorías científicas exitosas. En este marco, las definiciones científicas se enfocan en la descripción y en la delimitación precisa de los diferentes tipos de objetos de interés para una disciplina; y la adecuación de una definición estará dada en función de su correspondencia con las características de los objetos que son

postuladas por el marco teórico de la disciplina. De la misma manera en que sin un conocimiento previo acerca de la historia, la tecnología y el uso de los aviones nos sería imposible llegar a una definición satisfactoria de estos, la definición científica de la vida depende plenamente del conocimiento contenido en nuestras teorías y prácticas biológicas.

Para Canguilhem, darle forma a un concepto consiste en hacer variar su extensión y su intensidad a través de la formulación de sus rasgos de excepción. Es una transformación progresiva (Rojas, 2001). Si bien algunos filósofos consideran que en el proceso de definir un concepto tiene una mayor importancia la determinación de la intensidad de ese concepto y que la determinación de la extensión tiene un papel secundario, otros filósofos han considerado justamente lo opuesto. En realidad, ambas posturas son cuestionables, pues ambos aspectos de un concepto están íntimamente relacionados.

A pesar de la importancia teórica que reviste la formulación de un concepto de vida, y de la satisfacción intelectual que esto implicaría, diversos autores han rechazado la empresa como algo inexplorable, o como una actividad sin esperanzas de éxito. Aún más, existen quienes piensan que es básicamente irrelevante la búsqueda de una definición de vida, y frecuentemente esta opinión se acompaña de un desdén general por las definiciones como producto de filósofos ociosos, o de científicos que filosofan (hablando peyorativamente).

Sin embargo, la elaboración de definiciones juega un papel muy importante en la comprensión y desarrollo de las disciplinas científicas, pues permite detallar y articular el marco teórico en el que se ubica la descripción del mundo que hacen los científicos. Así mismo, para los científicos interesados en las reformas teóricas, la formulación de definiciones (frecuentemente como elucidaciones conceptuales) tiene un papel crucial en la determinación precisa de las relaciones entre las teorías y las entidades y procesos que involucran.

A partir de estas consideraciones previas se puede entender por qué la búsqueda de una definición de vida puede ser una empresa científica fecunda y no meramente la tarea de alguien que redacta un glosario o un diccionario. Una definición de vida que se encuentre en un diccionario definirá el concepto de vida únicamente en función del uso del término, ya sea el uso común, el uso científico, o aun el uso limitado a una disciplina científica particular.

La búsqueda científica de una definición de vida es una búsqueda mucho más profunda, pues requiere la confrontación de nuestras teorías sobre los seres vivos con todo lo que sabemos y percibimos sobre las distintas entidades y procesos que consideramos parte de la vida.

Entre el holismo y el reduccionismo

Frecuentemente en los textos científicos cuando se aborda el tema de la definición de la vida se hace una introducción histórica completamente errónea. En esta se suele afirmar que antiguamente se creía que los seres vivos tenían que estar formados por un tipo de materia diferente al de la materia inerte, o estar dotados de algún tipo de fuerza o impulso distintivo. Posteriormente, gracias a los avances de la química se logró la síntesis artificial de sustancias como la urea, consideradas exclusivas de los seres vivos. Esta demostración hecha por la química de que la materia que forma a los seres vivos se encuentra también en el mundo inorgánico se presenta como una derrota para los que veían en los seres vivos algo distinto al resto de la naturaleza. Ante su derrota y ante la incapacidad de sus oponentes para explicar ciertos fenómenos, estos pensadores han mantenido, en tanto han podido, la hipótesis de que existen diferentes tipos de fuerzas o principios vitales que son los responsables de las características únicas de los organismos.

Esta perspectiva histórica plantea el desarrollo de la concepción y la explicación de los fenómenos vitales como una lucha entre dos corrientes de pensamiento: la mecanicista y la vitalista. La primera corresponde a los triunfadores, a aquellos que se han empeñado en unificar los seres vivos y el resto del mundo bajo las mismas leyes. A los segundos, los vitalistas, se les presenta como personas con poco espíritu científico, que en lugar de perseverar en la explicación científica de los fenómenos vitales han preferido recurrir a la metafísica (en sentido peyorativo). La historia de la biología se presenta de esta manera como la historia de las conquistas graduales del mecanicismo, que ha ido reduciendo a las ideas vitalistas a un terreno cada vez menor en las explicaciones biológicas.

Esta narrativa, tan popular en los libros de texto, es inadecuada por varias razones. Primero, porque en la historia de la biología ha habido participación fructífera tanto de las teorías vitalistas como de las teorías mecanicistas. El historiador francés Georges Canguilhem ha expuesto de manera magistral una visión mucho más fiel de la tradición vitalista. Segundo, porque la denominación de vitalismo y mecanicismo se ha aplicado sin mesura a tradiciones de pensamiento muy diferentes. Tercero, porque actualmente el cuerpo teórico de biología incluye partes que fácilmente podrían ser tachadas de vitalistas, pero que forman el núcleo central de la explicación de ciertos fenómenos orgánicos.

Si bien tanto la denominación de mecanicismo como la de vitalismo son relativamente recientes, las raíces de su debate se suelen ubicar en la discusión entre Aristóteles y Demócrito, en la Grecia antigua. Para Aristóteles todo está constituido por forma y substancia, y la substancia se transforma bajo el efecto de la forma. Así, cuando la planta se autoconstruye con aire y sales minerales, elimina la forma de estos materiales y les impone la forma de su propio cuerpo. Entonces, para Aristóteles, la forma es la causa de los fenómenos vitales exhibidos por los seres vivos, pero la substancia que forma a los seres vivos y a la materia inerte es la misma. Demócrito, por otro lado, sostuvo que la materia misma es la que produce los seres animados. La vida no es más que una operación de los átomos, aunque él planteó la existencia de un tipo de átomo-alma que es el que puede dar origen a la vida. La vida podría ser puramente material, pero sólo podía ser producida por una clase especial de materia (Schubert-Soldern, 1962).

Aunque ambas posturas, la de Aristóteles y la de Demócrito son mucho más complejas que el planteamiento simplista de la discusión entre el vitalismo y el mecanicismo, se puede considerar que el vitalismo hereda de Aristóteles su idea de un factor activo y básicamente inmaterial que domina a la materia. El mecanicismo, a su vez, considera la vida como constituida por los mismos átomos que constituyen la naturaleza inanimada. De manera similar a Demócrito, considera que no existe nada más que no sean los átomos, y todos los fenómenos materiales no pueden derivar de otra fuente que no sean las fuerzas residentes en estos (Schubert-Soldern, 1962).

Así, aun cuando vitalismo y mecanicismo se conciben como tradiciones de pensamiento que se remontan hasta los filósofos clásicos griegos, tanto Aristóteles como Demócrito comparten aspectos muy puntuales de su visión de los seres vivos con lo que serían posteriormente el vitalismo y el mecanicismo. Si bien las concepciones de estos filósofos griegos eran contrarias en muchos aspectos, sus diferencias no se pueden circunscribir al ámbito de la interpretación de la vida. En cambio, el debate entre el vitalismo y el mecanicismo sí se centra en el contexto de la explicación de los seres vivos.

