



LUND UNIVERSITY

El Algoritmo de la Vida.

Flores, Fernando

1994

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Flores, F. (1994). *El Algoritmo de la Vida*. Fundación de Cultura Universitaria.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

El algoritmo de la Vida

Fernando Flores

Universidad de Lund

1994

Capítulo I: Modelos Epistemológicos

1.1 Dos problemáticas centrales: la substancia y el movimiento.

◀ La historia de la ciencia puede ser resumida como el proceso que formaliza dos características principales de la representación espontánea del suceder natural: el movimiento en un escenario y los cambios de identidad de una substancia. ▶

Cuando se estudia la historia de la filosofía natural se encuentran dos tipos de problemáticas centrales: problemas que atañen al movimiento y problemas que atañen a la substancia.

Ambos tipos de problemática se hallan más o menos insertas en la manera particular que los diferentes filósofos tienen de ver la naturaleza y los fenómenos naturales, pero también y sobre todo en la forma que desarrollan su metafísica, como si la solución de estas problemáticas fueran condición necesaria para el pensamiento mismo.

Es muy fácil de encontrar definiciones de movimiento y de substancia en textos que en absoluto se ocupan de los problemas naturales: por ejemplo, en textos acerca de la idea de Dios. Tan pronto como un filósofo se ha decidido por una determinada ontología queda obligado a describir la misma con la ayuda de modelos epistemológicos contruidos de acuerdo a las exigencias de las problemáticas enunciadas: un modelo *escénico* para explicar el movimiento como modificaciones del espacio y el tiempo y un modelo *substancial* para explicar el movimiento como modificaciones en la substancia o cambios de un objeto durante un determinado tiempo o a lo largo de una unidad espacial dada.

Yo estaría dispuesto a afirmar que todo el edificio de la ciencia natural está en realidad construido a partir de la tarea de precisar los límites existentes entre estas dos grandes zonas epistemológicas. Yendo más lejos aún, afirmaré que cada vez que los caminos de la ciencia se oscurecen, deben buscarse las causas de esta situación en la confusión de las problemáticas básicas de movimiento y substancia.

Es importante señalar en este contexto que a propósito de la idea de movimiento los filósofos griegos, incluyendo al propio Aristóteles, entendían por "movimiento" (*kinesis*) toda forma de *cambio*. Aristóteles es el primero en distinguir claramente entre desplazamiento y cambio de lugar, entre cambio cualitativo y cuantitativo, entre cambio que implica nacimiento y cambio que implica destrucción o entre el ser y el no ser. Debe también señalarse que si bien aquello que hoy denominamos como "movimiento" no es lo mismo que aquello que denominamos "cambio", nada nos impide reducir una idea a la otra de acuerdo a las circunstancias y de esta manera seguir la tradición griega antigua.

Antes de comenzar un análisis más detallado de las propiedades de los dos modelos presentados parecería aconsejable introducirnos en el mismo mediante la introducción de algunos ejemplos concretos.

En la obra de los filósofos jónicos se puede notar con facilidad el recurso al modelo epistemológico basado en la substancia. Tales, quién fuera el primero de los constructores de sistemas jónicos y a quién la cultura clásica griega considerara como el prototipo del científico, inició la tradición occidental al construir el primer sistema explicativo modelado en el carácter substancial del mundo. A pesar de que se sabe muy poco de sus enseñanzas, es seguro que transmitió este tipo de epistemología a sus seguidores. Según Aristóteles, Tales enseñó que el agua era la substancia básica del mundo o *arché*, substancia a partir de la cual toda otra substancia se derivaba.

Se cree que la palabra *arché* era el término propio de Tales para lo que hoy llamamos *substancia*. Este término se encuentra luego en Anaximandro, quién fuera contemporáneo a Tales y el primero en desarrollar su sistema del mundo. El término *arché* significaba también *origen* y *causa* de toda otra substancia.

Aristóteles subrayó con toda justicia que la filosofía jónica fue la primera en lograr una construcción filosóficamente satisfactoria de la idea de causalidad. A pesar de ello consideraba que el modelo causal jónico era claramente insuficiente para lograr una definitiva explicación del mundo. Según Aristóteles la causalidad jónica se reducía a la *materialidad* del suceder en el mundo.