El punto más intenso de este enfrentamiento sobre la naturaleza y la explicación de los seres vivos se puede ubicar históricamente en el siglo XVII, con los trabajos de Descartes. A este filósofo se le considera frecuentemente como el padre de la metáfora de la máquina aplicada a los organismos, que se emplea para identificar al mecanicismo, aunque esta también se encuentra en los trabajos de William Harvey (1578-1657). Cabe destacar que a

diferencia de la historia simplista presentada más arriba, tanto el mecanicismo como el vitalismo han abordado en sus propuestas no sólo la constitución de los seres vivos, sino también las causas detrás de sus procesos y el tipo de explicaciones apropiadas. Así, el programa de Descartes incluye tanto un componente ontológico como uno metodológico (Des Chene, 2005).

El mecanicismo como ontología consiste en la afirmación de que los animales poseen solamente las propiedades que les atribuyen las explicaciones mecánicas. El mecanicismo como método consiste en la explicación por medio de principios mecánicos (como los que se empleaban en la construcción de las máquinas: poleas, palancas, engranes, etc.) (Des Chene, 2005). El método mecánico fue empleado por los mecanicistas en la explicación de diversos procesos de los seres vivos, con un éxito limitado. La afirmación ontológica, por otro lado, se encontró con el problema de cómo conjugar las explicaciones mecánicas con la existencia del alma. El éxito en este aspecto fue mucho más limitado, y constituyó el centro del enfrentamiento con las posturas anti-mecanicistas, que incluyen al vitalismo.

La diversidad de posturas agrupadas bajo el vitalismo y el mecanicismo es muy diferente de la idea común que las presenta como grupos homogéneos. Y aún cuando el análisis que se hace del mecanicismo goza de cierta aceptación, ha llevado a una representación inadecuada del debate, pues se le ha visto como un enfrentamiento entre dos grupos diametralmente opuestos. Y si bien se puede aceptar que sí hay diferencias de fondo, con opiniones irreconciliables sobre cómo aproximarse al estudio de la vida, también es necesario reconocer la heterogeneidad existente, con puntos de convergencia y de divergencia en torno a los aspectos más concretos de las explicaciones sobre los seres vivos.

Aún más, las subcategorías de posturas vitalistas o mecanicistas que se describan dependen del enfoque que se siga. Des Chene, por ejemplo, distingue tres posturas mecanicistas que varían en cuanto al grado de aceptación de la ontología cartesiana, mientras que otro estudio distingue la existencia de varias posturas holistas (pues el autor prefiere reservar el término de vitalistas para un tipo de holistas en particular): holistas materialistas, materialistas dialécticos, holistas no materialistas (vitalistas), organicistas nazis, y materialistas dialécticos marxistas, entre otros (Allen, 2005).

Se considera que el programa mecanicista formaba parte de la Revolución científica, que se caracterizó por un rechazo a la doctrina aristotélica y por un renacimiento del atomismo griego. El vitalismo se enfocó en una defensa de las causas aristotélicas (causas formales y

causas últimas) en la explicación de la vida. Esta apelación vitalista a las nociones aristotélicas se ha tomado como una actitud retrógrada o reaccionaria. Sin embargo, en este discurso se tergiversa la naturaleza del enfrentamiento entre los científicos y filósofos más mecanicistas y los más vitalistas, pues mientras que del mecanicismo se resalta el aspecto metodológico, del vitalismo se acentúa el aspecto metafísico.

El rechazo vitalista hacia el mecanicismo no se debe tanto a la naturaleza de las explicaciones mecánicas como a la ontología estrecha que propone y que para los anti-mecanicistas lleva a un conflicto semejante al que encontró Descartes entre la visión de los animales y del cuerpo humano como máquinas y la idea de la existencia del alma. No obstante, para muchos anti-mecanicistas no se trata del alma de la tradición judeocristiana, sino de un sentido de unidad y de completud de la naturaleza.

Además del mecanicismo y el vitalismo, en la historia de la biología se ha distinguido otra postura, el organicismo, cuyo surgimiento se ubica a principios del siglo XX, y que se considera como una fusión de los principios metodológicos del mecanicismo y el sentido de unidad o completud del vitalismo (Mayr, 1997). El organicismo, también llamado a veces holismo ha sido caracterizado por su énfasis en la relación que las partes tienen entre sí y con el todo, descrito a veces como una relación sinérgica. Para Mayr la postura organicista es la que domina la biología actualmente.

No obstante lo dicho por Mayr, el conflicto de fondo entre el mecanicismo y el vitalismo se encuentra lejos de estar resuelto. El organicismo, al igual que el vitalismo y el mecanicismo, representa un grupo heterogéneo, del cual la propuesta de Mayr no es sino una versión (progresiva, según él) que rescata el sentido de integración en la constitución de aun los sistemas biológicos más simples, y rechaza la introducción de la teleología en las explicaciones biológicas (Greene, 1999).

Actualmente el conflicto de fondo entre el mecanicismo y el vitalismo se ve como el enfrentamiento entre dos posturas en torno a la naturaleza de los sistemas biológicos: el reduccionismo y el holismo. Ambas posturas han sido objeto de discusión muy vívida tanto entre los científicos como entre los filósofos de la ciencia, pues no solamente tiene implicaciones sobre la explicación de los seres vivos, sino que los argumentos blandidos en las discusiones han expuesto problemas filosóficos en torno a la naturaleza de las teorías científicas. Especialmente dos de estos problemas han atraído la atención de los defensores de una y otra postura: el problema del reduccionismo, y el de la emergencia.

El primer problema se relaciona con uno de los argumentos de los reduccionistas, que se refiere a la necesidad de recurrir a entidades, explicaciones y teorías de nivel básico para dar cuenta de entidades, explicaciones y teorías de un orden superior. En el contexto del reduccionismo en biología, Mayr distinguió tres tipos de reduccionismo: 1) reduccionismo constitutivo, 2) reduccionismo explicativo y 3) reduccionismo teórico (Suárez y Martínez, 1998).

El primero, llamado también reduccionismo ontológico, se refiere a la afirmación de que una entidad de orden superior (como una molécula) se compone de entidades de un orden menor (como los átomos). El segundo consiste en la explicación de esa entidad de orden superior a partir de las entidades que la componen. El tercero se trata de la deducción de una teoría a partir de una teoría más básica. De estos tres tipos, el segundo y el tercero han atraído más atención. Sin embargo, a pesar de las dedicadas discusiones de filósofos y científicos, no solamente no se ha llegado a un consenso, sino que la discusión se ha extendido a otras ciencias y, si se toma en cuenta su relación cercana con el problema del realismo científico, el panorama se sigue complicando.

El segundo de los problemas con mayor relevancia en la discusión entre el reduccionismo y el holismo es el de la emergencia. El concepto de emergencia se refiere al surgimiento de nuevas propiedades cuando se compara una entidad con sus componentes, en términos de los organicistas se resume como “el todo es más que la suma de sus partes”. Este concepto está frecuentemente asociado a la idea de la existencia de niveles de organización que se caracterizan por la existencia de propiedades emergentes. No obstante el papel tan importante que ha jugado la idea de emergencia en la configuración actual de diversas disciplinas biológicas, al grado de ser un tópico común en los libros de texto del área, sigue siendo un concepto sumamente problemático.