El comentario de Aristóteles es un punto de partida interesante para comprender el desarrollo siguiente en el campo de la filosofía natural: Aristóteles transformó una metafísica de contenido material en una metafísica que trabaja con *causas materiales* para mostrar que esta no puede pretender dar una descripción completa del suceder

en el mundo. Aristóteles argumentó que la causa material no puede ocasionar su propio cambio, es decir que un modelo epistemológico orientado hacia la substancia del mundo no puede autorealizarse tal como Tales, Anaximandro y Anaxímenes creían. Si una estatua por ejemplo, esta hecha de piedra, no es la piedra misma la causa originaria de la estatua sino que otra forma de acción debe haber estado presente en ese proceso, para permitir que la piedra se transformara en estatua. Así subrayaba Aristóteles una característica típica de la representación substancial, a saber el carácter inmanente de la representación substancial. En otras palabras: la representación substancial está *encerrada en sí misma*.

Como es sabido Aristóteles distinguía cuatro diferentes tipos de causalidad: la causa material, que como hemos dicho desarrollaron los filósofos jónicos, la causa formal, la causa activa y la causa final o teleológica.

La causa formal era entendida como aquella que decidía la esencia de la cosa y a pesar de que Aristóteles no refiere esta idea a la filosofía jónica, me parece que en cierto sentido se puede hallar rastros de la misma en la idea de *arché*. En nuestra comprensión del término "agua" por ejemplo, se incluye tanto el sentido material como el sentido formal del ser "agua" -en este caso particular, el carácter *informal* o *pluriformal* de la misma-. Una característica de los modelos substanciales de epistemología es justamente esta combinación de forma y materia. Una combinación que siempre es *productora de cosas*.

Si se estudia detenidamente la filosofía de Tales y se buscan los motivos que puedan esconderse detrás de la elección del agua como substancia primera o *arché*, se pueden señalar entre otras muchas algunas obvias como la relación entre humedad y vida, sequedad y muerte.

Es mi intención subrayar que en el modelo material mismo, además de explicarse el origen de las cosas del mundo, aparece el carácter plástico de la substancia primitiva, carácter que la hace capaz de adoptar un número ilimitado de formas intermedias. La substancia originaria es además universal y en principio idéntica a todas sus transformaciones.

Si dejamos la filosofía de Tales para tomar la de Anaximandro, podemos constatar la introducción de una modificación interesante: mediante el término *arché* se describe ahora una substancia abstracta llamada *apeiron*. Además se introduce un mecanismo para explicar las transformaciones materiales del mundo. El mecanismo es la lucha de tendencias opuestas. Anaximandro describe esta lucha como teniendo lugar entre substancias concretas del mundo inmediato, por ejemplo la lucha entre el calor y el frío.

Otro carácter típico de este tipo de epistemología es el de presentar todo cambio como un cambio de *forma*. Por esta razón puede encontrarse que *apeiron* se halla formalmente presente en el agua y en el aire, en el calor y en el frío. Esta multiplicidad de la forma, típica de la substancia primera, puede -salvando las distancias- considerarse como el antecedente antiguo de la idea moderna de substancia *compuesta*. Según parece el cambio de forma de la sustancia primera era entendido como una suerte de interacción lógica entre categorías.

Anaxímenes, el último de los filósofos jónicos de la naturaleza elige una metafísica con un carácter más empírico. El asegura que la substancia originaria es el aire. Otra vez se busca una substancia que fácilmente pueda ser generalizada. Otra vez aparece el recurso del sentido común al servicio de la explicación del mundo.

Anaxímenes introduce también otros criterios, los cuales serán después encontrados en todo futuro modelo epistemológico basado en la idea de substancia: la idea de la *densidad* de una substancia.

Pitágoras, quién fuera contemporáneo de Anaxímenes y en general un filósofo muy original, desarrolló una nueva versión del modelo epistemológico basado en la idea de substancia. Para Pitágoras y sus seguidores la substancia primera es a la vez una y muchas: *el número*.

Una representación interesante de la idea de cambio substancial se encuentra en la obra de Heráclito. Esta idea ha sido expresada con la ayuda de una analogía que se ha hecho famosa según la cuál "es imposible bañarse dos veces en el mismo río". La idea de cambio de Heráclito incluye la acción compensatoria de los contrarios tal como esta había sido introducida antes por Anaxímenes con el agregado de la idea de *circuito* o *proceso*. Las diferentes etapas de la substancia van ahora a ser consideradas como *repeticiones en un proceso*.

Si la filosofía jónica puede considerarse como la cuna de toda metafísica de la substancia, puede considerarse a la filosofía de Parménides y en general a la filosofía eleática, como la cuna de toda filosofía del movimiento.

Paradójicamente la incorporación de la epistemología del movimiento a la historia de la filosofía natural se logra a través de su negación. Parménides defendía una total ausencia de *kinesis* y como consecuencia de ello una ausencia total de movimiento y de cambio. Para defender su interpretación desarrolló una representación del mundo como unidad indivisible, homogénea y continua.

La explicación de los fenómenos naturales se divorciaba así por vez primera del sentido común. De esta forma nacía también la necesidad de reelaborar este sentido común para facilitar la comprensión de la explicación

filosófica. En relación a las ideas desarrolladas por Parménides, es Zenón quién con gran habilidad encuentra los argumentos que satisfacen el sentido común más exigente. Con frecuencia se reduce el análisis de la paradojas de Zenón a sus implicaciones lógicas y de esta forma se olvida la concepción del mundo que las mismas implican. En una de esas paradojas *se puede ver* como Aquiles y la tortuga compiten en velocidad en un escenario creado a los efectos del argumento. En otra de las paradojas *se puede ver* una flecha lanzada al aire. Zenón es quizás el primer filósofo natural que hace uso de una representación del movimiento y del cambio que es claramente trascendente al objeto de ese movimiento o cambio. En otras palabras, una representación en la cual el cambio es estudiado independientemente de la cosa que lo sufre.

El ingreso de los atomistas a la arena del debate filosófico significó el fortalecimiento del modelo epistemológico escénico. Estos comprendieron que la existencia del *vacío* era una condición necesaria para justificar el movimiento de los cuerpos en el espacio. A partir de estas conclusiones concentraron sus esfuerzos en desarrollo de una crítica a la concepción estática del escenario que defendiera Parménides. Al mismo tiempo comprendieron que una parte importante de las conclusiones lógicas de este filósofo no podrían ser removidas. Ellos eligieron construir una representación del mundo consistente en niveles diferentes de "recipientes". Aquella cosa que en un nivel dado del ser, "llenaba" completamente el espacio en que se encontraba, se hallaba perforada por el vacío a un nivel menor. Lo que no se podía explicar en un nivel del ser, se explica en el siguiente. De esta forma se introdujo la idea tan familiar hoy de un mundo organizado en niveles paralelos. La filosofía atomista sugirió ya en aquellos tiempos tempranos que toda representación substancial del mundo podía ser reducida a una representación escénica y viceversa.

Las líneas divisorias entre las diferentes escuelas filosóficas presocráticas desaparecen con la síntesis aristotélica. La filosofía de este mostró siempre una gran necesidad de simetría interna, hecho que llevó a la primacía del pensamiento lógico por encima del epistemológico. Substancia y movimiento son para Aristóteles categorías lógicas a las cuales se subordina el análisis directo de la representación del mundo. Para Aristóteles una substancia simple debe mostrar un movimiento también simple:

" By "simple" I mean all bodies which contain a principle of natural motion, like fire, and earth and their kinds, and the other bodies of the same order. Hence motions also must be similarly divisible, some simple and others compound in one way or another; simple bodies will have simple motions and composite bodies composite motions, though the movement may be according to the prevailing element in the compound."¹

Durante el Renacimiento o poco después del mismo se quiebra definitivamente la resistencia de la síntesis aristotélica con, entre otras, la obra de Galileo que sienta las bases de la física moderna y luego en el siglo dieciocho con la obra de Boyle la cual preparó el advenimiento de la ciencia de la química. Sin embargo, la revisión del pensamiento aristotélico había empezado mucho antes justamente a través del replanteo de la representación del movimiento y la causalidad. Es de la mayor importancia el comprender las razones que llevaron a la filosofía moderna a un rompimiento con la teoría aristotélica de las *cuatro causas*. Entre esas cuatro causas son la causa material y la formal claramente orientadas hacia una epistemología substancial. Se podría decir que en tanto la causa material refiere propiedades en el devenir ontológico, la causa formal se ocupa de capturar las propiedades del devenir en la esfera fenomenológica.

Las causas activa y final o teleológica por otra parte, son claramente representaciones escénicas. Según me parece, también aquí pueden encontrarse dos niveles: el ontológico o el movimiento en el mundo tal como este *es*, fácilmente asociable a la causalidad como acción efectiva y el fenomenológico o el movimiento tal como este se nos *aparece*, es decir el mundo como creado de acuerdo a un fin.

La teoría aristotélica de las cuatro causas respondió al intento del mundo antiguo de presentar una explicación global del suceder. La misma es un ejemplo concreto del ideal de perfección lógica que toda teoría científica trata de alcanzar. Sin embargo también podría decirse que explica *demasiado*. El mundo aparece ante los ojos de Aristóteles como libre de enigmas, lo cuál no puede dejarse ver sino con sospecha.