Aunque hay similitudes entre el holismo y el vitalismo, y entre el mecanicismo y el reduccionismo, considerar a los vitalistas como holistas y a los mecanicistas como reduccionistas sería un anacronismo, al igual que lo sería considerar que Aristóteles fue un vitalista y Demócrito un mecanicista. Sin embargo, lo que sí podemos afirmar es que la visión de Aristóteles, de los vitalistas, de los organicistas y de los holistas se caracteriza por la preponderancia que le dieron a la comprensión de los organismos o de la naturaleza como un todo integrado.

En este sentido es ilustrativo lo que Emanuel Radl dijo con respecto a la actitud hacia la naturaleza que tiene un vitalista: “el hombre puede mirar la naturaleza de dos modos, como un hijo de la naturaleza que tiene el sentido de pertenecer al algo mayor que sí mismo, o como quien se para frente a un objeto extraño e indefinible. Un científico con sentimientos filiales, de simpatía hacia la naturaleza no considerará los fenómenos naturales como extraños y ajenos; más bien, encontrará en ellos vida, alma y significado. Tal hombre es básicamente un vitalista” (Delaporte, 1994).

Desde el punto de vista filosófico se puede decir que ambas actitudes hacia la naturaleza parten de diferentes presupuestos en torno a la ciencia y la composición del mundo. El mecanicismo (en sentido amplio) considera: la existencia de un nivel fundamental de descripción, la descomponibilidad de los sistemas en partes constitutivas separadas, la existencia de leyes físicas eternas e inmutables que explican el universo, la identificación de la realidad con lo físicamente mensurable y cuantificable, y la ausencia de propósitos o finalidades intrínsecas en la naturaleza. El vitalismo (en sentido amplio), por su parte, considera: que en cada nivel de organización se da una emergencia de propiedades que lo hacen inexplicable en términos de los componentes constitutivos, que los sistemas no se pueden descomponer, que las leyes físicas dadas por la mecánica son insuficientes para el entendimiento de la naturaleza viviente, que existe una dimensión cualitativa irreducible a descripciones cuantitativas, y que existen propósitos y finalidades en la naturaleza viviente (Andrade, 2000).

Mientras el paradigma dominante en la filosofía de la ciencia fue el positivismo clásico, los presupuestos del mecanicismo se consideraron naturales, obvios hasta cierto punto, pero con las transformaciones recientes de este campo, ya no es así. Y por lo tanto, no es posible seguir sosteniendo en estos términos la primacía de la postura mecanicista.

La metáfora de la máquina ha resultado fructífera en muchos casos, y se ha seguido desarrollando conjuntamente con el surgimiento de nuevos tipos de máquinas. El enfoque informático de los sistemas vivos es un ejemplo reciente del empleo de la analogía entre cierto tipo de máquinas (las computadoras) y el funcionamiento de ciertos procesos vitales. Pero también la visión jerárquica y orgánica de las entidades biológicas se ha refinado y ha hecho contribuciones muy importantes a la biología.

Hacia una definición de vida

La determinación de la extensión y la intensión de un concepto es medular en el proceso de definición. El resultado de la definición científica de “vida” será idealmente un concepto cuya extensión incluya a todas y solamente a esas entidades del mundo que estén vivas, y cuya intensión corresponda a las propiedades que distingan a esas entidades vivas del resto de objetos que pueblan el mundo.

Dado todo el conocimiento generado por la biología acerca de los distintos tipos de organismos cuya existencia se conoce, y que forman parte de la clasificación biológica, sería lógico pensar que la determinación de la extensión del concepto de vida no debería ser problemática. La extensión habría de ser equivalente a todos los organismos de todas las especies descritas taxonómicamente. No obstante, esta propuesta no estaría exenta de problemas, pues implicaría el tomar una decisión sobre incluir o no a las especies que no han sido descritas, y cuyo número ha sido estimado en miles o millones.

A estas objeciones uno podría quizás contestar que bastaría tal vez con definir la extensión en términos de una categoría superior a la especie, dado que las clasificaciones actuales cuentan con cierto valor predictivo en el sentido de que podemos esperar que las especies no descritas de un orden, por ejemplo del orden Orthoptera, tengan características muy similares a las especies ya descritas de ese orden.

Sin embargo, otro problema que surgiría ante esto es qué hacer con las especies extintas, si deben ser incluidas o no en la extensión de nuestro concepto, y qué hacer con las formas ancestrales que han sido postuladas por los estudiosos del origen de la vida. O aún más, qué hay de las creaciones de los científicos que se dedican al campo de la vida artificial. Cada una de las decisiones que se tome con respecto a la extensión del concepto de vida tendrá consecuencias inmediatas sobre su intensión.

Esta estrategia de definición resultará familiar para los biólogos, pues se asemeja a la clasificación biológica de las especies. Los problemas encontrados al elegir la extensión del concepto de vida y las consecuencias que esto tiene sobre su intensión son análogos a lo que pasa con la determinación y la descripción de un grupo taxonómico. La diagnosis adecuada de un grupo depende de qué organismos se decida incluir en el mismo.

La analogía entre la clasificación biológica y un sistema de conceptos se puede extender. La búsqueda de grupos naturales (monofiléticos), la substitución de los grupos parafiléticos y

polifiléticos por grupos monofiléticos, y las discusiones en torno a la especiación se pueden trasladar a los sistemas conceptuales. En ambos casos se establece una clasificación de los objetos (o especies) que habitan el mundo, y se busca que en esa clasificación cada grupo (taxón, concepto) incluya solamente a los objetos que más se parecen entre sí, y los separe de los que son diferentes.

Esta relación se podría seguir extendiendo para ejemplificar las relaciones de generalidad, de particularidad, de redefinición, etc. Pero se podría discutir también que si bien un sistema taxonómico en biología presenta cierto homomorfismo con un sistema conceptual, en el caso de la clasificación biológica hay una explicación histórica (evolutiva) detrás de la forma en que se establecen los grupos, mientras que en el caso de un sistema conceptual lo que hay es un supuesto metafísico que le asigna al mundo una estructura, la cual debería evidenciarse en un sistema conceptual formado por clases naturales. Aunque la crítica de los feneticistas hacia una visión de la clasificación biológica en términos de grupos naturales podría anular la distinción.

Si se acepta como válida la analogía, y si se acepta también que la clasificación de las especies es una labor similar a la definición de un concepto, se vuelve difícil comprender por qué es frecuente encontrar entre los biólogos cierto desprecio, escepticismo o rechazo hacia las definiciones de los conceptos biológicos en general, y hacia el concepto de vida en particular. La búsqueda de definiciones de los términos biológicos se considera a veces como una tarea incapaz de expresar la diversidad de los fenómenos biológicos.

Manfred Eigen, por ejemplo, ha expresado al respecto de la definición de vida que: “Las cosas que calificamos de *vivas* tienen características y facultades demasiado heterogéneas para encajar en una definición común que dé siquiera una idea de la variedad contenida en ese término.” (Eigen, 1997)

J. B. S. Haldane, a su vez, dudó acerca de la posibilidad de establecer una definición de la vida. A pesar de que estableció que toda la vida se puede caracterizar por un conjunto similar de procesos químicos ordenados en diferentes patrones, también pensó que si bien es más factible caracterizar a la vida en términos químicos que físicos, es imposible suponer que se le puede describir completamente en esos términos (Ruse, 1989).