Con esta rápida recorrida a lo largo del pensamiento de la antigüedad he tratado de mostrar como la epistemología se ha desarrollado en función de un proceso de formalización que comienza tan pronto como se distinguen las representaciones de substancia y movimiento. Es mi opinión la de que aquí no ha sucedido ninguna revolución de carácter experimental, ni es este un proceso nacido de la agudización de los poderes inductivos lógicos. Lo que aquí es nuevo es la forma de relacionar el mundo con la filosofía. Se trata de alcanzar una representación del

¹ Aristoteles (1953), s 13

mundo más *compacta* a través de la introducción de modelos epistemológicos claramente estructurados.

1.2 La ciencia como filosofía formal

◀ La ciencia es presentada como una filosofía formal, la cuál ha sido formalizada en términos de sucesivos cambios de identidad. Dos modelos metafísicos son introducidos como la única consecuencia posible a este proceso: el modelo físico y el modelo químico. ▶

¿Cuáles son los pasos que necesariamente han de recorrerse para transformar una representación del mundo basada en el sentido común en otra representación de carácter científico?

Esta es una pregunta decisiva a la cuál ahora deseamos hallar una respuesta. La epistemología moderna acostumbra describir la física y la química como los modelos científicos por excelencia a los cuales toda otra ciencia debería ser reducida. Es este entonces, el lugar apropiado para reconocer que yo soy de la misma opinión. Mi estrategia es en este sentido, en absoluto, original. Yo creo que si se pudiera determinar exactamente cuáles fueron los procesos que hicieron posible el surgimiento de la física y de la química moderna, sería perfectamente posible formar según los mismos criterios, cada uno de los campos del conocimiento.

Las siguientes etapas se me aparecen como esenciales en el proceso que conduce de una representación inmediata del mundo y una representación científica del mismo:

I) El estadio químico:

- a) Búsquese una o más sustancias y preséntelas en una metafísica del sentido común.
- b) Establézcase cuáles son las relaciones existentes entre las nuevas sustancias como relaciones de transformación. (Como cambios en la identidad de las sustancias).

II) El estadio físico.

- c) Redúzcase las sustancias a partículas u ondas.
- d) Pónganse estas partículas u ondas en movimiento (cambios de identidad en el escenario).

Las ciencias que en general tienen como su tarea el describir el cambio de identidad de las sustancias, han de agruparse en torno al nombre de "química". Por otra parte las ciencias que tienen por objetivo el estudio de las modificaciones escénicas del mundo, han de agruparse en torno al nombre de "física". Finalmente y a modo de resumen podría decirse que estos dos grandes grupos de ciencias, describen dos formas fundamentales del cambio o movimiento.

1) *El movimiento o cambio físico*: Esta forma del movimiento se caracteriza por no modificar la identidad de la sustancia que se mueve. Los cambios de identidad se dan en cambio en el escenario.

Esta forma del movimiento puede adoptar la forma mecánica clásica, según la cual un cuerpo A se desplaza en el espacio durante un cierto tiempo. Pero puede también adoptar otras formas, como por ejemplo la transformación estructural (no química) de la sustancia.

2) *El movimiento químico*: Esta forma del movimiento modifica la identidad de la sustancia. Una sustancia A reacciona con otra sustancia B para producir una tercera sustancia C. Fundamentalmente se dan dos alternativas distintas de este modelo: a) una alternativa *estandard*, según la cuál una cantidad dada de sustancia (masa) cambia en relación al tiempo, y una segunda alternativa b) en la que una o varias propiedades de la sustancia cambian en la unidad de tiempo. Una exigencia es la de que estas propiedades se hallen *ligadas* a la sustancia descripta. Veamos estas dos alternativas más de cerca:

Alternativa estandard: La medida del movimiento en este caso es la cantidad de sustancia (masa) que reacciona por unidad de tiempo. Como ejemplo puede nombrarse cualquier reacción química.²

² Según Guldberg y Waage una reacción química es de "orden 0" si la velocidad de la reacción de dos sustancias A y B no depende de la cantidad de sustancia usada. Si en cambio, la velocidad de la reacción es proporcional a la cantidad de una de las sustancias envueltas en la reacción, se dice que esta es de "orden 1". Finalmente si la velocidad de la reacción depende de la cantidad de ambas sustancias se dice que la reacción es de "orden 2". Esta relación se conoce como "ley de la masa activa de una reacción".

Segunda alternativa: Los cambios de identidad de la substancia se dan en el orden del tamaño de algunas de las categorías pertenecientes al objeto cuyos cambios se describen, por ejemplo en las categorías espaciales cómo altura o área, pero ahora entendidas como variables del objeto y no cómo variables del escenario.

A este grupo deben referirse también aquellos casos en los que un elemento cualquiera perteneciente a una representación abstracta es transformado en un indicador numérico como en el caso de "producto bruto nacional", "renta" o "crecimiento económico". Digamos al pasar que (y sin la posibilidad de dedicarle al tema la atención que se merece) la ciencia de la sociología corresponde claramente al modelo epistemológico escénico, mientras que la ciencia económica puede entenderse como un desarrollo del modelo substancial.

Cuando una representación de carácter filosófico es formalizada de acuerdo a los procesos descriptos, decimos que una revolución de carácter científico ha tenido lugar. Esta es una de las tesis que trataremos de defender en las páginas siguientes.

1.3 El modelo plástico

◀ Cuando el modelo escénico es combinado con el modelo substancial para formar un tercer modelo original, se crea el modelo que llamaremos plástico. Este es el modelo que es capaz de capturar las propiedades del fenómeno de la vida. ▶

Hasta ahora hemos referido opiniones de carácter epistemológico que, salvando circunstancias terminológicas menores, son en general aceptadas por un número muy grande de filósofos y teóricos de la ciencia. Mis comentarios acerca de la naturaleza de los fenómenos físico y químico por otra parte, no pueden ser considerados sino como bastante poco originales. A partir de ahora en cambio, expresaré opiniones de corte más personal y quizás también más controversiales.

Digamos para empezar que los referidos análisis sobre el carácter formal de la ciencia no pueden sin dificultad ser aplicados en cualquier caso. El caso negativo más notorio y que por otra parte es el que intentaremos discutir en esta obra, es el de la ciencia de la biología. Parece ser evidente el hecho de que a esta ciencia, no se la puede colocar ni en el modelo "físico", ni en el modelo "químico". Para poder resolver esta cuestión y al mismo tiempo conservar la división de la epistemología en pocos modelos sencillos, elaboramos a continuación la teoría según la cuál la ciencia de la biología, sería el resultado epistemológico de combinar en uno solo, los dos modelos anteriormente presentados.

La combinación de estos dos modelos ha de ser entendida de tal modo, que los cambios en identidad del objeto de ese cambio, han de seguir simultáneamente las líneas generales características de los dos modelos originales. Así será que si consideramos el objeto del cambio como una partícula en desplazamiento, esta partícula ha de ser también entendida como substancia en cambio. Este doble carácter de cambio en el escenario y de cambio en la substancia, le dan al objeto del movimiento, la naturaleza de partícula en *expansión*. A este nuevo modelo del movimiento o cambio, le llamaré "plástico".

Las propiedades plásticas se dan entonces en la materia, cuando a una partícula dada se la obliga simultáneamente a desplazarse y a modificar la identidad substancial.

Capítulo II: Un modelo epistemológico para la vida

2.1 Introducción a la metafísica de la vida

◀ En las páginas siguientes son introducidas algunas de las cuestiones inevitables para el desarrollo de una metafísica de la vida. ▶

Cuando los filósofos del pasado han tratado de comprimir la interpretación inmediata de la vida en un modelo epistemológico, se han enfrentado siempre a un número de problemas aparentemente sin solución. El más importante de ellos, parecería ser el de decidir si la materia vital y la materia inanimada tienen propiedades comunes y en caso de que así fuera, determinar cuál es la exacta relación entre estos dos. Aparece como una consecuencia inmediata la de decidir cuál de las dos formas de materia es la más importante o dominante y si sería o no posible reducir una forma a la otra.

Otro problema importante ha sido el saber, si existe un modelo epistemológico propio para la ciencia de la vida, o esta debe ser entendida según las pautas epistemológicas de la materia inanimada.

Un tercer problema ha sido el de organizar el suceder vital en una cadena de relaciones causa-efecto. Aquí han entrado las consideraciones aristotélicas acerca de la causalidad final, como una forma de causalidad propia para el modelo biológico.

Permítasenos ahora entonces discutir una vez más, estas difíciles cuestiones. Empecemos por preguntarnos si la materia vital y la materia inanimada son de la misma naturaleza.

Podemos comprobar que si se contesta a esta pregunta en términos negativos, se termina aceptando que la materia vital en parte o en su totalidad es inmaterial, y que por lo tanto, se ve uno obligado a contar con la existencia de sustancias no materiales. Los seres vivos son en ese caso iguales a todas las cosas del mundo con la excepción hecha de una sola propiedad exclusiva: la posesión de un alma. Desgraciadamente sucede que una teoría de este tipo explica *demasiado*. Digamos que por una explicación *excesiva*, entiendo aquella que introduce más problemas que los que resuelve. La existencia real de una sustancia de esta naturaleza es imposible de demostrar por vía de la ciencia lo cuál invalida toda la teoría. Más tarde o más temprano se llegó a la conclusión de que una respuesta negativa conducía a la formulación de mini-filosofías más o menos estructuradas pero jamás, a una formalización digna de llamarse ciencia.