Estas dos opiniones, no son más que una pequeña muestra de la actitud negativa hacia la expresión de definiciones de la vida. Pero, a pesar de su parecido, las razones de cada uno son muy distintas. Haldane expresa un rechazo a la reducción de la vida a meras leyes mecánicas,

aun cuando acepte la naturaleza química de los procesos vitales. Y Eigen, por otra parte, considera que el problema principal está en la definición, debido a las características de la vida, aunque no encuentra problemas con abordar la pregunta de ¿qué es lo que diferencia a un sistema vivo de un sistema no-vivo?

Sin embargo, el concepto de vida no es un caso único en este rubro, pues hay otros conceptos, como el de especie, que han generado reacciones de este tipo. Por ejemplo, algunos taxónomos han dicho que lo que ellos hacen es simplemente describir la naturaleza a partir de la observación directa, no de la teoría, y que esta labor no deja espacio para la conceptualización (Stevens, 1992). Por otro lado, si bien se han llegado a formular algunos conceptos de especie que gozan de mayor popularidad, como el concepto biológico de especie, su aplicación es difícil en diversos grupos de organismos.

Otro caso interesante, que ha sido documentado, es el concepto de canto en las aves, pues la consideración de los diferentes aspectos y funciones del canto en diversos grupos de aves ha dado lugar a que se le intente definir en términos de múltiples criterios, tales como estructura, ejecución, circunstancias de ejecución, fisiología y desarrollo, efectos o funciones, cambios y taxonomía.

Toda esta gama de propuestas ha favorecido, por otro lado, que ciertos autores critiquen las definiciones existentes y afirmen que una definición del canto de las aves es irrelevante (Spector, 1994). No obstante, Spector resalta la actitud de apego de los ornitólogos en general hacia el término. Y de hecho, cita la actitud de un científico que podría haber sido inspirada por la frase de San Agustín mencionada más arriba, pues afirma que no hay desacuerdos importantes (entre los ornitólogos) acerca de qué sonidos hechos por las aves son cantos.

Spector termina concluyendo, basándose en parte en el estado del concepto de especie, que diferentes conceptos de canto son mejores para diferentes propósitos, y que la existencia de diferentes marcos conceptuales, con definiciones alternativas para términos comunes, es valiosa cuando se intenta comprender fenómenos complejos. Además, afirma que el que múltiples conceptos relacionados sean referidos por un mismo término es algo familiar en biología.

Aparte, Spector también resalta varios aspectos problemáticos sobre la definición del concepto de canto en las aves. Estos aspectos coinciden con tres problemas generales que surgen o han surgido en las discusiones de muchos conceptos en biología (incluyendo el concepto de vida):

1. Antropomorfismo: muchos términos en biología han surgido, al igual que otros conceptos en la ciencia, del lenguaje ordinario y frecuentemente conservan ciertos valores del significado tradicional del término. En el caso del canto de las aves se ha mezclado el significado biológico con el significado estético.
2. Antropocentrismo: la idea de progreso evolutivo se encuentra en ocasiones vinculada al significado de ciertos términos biológicos. Algunos autores consideran que el concepto de canto sólo se puede aplicar a los sonidos producidos por las aves del grupo que tradicionalmente se ha considerado más desarrollado.
3. Fisicalismo: es común pensar que los conceptos en biología deben ser definidos en términos de los fenómenos físicos subyacentes. El canto de las aves se ha intentado caracterizar infructuosamente en términos de sus características acústicas.

Si bien la respuesta que da Spector a la dificultad y diversidad de definiciones del concepto de canto en las aves es atractiva, su afirmación sobre la familiaridad de los biólogos con los términos ambiguos no es aceptable como un argumento a favor de su solución, pues es perfectamente claro que muchos biólogos están lejos de la conformidad con respecto a esas situaciones. Los biólogos, al igual que otros científicos, buscan precisión en los términos que emplean; e incluso cuando a veces la ambigüedad de un término se elimina por el contexto, también en ocasiones surgen discusiones que parten del uso de significados diferentes para un mismo término.

Por otro lado, la influencia de la teoría evolutiva ha generado una actitud revisionista en diferentes ramas de la biología que ha buscado distinguir con diferentes términos estructuras previamente consideradas equivalentes, pero cuya reconstrucción filogenética (en particular basada en el estudio del desarrollo ontogenético o en el análisis estructural) muestra que no son homólogas.

Estos casos son comunes en las distintas ramas de la biología, y en ocasiones se utilizan para ilustrar la ocurrencia de convergencias y paralelismos evolutivos. Entre los ejemplos tenemos en la zoología: la distinción entre la hemolinfa y la sangre, y la distinción entre ojos y ocelos en los insectos, en la botánica: la distinción entre raíz y rizoma, en la biología celular: la distinción entre cilio y flagelo; entre muchos ejemplos más.

Ante los problemas prácticos que ocasiona la ambigüedad de un término, Spector propone que es labor de los autores aclarar las ambigüedades que surjan en el contexto de sus investigaciones.

El concepto de vida no es ajeno al mismo tipo de problemas que se encuentran con otros conceptos biológicos. Y a su vez, tanto las actitudes antropocentristas, como las antropomorfitas y fisicalistas tienen implicaciones sobre lo que se considera una delimitación satisfactoria de su extensión y de su intensión. Adicionalmente, hay otro aspecto que no es señalado explícitamente por Spector, pero que también surge en las discusiones conceptuales de los biólogos y que ha influido sobre la actitud científica hacia el concepto de vida:

4. Complejicismo: frecuentemente se piensa que los fenómenos biológicos son demasiado complejos o diversos para ser definidos satisfactoriamente.

Estas cuatro actitudes con respecto al significado de diversos términos biológicos, aunadas a una incompreensión fundamental de las definiciones científicas ha dado lugar a una gran cantidad de discusiones y ha resultado en la opinión común sobre la irrelevancia, o más bien imposibilidad, de la definición en biología. Además, es familiar la creencia en que las discusiones sobre los conceptos no constituyen más que un asunto de terminología, aún cuando es común que las disputas conceptuales den lugar a programas de investigación científica que defienden significados alternativos de un concepto.

Así, la actitud expresada por Eigen manifiesta una incompreensión de las características de la definición, pues mientras que rechaza como infactible poder definir la vida, por otro lado acepta la posibilidad de embarcarse en una empresa equivalente: establecer lo que distingue a lo que está vivo de lo que no lo está. Haldane, por su parte, se equivoca al asumir que como una definición debe ser expresada en términos de puras leyes mecánicas, no es aplicable a la vida.

Aproximaciones extensionales

Recapitulando, la extensión de un concepto se refiere al conjunto de objetos que caen bajo ese concepto (a los cuales se aplica correctamente). La extensión del concepto científico de vida abarca a todos y cada uno de los seres o entidades que consideramos vivos.

A este respecto, la biología ha hecho aportaciones fundamentales, pues después de miles de años de clasificar las entidades que conforman el mundo que nos rodea, se ha llegado a un consenso bien establecido acerca de qué se debe incluir y qué no en las clasificaciones biológicas. Estas clasificaciones biológicas incluyen a la mayoría de las entidades que la noción común de vida distinguiría como vivas. Y además incluye a otras que solamente han formado parte del grupo de las cosas vivas al ser descritas por los científicos, en particular las formas

microscópicas. En general solamente un tipo de entidades biológicas suele encontrarse en disputa sobre su pertenencia a las cosas vivas: los virus.