Si en cambio se elige contestar la pregunta en términos afirmativos, se puede seguir adelante y plantearse otros problemas.

Primero se creyó que la diferencia entre materia viva y materia inanimada podía reducirse a la diferencia entre materia orgánica y materia inorgánica. Sin embargo esta diferencia mostró ser aparente cuando Woehler en 1828 logró sintetizar urea a partir de materias inorgánicas.³

Este problema ha sobrevivido hasta nuestros días y las dudas acerca de la relación existente entre la materia vital y la materia inanimada no han podido disiparse. En este lugar podrían citarse las investigaciones de E Fischer a principios de siglo, y más tarde las de Stanley, Grainger, N W Pirie y R Rivers.⁴ Stanley encontró un virus responsable de cierta enfermedad en las hojas de la planta de tabaco. Este virus resultó ser una proteína pura, que podía pasar de un estado coloidal a un estado cristalino. Una vez ubicado en la planta de tabaco, este virus asimilaba sustancia, crecía y se reproducía. Los investigadores no pudieron ponerse de acuerdo si este virus era o no un ser vivo. A partir de entonces muchos investigadores consideran a las proteínas como partículas-límite entre la materia viva y la inanimada. Digamos también al pasar, que la filosofía mecanística moderna, reduce el fenómeno de la vida a la relación mutua de los aminoácidos en las proteínas.

El problema de los tipos diferentes de materia dio lugar al problema de carácter secundario de precisar cuál de las dos formas de materia es la principal.

Durante la antigüedad y hasta el comienzo de la era cartesiana, la idea dominante acerca de este asunto fue la de Aristóteles quién consideraba el universo como un inmenso organismo viviente. Con el desarrollo de la ciencia moderna, esta concepción se transformó en su opuesta y hoy es igualmente natural para nosotros considerar el

³ De Angelis J L (1952) Epistemología y teoría de la ciencia, s 273-386. Diccionario de Filosofía. Espasa-Calpe. Buenos Aires.

⁴ De Angelis J L (1952) Epistemología y teoría de la ciencia, s 273-386. Diccionario de Filosofía. Espasa-Calpe. Buenos Aires.

mundo inanimado como el mundo primero e irreducible.

Los puntos arriba expuestos no fueron jamás discutidos aisladamente. Digamos sí, que las diferentes posiciones se manifestaron siempre de una manera bastante clara i delimitada. Mucho más confusa a sido la discusión acerca de la elección de un modelo epistemológico para la ciencia de la vida. La lucha en este frente se ha concentrado primero en la elección de una interpretación dualista o monista de la materia. Esta conclusión se puede sacar directamente de lo que ya se ha dicho.

Digamos que para aquél que quiere penetrar en los trasfondos de la metafísica de la vida, nada es más difícil que hacerlo sin partir de un punto de vista propio a la luz de cuál interpretar las diferentes tendencias y clasificarlas. Sin este recurso metodológico previo, el investigador corre el riesgo de no lograr mantener separadas las propias ideas de las que encuentra en el fragor del debate para caer más tarde o más temprano en la defensa de una de las posiciones involucradas.

Mi estrategia ha sido entonces, la de colocar a las posiciones del debate frente a la pregunta que para mi es la fundamental: ¿cuál es el modelo epistemológico que debe usarse para lograr comprender el fenómeno de la vida?

En otras palabras: ¿es el modelo más adecuado aquel que hemos llamado substancial o aquél que hemos llamado el modelo escénico? La historia enseña que el modelo substancial ha sido el dominante.

Un denominador común en la filosofía griega fue la creencia en la existencia de un cierta substancia vital: *psyche*. Esta substancia fue de carácter material para los atomistas y de carácter inmaterial para Platón. Esta substancia era la responsable de "auto-movimiento" de la vida.⁵ La muerte tenía lugar cuando esta substancia se desprendía del resto del cuerpo.

La interpretación griega más notable correspondiente al modelo escénico se remonta a las concepciones atomistas y tienen su expresión moderna en la filosofía de Descartes quién considerara a los seres vivos como máquinas complejas. Con él se inaugura la era moderna del mecanismo.

Digamos que la tentación de considerar a la vida de acuerdo a pautas mecanísticas es hoy tan fuerte como lo fuera en los tiempos de Descartes sino aún más fuerte. El mecanismo de nuestros días es variado y difícil de describir en términos concisos. Digamos que no se reduce a epistemologías escénicas sino como en el caso de la moderna teoría del ADN, se basa muchas veces en epistemologías substanciales. La interpretación químico-orgánica de los diferentes cambios de identidad que una substancia puede sufrir, es fundamentalmente substancial incluso cuando esta, en un segundo momento, sea posible reducirla a una relación atómica.

Los modelos substanciales por otra parte, se pueden asociar fácilmente a interpretaciones *vitalistas* u *organicistas*. Estas interpretaciones a pesar de ser tan viejas como el mecanismo, aparecen con renovada fuerza en la segunda parte del siglo pasado dándole al debate moderno un carácter propio.

Los esfuerzos modernos puestos en lograr la determinación de una metafísica de la vida han seguido las pautas clásicas y tal como se ha dicho, las posiciones han sido las de los vitalistas, los mecanistas y los organicistas. Para los vitalistas es imposible reducir la vida a alguna forma de mecanismo. En general se puede decir que los vitalistas han en realidad negado la posibilidad del fisicalismo y el materialismo y no la del mecanismo. La razón del rechazo al mecanismo se debe a que éste aparece históricamente conectado al fisicalismo o al materialismo. En los últimos años y como consecuencia del desarrollo de la teoría de los autómatas se pueden encontrar posiciones que siendo mecanistas no son ni fisicalistas ni materialistas. Según estas posiciones la vida sería la propiedad emergente de sistemas organizados complejamente.⁶ Digamos que esta nueva interpretación podría llevar el nombre de *organizacionismo*.

Para los vitalista la vida es una categoría irreducible y primera, tal como usualmente se considera a las categorías de "tiempo", "espacio", "movimiento" y "substancia". Ahora bien, esta interpretación acarrea problemas de difícil solución. De esta forma se parte de una división del mundo en dos substancias primeras, siendo una de las cuales para colmo, imposible de reducir al lenguaje materialista de las ciencias.

Los mecanistas clásicos en cambio, que como se ha dicho también fueron fisicalistas o materialistas, sostenían que la vida es la consecuencia de procesos físicos y químicos, y que mediante el recurso de manipulaciones adecuadas, esta podría ser producida en el laboratorio.⁷

Organicistas finalmente, ponen el acento en la *forma* de los seres vivos. Estos aceptan algunos de los puntos

⁵ Regnéll H. (1967).

⁶ Esta posición aparece mas o menos claramente formulada por muchos de los investigadores contemporáneos en el terreno de la AL (Artificial Life) y tiene su origen en los trabajos de von Neumann.

⁷ Marcozzi V. (1957).

de los vitalistas, por ejemplo, que el fenómeno de la vida no puede reducirse completamente a procesos mecánicos pero tratan al mismo tiempo de conservar el carácter materialista de una teoría científica moderna. La materia orgánica es para esta corriente filosófica *diferente* de la materia inorgánica y de esta forma tenemos aquí otra vez el dualismo substancial de los vitalistas. La diferencia fundamental con estos es la de que para los organicistas, las diferencias entre las dos formas de materia no son irreducibles. La herramienta fundamental de trabajo de los organicistas es la rama de la matemática moderna conocida con el nombre de *topología*. Una teoría matemática formal muy actual de gran valor para el organicismo es la conocida con el nombre de *teoría de las Catástrofes*⁸. Como el organicismo puro rechaza el fisicalismo, este no puede recurrir a explicaciones mecánicas y debe por lo tanto construir un modelo de causalidad basado en otras pautas. Es fácil ver aquí la versión moderna de la causalidad *formal* de Aristóteles.

La exigencia organicista de que una filosofía de la vida debe ser capaz de explicar porqué los seres vivos tienen una forma determinada, puede sin dificultad ser cuestionada. Incluso en el caso de que se lograra explicar *que es la vida*, no parece lógico suponer que esta explicación comprenda también a la de su forma. *Forma* y *ser* no tienen porque coincidir necesariamente y todo parece indicar que no lo hacen en este caso tampoco. El organicismo parecería conducir en realidad a una morfología de la vida y no a una metafísica de la misma.⁹

Sería del mayor interés el poder contar con una teoría que explicara la relación existente entre el modelo epistemológico adoptado y la metafísica resultante. Parecería existir por ejemplo, una cierta relación entre la filosofía orientada a la substancia de los vitalistas y su comprensión de la vida como *distinta* a todo otro fenómeno natural. Lo que estos filósofos se han propuesto es el dar una clara respuesta al problema de *que es la vida*.