Si se establece una equivalencia entre el conjunto de objetos incluidos en una clasificación biológica, digamos la de los cinco reinos, y la extensión del concepto científico de vida, al preguntar por las razones que tenemos para incluir o excluir a los virus de la clasificación biológica, inmediatamente uno se introduce en el problema de establecer la intensión del concepto de vida, pues los virus resultan problemáticos por varias características.

Para empezar, los virus no están formados por células. Y las células, a partir del planteamiento de la teoría celular se han considerado como el elemento mínimo de la vida. Sin embargo, cualquier biólogo sabe que se encontrará en problemas si se le exige definir qué es una célula.

La discusión entonces se puede orientar hacia la dependencia estricta de los virus hacia las células, pero este camino conducirá a otros problemas, como su comparación con los parásitos o con los simbioses estrictos.

Y los problemas no acaban allí, ya que los estudios sobre el origen de la vida plantean el problema de distinguir, en la historia evolutiva de la vida anterior al surgimiento de las primeras células, en qué momento se debe considerar que un ancestro de esas primeras células estuvo vivo. Aquí también la discusión se orientará hacia la intensión del concepto de vida, pues será necesario establecer las características que determinan que algo se considere vivo, y si justamente queremos encontrar ese conjunto de características de manera tal que puedan presentarse en una entidad no celular, definir la intensión como la propiedad de ser o estar formado por células no es suficiente.

El surgimiento de los estudios de vida artificial ha significado la creación de más problemas para una definición extensional de la vida, pues los investigadores de estas áreas se enfocan explícitamente en la creación o postulación de entidades completamente diferentes en términos físicos y químicos que presenten propiedades características de las cosas vivas (Moreno, Umérez y Fernández, 1994).

Y por último, aunque no menos importante, aparte de las clasificaciones biológicas tradicionales, hay propuestas que plantean que ciertas organizaciones de seres vivos constituyen a su vez entidades vivas. Entre estas han sido propuestas en particular las comunidades ecológicas, los ecosistemas y el planeta entero.

Estas aproximaciones son problemáticas, y llevan sin excepción a tener que discutir cuáles son las propiedades intensionales de la vida. En este sentido, la vida artificial y la teoría de Gaia (el planeta como un organismo) constituyen casos interesantes, pues es a partir de la inclusión extensional explícita de sus objetos de estudio en el concepto de vida que se introducen en el problema de la definición.

Aproximaciones intensionales

Aunque inseparable de la extensión, la intensión de un concepto se constituye por las propiedades (necesarias y suficientes) que determinan la pertenencia de un objeto a la extensión del concepto. Este es el sentido en que normalmente se entiende la definición de la vida: como el establecimiento de las propiedades distintivas de las cosas vivas.

En este aspecto existe una situación similar a la del concepto de especie o el concepto de canto en las aves, pues han sido sugeridas diversas propuestas de definición que intentan establecer, a partir de diferentes teorías, cuáles son las características distintivas de la vida. En épocas recientes se pueden reconocer dos grandes tendencias en esta aproximación: las definiciones reduccionistas y las definiciones holistas.

Un tipo de definición reduccionista (física) ha abordado la definición de la vida a partir de su caracterización termodinámica como sistemas físicos fuera del equilibrio. Erwin Schrödinger, por ejemplo, hizo una de las contribuciones más importantes en este campo, sobre todo por el carácter seminal de su obra que tituló “¿Qué es la vida?”. En su libro, Schrödinger aborda el problema de qué es lo que distingue en términos termodinámicos a los seres vivos, sugiriendo dos problemas para los físicos: ¿cómo se dan en los seres vivos el *orden-a-partir-del-orden* y el *orden-a-partir-del-desorden*? (Schrödinger, 1945). Las respuestas que este autor dio a esos dos problemas han sido muy influyentes, pero sobre todo, la respuesta al primer problema ha sido considerada profética, pues inspiró las investigaciones que dieron lugar a la descripción de la estructura del ADN.

Las aportaciones que se hacen en este campo son continuas, y se han intensificado con el surgimiento de nuevas teorías termodinámicas, como la de las “estructuras disipativas” propuestas por Nicolis y Prigogine, que intentan explicar las características termodinámicas de la vida como procesos metaestables dependientes de la disipación de entropía hacia el exterior de la estructura, o todo el campo reciente de las ciencias de la complejidad, con un énfasis en la definición de la vida como un sistema auto-organizado.

No obstante su riqueza teórica, por sí solas estas últimas caracterizaciones de la vida tienen problemas al incluir en su extensión sistemas físicos que tradicionalmente no se consideran vivos, tales como los cristales, el fuego, las ciudades, etc.

Otro tipo de definición reduccionista (química) de la vida ha consistido en intentos por establecer una constitución material característica de la vida, ya sea como una combinación específica de elementos (C, H, O, N, S, P), o como una organización química particular (química orgánica, bioquímica, biología molecular).

También en esta área ha habido avances muy importantes, desde la descripción cuantitativa de los elementos que son más abundantes en los sistemas vivos, hasta la descripción detallada de estructuras y reacciones químicas solamente encontradas en los organismos. Sin embargo, la consideración de sistemas químicos diferentes a los que actualmente integran la vida en la Tierra, así como el planteamiento de las primeras etapas de la evolución biológica dificultan las caracterizaciones químicas, pues requieren pasar de una descripción de los sistemas vivos existentes a la descripción de los sistemas vivos posibles. Y en este punto surge un dilema sobre qué parte de la química que forma la vida en la Tierra es necesaria, y qué parte es meramente contingente.

Por otro lado, también han surgido diversas aproximaciones holistas hacia la definición de la intensidad del concepto de vida. Estas propuestas se han distinguido porque caracterizan a los sistemas vivos a partir de propiedades como la auto-construcción, la homeostasis (o auto-mantenimiento), la auto-reproducción y la adaptación evolutiva.

Muchas veces se han interpretado algunos intentos por definir la vida en términos de estas propiedades como el producto de tendencias vitalistas (asociado al aspecto anti-científico que se le adjudica), y se ha querido definir todas estas propiedades como meros epifenómenos de los procesos físicos o químicos subyacentes. Es decir, como un tipo de fenómeno derivado, de carácter secundario, que acompaña a los procesos físicos o químicos ocurrentes. Pero el problema con esta acusación es que aun cuando la física, por ejemplo, basándose en la termodinámica, sea capaz de explicar el orden como un estado de la materia con bajos niveles de entropía, y aunque se acepte que esa definición de orden es aplicable a los seres vivos, es imposible reducir las nociones de auto-construcción y auto-mantenimiento del orden a una simple explicación de este.

Bajo la comprensión de esta irreductibilidad a la física o la química de ciertos aspectos de los fenómenos vitales, se han desarrollado propuestas que intentan explicar esos aspectos de

manera tal que sus propuestas eviten la acusación de vitalistas, pero den cuenta satisfactoriamente de esas características.

Entre estas propuestas se ubican en particular los modelos cibernéticos y la teoría general de sistemas. La primera propuesta se encuentra detrás de algunas aproximaciones en el campo de la vida artificial, aunque sus ideas también se han integrado perfectamente bien en una rama de la biología: la fisiología. La teoría de sistemas se basa en el modelo cibernético y en la teoría de la información para caracterizar el funcionamiento integrado de un conjunto de componentes interrelacionados.

En las aproximaciones intensionales a la definición de la vida es común encontrar como un error frecuente que en el afán de protegerse de cualquier acusación de parcialidad en sus intentos definatorios, los científicos afirman que lo que ellos van a intentar definir no es la vida, sino la vida mínima. Esta noción es popular sobre todo en campos de investigación como la astrobiología, origen de la vida y vida artificial. La vida mínima se describe como “la forma más simple de vida” (Luisi, 1998). Esta noción, aunque atractiva y popular, me parece que se origina de una peculiar combinación de lo que he descrito como antropomorfismo y antropocentrismo conceptual, pues se basa en la exclusión intencional de las características tradicionalmente consideradas como propias de la vida humana y, al menos cuando se emplea fuera del ámbito de la vida artificial, se relaciona con la caracterización de las formas más primitivas de vida.

Si hemos de considerar que el concepto de vida es un concepto clasificatorio, entonces no podemos hablar de vida mínima o de vida máxima, pues eso requeriría definir la vida al menos como un concepto comparativo. Y esto último rara vez ha sido propuesto en tiempos recientes. Excepto por James Lovelock, que en su propuesta sobre Gaia sugiere la existencia de una escala de vitalidad que se manifiesta con menor intensidad a nivel planetario, y con mayor intensidad a nivel celular (Lovelock, 1988).

En dado caso, si la vida puede ser considerada un concepto comparativo, o aun métrico, dependerá, sobre todo, de las teorías que empleemos para explicarla.

La multiplicidad de propuestas teóricas que han surgido para dar cuenta de las características más notables de los seres vivos contrasta con la división que existe en este campo, pues de todos los intentos por caracterizar a la vida, relativamente pocos se pueden descartar como estériles. Y más bien, el panorama actual se conforma por una diversidad de teorías que arrojan luz sobre diferentes aspectos de los fenómenos vitales.

Ante este panorama, nuestras opciones aparentes son limitadas. Podemos, como sugiere Spector, aceptar que esta pluralidad en las definiciones es aceptable, siempre y cuando los científicos expliciten el significado que se emplee en cada contexto de investigación. O podemos pensar también que la presente situación es el producto de la inexistencia de una teoría de la vida suficientemente comprehensiva o sistemática, que incluya todos los aspectos tratados hasta ahora con teorías independientes.

Conclusiones

La búsqueda de una definición científica de vida ha constituido un esfuerzo por contestar a una pregunta central sobre lo vivo: ¿qué es la vida? Este esfuerzo se ha concretado en distintas épocas a través del surgimiento de las más variadas teorías sobre la naturaleza de los fenómenos vitales.

La aproximación a la comprensión de la vida es la aproximación a un aspecto del mundo a la vez interno y a la vez externo a nuestra perspectiva, pues por un lado la vida es algo que nos rodea, con lo que interactuamos de distintas maneras, y por otro es también algo que poseemos y de lo cual nuestros mismos intentos por comprender el mundo forman una parte.

La ciencia hasta ahora ha sido incapaz de responder a esa pregunta central sobre la naturaleza de la vida, aun cuando en distintos momentos de la historia han surgido propuestas innovadoras basadas en el mejor conocimiento de la época, que han intentado establecer, de manera definitiva, qué es la vida.

Aunque en retrospectiva podemos considerar que la mayoría de esas propuestas estuvieron equivocadas, tenemos que reconocer que el fallo de muchas de ellas fue solamente parcial, pues nos han legado nuevas preguntas sobre la vida. Y estas preguntas han dado origen a las distintas ramas de la biología actual.

Así tenemos que la biología se ha ido conformando históricamente por la aglomeración de las distintas aproximaciones teóricas y metodológicas que han sido desarrolladas para dar cuenta de los diferentes fenómenos vitales. Y aunque podamos trazar los orígenes de las preocupaciones biológicas hasta las raíces de la cultura occidental, la biología surge como profesión hasta el siglo XIX.

Si se comparan los enfoques actuales de las distintas disciplinas biológicas se pueden ver las huellas del origen independiente de sus aproximaciones a los distintos aspectos de la vida, y aunque la biología actual es similar a otras ciencias en cuanto al nivel de investigación, comunicación y colaboración que desarrollan sus científicos, también muestra la existencia de aproximaciones radicalmente distintas a las diferentes preguntas sobre la vida que aborda cada disciplina.

La clasificación de las distintas ramas de la biología actual constituye, por lo tanto, una empresa muy difícil, pues las aproximaciones de los científicos difieren no solamente por el tipo de pregunta que intentan resolver, sino también por el grupo de organismos para el cual intentan resolverla.

Se pueden contrastar las diferencias entre las formas en que se ha intentado dar respuesta a problemas tan importantes y tan cercanamente relacionados a la pregunta sobre la naturaleza de la vida como lo son el origen, el funcionamiento y la diversidad de las formas vivas, y aun cuando se acepte el análisis sobre la causalidad en biología realizado por Mayr, no es claro que exista alguna manera simple de agrupar las aproximaciones a estos tres problemas, pues aunque las aproximaciones al primer y al tercer problema corresponderían más cercanamente a lo que Mayr considera la biología de causas últimas y la aproximación al segundo problema correspondería a una disciplina de causas próximas, resulta muy difícil separarlas de esa forma si tomamos en cuenta que cada aproximación puede recurrir a los dos tipos de explicaciones para dar cuenta de diferentes aspectos del mismo problema.

Además de la diversidad de enfoques propios de las disciplinas biológicas, la participación de otras ciencias ha dado origen a enfoques alternativos, distintos de la mayoría de los que han existido en la biología, tales como aquellos de la biofísica, la bioquímica, la vida artificial o las ciencias de la complejidad.

Toda esta gama de enfoques hacia el conocimiento de los sistemas vivos ha generado una gran cantidad de conocimiento sobre aspectos tan distintos entre sí como pueden ser la reproducción sexual de los hongos y la respuesta inmune en los invertebrados. Sin duda las diferencias que hay en el conocimiento de esos aspectos se podrían relacionar con que estamos tratando con distintos grupos de organismos, pero también podrían ser vistas en relación con las diferencias en las teorías que han sido desarrolladas para dar cuenta de estos fenómenos.

Incluso la breve exposición que se ha incluido sobre cómo se han abordado los problemas del origen de la vida, la clasificación de las formas vivas y el funcionamiento de los sistemas vivos puede mostrar que cada uno de estos problemas ha dado lugar a enfoques de investigación novedosos, y que lo que se puede ver como un solo problema se suele abordar desde distintas perspectivas y con diferentes estrategias.

Cuando se intenta ubicar el lugar de la biología dentro de las ciencias es frecuente que se hagan comparaciones entre la biología y las ciencias que se consideran más “duras” por sus niveles de experimentación y de matematización. Frecuentemente en estas contrastaciones

salen a relucir aspectos de la biología que están vinculados a la multiplicidad teórica y conceptual de las disciplinas biológicas.

Aunque para cualquier biólogo contemporáneo sería difícil afirmar que la información que nos proporcionan las distintas ramas de la biología no constituye un conocimiento valioso de los sistemas vivos, de sus características y de sus procesos, existe división sobre el camino que debería seguir la biología para lograr un mayor desarrollo. En esta división se suelen confrontar los enfoques de disciplinas que provienen de tradiciones distintas, y que difieren en su visión de lo que debería ser la biología.

Algunos autores han sostenido que la biología es una ciencia básicamente autónoma de la química y de la física, y que no tiene sentido buscar la respuesta a muchos problemas de índole biológico en esas otras ciencias. En cambio, algunos autores consideran que en último término los problemas biológicos son en realidad competencia de la física o de la química, pero que por razones prácticas (limitaciones tecnológicas y computacionales) son abordados por la biología. El problema de la naturaleza de la vida se relaciona cercanamente con estos intentos por caracterizar a la biología y por encontrar su lugar entre las otras ciencias.

De manera semejante a la caracterización de la biología, la búsqueda de una definición de vida constituye un problema que genera controversia y discusión entre los científicos. Las diversas propuestas que han sido formuladas se enfocan en diferentes aspectos de los seres vivos, y los intentos de explicar todos esos distintos aspectos en términos de uno en particular, ya sea la constitución química de las estructuras biológicas o la dirección hacia una meta de los procesos biológicos, han resultado problemáticos. De esto la historia de las diferentes propuestas sobre la naturaleza de la vida constituye una muestra clara.

Sin embargo, a pesar de sus fracasos, la búsqueda por establecer la naturaleza de la vida ha jugado un papel heurístico, sirviendo como inspiración y guía en la explicación de la historia, los procesos y las distintas formas de los seres vivos.

Tanto la relación de la biología con otras ciencias, como los problemas con la definición de vida se pueden vincular con algunas de las discusiones más generales que tienen lugar en la filosofía de la ciencia. De estas discusiones quizás las más importantes para iluminar estos problemas sean la discusión sobre el realismo científico y la discusión sobre la reducción y la emergencia.

Las actitudes que los científicos toman con respecto a la caracterización de la biología y con respecto a la definición de vida son influidas por la postura que cada científico tiene hacia los

problemas del realismo científico y de la reducción y la emergencia. Así tenemos que esas mismas actitudes revelan también aproximaciones distintas hacia la ciencia.

Una parte importante de este trabajo ha sido contrastar dos posturas generales hacia la investigación de la vida: el holismo y el reduccionismo, que se pueden caracterizar en términos de los dos problemas filosóficos mencionados como posturas opuestas. Esta oposición se relaciona con la que ocurrió entre el vitalismo y el mecanicismo, aunque no se puede considerar equivalente.

La historia de la biología muestra que ni los programas de investigación holistas ni los reduccionistas han sido del todo exitosos, sino que ambos han tenido una gran cantidad de altibajos. Hay aspectos de los sistemas vivos que se han podido abordar mejor desde una perspectiva holista, mientras que otros sólo han “cedido” ante perspectivas reduccionistas.

Ante esto, la actitud más prudente si uno tuviera que decidir el futuro de la biología probablemente sería conservar ambos enfoques, pues no es claro que los problemas que han sido resueltos mediante una aproximación holista se puedan resolver mediante una aproximación reduccionista, y viceversa.

Lo que sí queda claro, es que hay diversas actitudes que nos pueden llevar a tomar decisiones apresuradas tanto sobre la caracterización de la biología como sobre la definición de vida. De estas actitudes las que me parecen más perniciosas en relación para el conocimiento biológico son el fisicalismo (que asume que las únicas entidades que existen son las que postula la física), el antropomorfismo (que asigna propiedades humanas a las entidades biológicas), el antropocentrismo (que determina el valor de los aspectos biológicos en términos de su parecido con cualidades humanas) y el complejicismo (que asume que la complejidad de una entidad es independiente de las teorías con que intentamos explicarla).

La búsqueda de una definición de vida es afectada por el tipo de perspectiva que se asuma (holista o reduccionista) y por la posición que se tome ante las cuatro actitudes mencionadas (fisicalismo, antropomorfismo, antropocentrismo y complejicismo).

De estas actitudes, el fisicalismo y el complejicismo me parecen particularmente interesantes desde un punto de vista filosófico, pues manifiestan la creencia en relaciones particulares entre la teoría, la ontología, y la aprehensión de la ontología del mundo.

En el primer caso, se trata de la creencia en que la ontología es fija, e independiente de la teoría. Así, cuando ocurre que una teoría no se puede expresar en términos de la ontología que se considera fundamental, esto se considera un problema para esa teoría, de manera tal que

todo lo que expresa, pero que no es formulable en la ontología fundamental, se considera superfluo.

En el segundo caso, se parte del supuesto de que el conocimiento de la ontología del mundo es independiente de las teorías con que lo explicamos. De esta manera se considera que las cualidades que se aprehenden de las entidades que conforman el mundo corresponden a la naturaleza real de esas entidades.

La adopción de uno o más de estos “prejuicios conceptuales” no es uniforme entre los intentos por definir el concepto de vida, y en parte está vinculada a la posición filosófica que los científicos asuman en su aproximación a la vida como objeto de estudio científico. Así, mientras que algunas de las posturas reduccionistas han combatido los primeros dos problemas (antropomorfismo y antropocentrismo), han caído irremediablemente en el tercero (fiscalismo). Y ciertas posturas holistas, por otro lado, han combatido este último problema pero han caído en el primero (antropomorfismo) o en el complejismo.

Es interesante señalar el papel crucial que ha tenido la teoría evolutiva en la comprensión de que tanto las actitudes antropocéntricas como las antropomórficas son inadecuadas en el estudio de la vida, pues se ha visto que los parecidos funcionales entre diferentes organismos, incluida nuestra especie, no necesariamente corresponden a equivalencias ontológicas (no constituyen clases naturales en el sentido tradicional). El ejemplo clásico de esto es el de las alas de las aves y las de los murciélagos, pues aunque ambas estructuras son alas, su origen evolutivo, su estructura anatómica y su desarrollo ontogenético hacen que sea muy difícil seguir considerando que las alas constituyen una clase natural.

Una solución para seguir manteniendo el estatus de clase natural de las alas sería considerar que las alas de las aves sí constituyen una clase natural, mientras que las de los murciélagos no pertenecen a esa clase. Pero sería equivalente invertir la relación, y considerar que las alas de los murciélagos son la clase natural, mientras que las de las aves no.

Sea cual sea nuestra decisión, lo que parece evidente es que esta dependerá de factores independientes de lo que consideramos las características reales de las estructuras biológicas, y dependientes, en cambio, de nuestras teorías, nuestros valores y nuestros objetivos explicativos.

En el tercer capítulo describimos por un lado, citando a Canguilhem, que definir un concepto es un proceso en el que se hace variar la intensión y la extensión de ese concepto, por otro lado, expusimos cómo este proceso requiere tomar decisiones sobre lo que queremos y lo

que no queremos incluir en la definición. Estos dos aspectos complican el problema de la definición de vida, pues si tomamos en cuenta que no tenemos las bases para descartar ni las aproximaciones holistas ni las reduccionistas en términos de su infertilidad, en qué hemos de basarnos para determinar lo que debe quedar incluido bajo el concepto de vida.

En su libro titulado “Contra el método” Paul K. Feyerabend adopta una perspectiva pluralista del conocimiento y sugiere tener siempre presentes teorías pasadas, en lugar de descartarlas en función de una aparente teoría definitiva. Esta actitud quizás sea precisamente la apropiada ante el problema de la naturaleza de la vida, pues como la filosofía de la ciencia del siglo XX ha argumentado, tanto la confirmación como la falsación definitiva de una teoría constituyen metas ideales no realizables en la práctica. Y en vista de esto, la eliminación absoluta de una aproximación al problema de la vida requeriría haber llegado al final de la investigación.

En lugar de esto, lo que tenemos actualmente es una ciencia biológica muy activa, llevando a cabo una gran cantidad de investigación en distintos campos, y encontrando relaciones con ciencias muy distintas. Ciertamente una gran parte del impulso actual en la investigación biológica se debe al surgimiento de la biología molecular, pero aun el gran éxito que esta disciplina ha logrado en la explicación de nuevos y diversos fenómenos en los seres vivos debe tomarse con la cautela suficiente como para no esperar que en esta ocasión sí podamos descubrir gracias a los métodos moleculares cuál es la naturaleza esencial de la vida.

Al contrario, puede que sea mucho más fructífero entender las diferencias de enfoque entre cada una de las disciplinas biológicas y reconocer el valor que esas diferencias han tenido para el avance en el conocimiento de los seres vivos.

Bibliografía

- Abercrombie, M, M. Hickman, M. L. Johnson y M. Thain. 1990. *The new Penguin dictionary of biology*. Penguin Books. 8ª Ed. 600 p.p.
- Alexander, H. 1967. *Language and thinking*. D. Van Nostrand. Princeton. 350 p.p.
- Allen, G. E. 2005. "Mechanism, vitalism and organicism in late nineteenth and twentieth-century biology: the importance of historical context". *Studies in history and philosophy of biological and biomedical sciences*. 36: 261-283
- Andrade, E. 2000. "La introducción del sujeto en las ciencias naturales o la rehabilitación del vitalismo". *Revista colombiana de filosofía de la ciencia*. 1(2-3): 35-53
- Audesirk, T. y G. Audesirk. 1999. *Biology. Life on Earth*. Prentice Hall. 892 p.p.
- Brack, A. 2001. "Origin of life". *Encyclopedia of Life Sciences*. Nature Publications. [URL: <http://www.els.net>]
- Bridgman, P. 1927. "The operational character of scientific concepts". En Boyd, R., P. Gasper y J. D. Trout. *The philosophy of science*. MIT Press. 1991. 57-70
- Delaporte, F. (Ed.) 1994. *A Vital Rationalist: Selected Writings from Georges Canguilhem*. Zone Books. New York. 481 p.p.
- Des Chene, D. 2005. "Mechanisms of life in the seventeenth century: Borelli, Perrault, Regis". *Studies in history and philosophy of biological and biomedical sciences*. 36: 245-260
- Díez, J. A. y C. U. Moulines. 2003. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Ariel. 512 p.p.
- Eigen, M. 1997. "¿Qué quedará de la biología del siglo XX?" En Murphy, M. P. y L. A. J. O'Neill. *La biología del futuro. ¿Qué es la vida? cincuenta años después*. Tusquets. Barcelona. 1999. 15-40 (Trad. de *What is Life? The Next Fifty Years*. Cambridge University Press)
- Gómez-Pompa, A. 1970. *Biología: unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos*. Compañía Editorial Continental. México. 942 p.p.
- Greene, J. C. 1999. "Reflections on Ernst Mayr's *This is Biology*". *Biology and philosophy*. 14: 103-116

- Gross, S. 2005. "Natural kind terms" En Brown, K. (Ed). *Encyclopedia of Language and Linguistics*. Elsevier Ltd. 492-496
- Hempel, C. G. 1952. *Fundamentos de la formación de conceptos en ciencia empírica*. Alianza Editorial. Madrid. 1988. 124 p.p. (Trad. de *Fundamentals of concept formation in empirical science*. Encyclopedia of Unified Science [XI].)
- Llorente B., J. 1998. *La búsqueda del método natural*. Fondo de Cultura Económica. Col. La ciencia para todos. México. 2ª Ed. 153 p.p.
- Lovelock, J. 1988. *Las edades de Gaia: una biografía de nuestro planeta vivo*. Tusquets. Barcelona. 1993. 266 p.p. (Trad. de *The Ages of Gaia*. W. W. Norton & Co. Inc.)
- Luisi, P. L. 1998. "About various definitions of life". *Origins of life and evolution of the biosphere*. 28: 613-622
- Magner, L. 2002. *A history of the life sciences*. Marcel Dekker, Inc. New York. 3ª Ed. 502 p.p.
- Margolis, E. y S. Laurence. 2005. "Concepts". En Zalta, E. N. (Ed.) *Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2005 Edition)*. [URL: <http://plato.stanford.edu/archives/win2005/entries/concepts/>]
- Mayr, E. 1997. *This is biology. The science of the living world*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge. 327 p.p.
- Moreno, A., J. Umérez y J. Fernández. 1994. "Definition of life and the research program in artificial life". *Ludus vitalis*. 2(3):15-33
- Mosterín, J. y R. Torretti. 2002. *Diccionario de lógica y filosofía de la ciencia*. Alianza Editorial. Madrid.
- Pérez Ransanz, A. R. 1999. *Kuhn y el cambio científico*. Fondo de Cultura Económica. México. 274 p.p.
- Rojas Osorio, C. 2001. *Invitación a la filosofía de la ciencia*. Universidad de Puerto Rico. Humacao. 303 p.p.
[URL: <http://cuhwww.upr.clu.edu/humanidades/libromania/FilosofiaDeLaCiencia.pdf>]
- Ruíz Gutiérrez, R. y F. J. Ayala. 1998. *El método de las ciencias. Epistemología y darwinismo*. Fondo de Cultura Económica. México. 216 p.p.
- Ruse, M. 1989. *Philosophy of biology*. MacMillan. 349 p.p.
- Schrödinger, E. 1945. *¿Qué es la vida? El aspecto físico de la célula viva*. Tusquets. Barcelona. 1997. 139 p.p. (Trad. de *What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. MacMillan)

- Schubert-Soldern, R. 1962. *Mechanism and vitalism. Philosophical aspects of biology*. University of Notre Dame Press.
- Sloan, P. R. 1990. "Natural history, 1670–1802". En Olby, R. C. *et al.* (Eds.) *Companion to the History of Modern Science*. Routledge. Londres.
- Spector, D. A. 1994. "Definition in biology: the case of 'bird song'". *Journal of theoretical biology*. 168:373-381
- Stevens, P. F. 1992. "Species: historical perspectives". En Fox Keller, E. y E. A. Lloyd (Ed.) *Keywords in evolutionary biology*. Harvard. Cambridge. 302-311
- Stevens, P. F. 2002. "History of taxonomy". *Encyclopedia of Life Sciences*. Nature Publications. [URL: <http://www.els.net>]
- Suárez D., E. 2000. "El organismo como máquina: Descartes y las explicaciones biológicas" en Álvarez, C. y R. Martínez. *Descartes y la ciencia del siglo XVII*. Siglo XXI-UNAM. México. 138-159
- Suárez D., E. y S. Martínez. 1997. "El problema del reduccionismo en biología" en Martínez, S. y A. Barahona. *Historia y explicación en biología*. FCE. México. 337-370
- Thagard, P. 1992. *Conceptual revolutions*. Princeton University. New Jersey. 285 p.p.