Los mecanistas, que han negado a lo vital un lugar privilegiado, saltan sobre este problema y en lugar de explicar lo que la vida *es*, explican unas veces como la vida *funciona*, otras veces en que *consiste* lo vital. No es de ningún modo extraño que investigadores de este grupo ante la pregunta: *¿que es la vida?*, contesten: "Si presionamos el razonamiento hasta sus últimas consecuencias, se puede afirmar que todas las formas vitales conocidas son sistemas de proteínas y ácidos nucleicos."¹⁰ Ahora bien, el filósofo que así contesta, no ha contestado a la pregunta formulada. A la pregunta: "¿que es A?" no se le puede contestar: "A consiste en l, m, y n" ni tampoco: "A funciona de tal y tal manera". Existe un rasgo puramente metafísico en las preguntas acerca del *ser* el cuál es típico de la *mayéutica* socrática, y al cuál la mayoría de los investigadores empíricos consideran comprometedor. El empírico moderno, fundamentalmente aquél que ha hecho del mecanismo su filosofía, prefiere dedicar la reflexión al estudio de las partes constituyentes de las cosas o al estudio de las relaciones estáticas y dinámicas entre las mismas. Pero entonces debe aceptarse que a una *que-es-pregunta*, se le conteste con una *en-que-consiste-respuesta* o con una *cómo-funciona-respuesta*.

Una parte importante de las dificultades que el mecanismo presenta en capturar las formulaciones de carácter metafísico, pueden radicar en el hecho de que éste se construye sobre un modelo epistemológico escénico. Este modelo es por su naturaleza mucho más adecuado para capturar cambios de identidad bien definidos. El modelo escénico por ejemplo no puede sino con dificultad aplicarse a descripciones fenomenológicas. Parecería ser que nuestra comprensión de la esfera fenoménica es demasiado vaga para poder asimilarse en una configuración escénica. Justamente por esta razón parecería que el modelo escénico no es el más adecuado para capturar los rasgos *esenciales* de las cosas.

Una relación más cercana parecería ser la existente entre el modelo substancial y el descubrimiento de la esencias de las cosas, tal como estas son entendidas por la metafísica clásica pero también por nuestras representaciones inmediatas. Con un modelo substancial como plataforma metafísica se va directamente tanto a *las cosas mismas* de una manera que satisficiera las más estrictas de las exigencias fenomenológicas.

Por estas últimas razones dadas, puede el vitalismo dar una clara respuesta a una pregunta sobre la esencia de la vida. Para hacerlo recurren sin excepción a una representación substancial, y por esta razón fundamental, es muy probable que una interpretación definitiva del fenómeno de la vida, deba partir justamente de un modelo epistemológico de este tipo. Ahora bien, ya hemos dicho que el vitalismo y en general cualquier interpretación de la vida de carácter puramente substancial, conduce al dualismo de la substancia. Esto vale como vimos, también para el organicismo. Esta situación conduce a un problema al que llamaremos *el problema de la substancia extra*.

Detrás del dualismo substancial se encuentra el origen de muchas de las ideas filosóficas de todos los tiempos. Por ejemplo el dualismo de cuerpo y alma. Esta concepción nace sobre la base de que ya sea que uno parta de una base

⁸ Desarrollada por el matemático francés René Thom.

⁹ Una defensa actual del organicismo puede leerse en R Sheldrake (1983) *Mot en ny Livsvetenskap*. Akademilitteratur. Stockholm.

¹⁰ Ryden Lars (1985), *Resan till Livets Början*. (Viaje a los Orígenes de la Vida). s 84 Hallgren & Fallgren Uppsala.

mecanista o de una vitalista, la vida debe ser el producto de dos sustancias bien diferentes: una sustancia para la materia viva y otra para la materia inanimada. Esta dicotomía de la sustancia no puede ser reducida ni siquiera con la ayuda de la química moderna. Ahora bien, supongamos una reacción entre esas dos sustancias. Una de ellas debe ser la que directa o indirectamente *produzca la vida*. Pero al ser una sustancia real (es decir existente en el mundo), esta sustancia debe *ser la vida misma*, porque como dijimos antes la vida es entendida como sustancia. O sea que la sustancia que genera la vida, *es a su vez la vida*, y nuestra explicación se torna circular.

El problema puede verse mas claramente con la ayuda de un ejemplo. Digamos que alguien asegura haber encontrado un polvo capaz de volver viviente todo lo que lo toca. ¿Es esta afirmación pasible de una crítica puramente filosófica? Parecería que sí. Ante una afirmación como la formulada, nos preguntaremos que es lo que sucede cuando la sustancia entra en contacto *consigo misma*. La respuesta es obvia: una sustancia capaz de vivificar lo inanimado, debe estar viva ella misma. La lógica interna a la metafísica de la vida nos dice que ésta es causalmente cerrada a la idea de sustancia.

Como una alternativa al modelo substancial puro podemos pensarnos el modelo escénico puro. Imaginemos que la vida es la consecuencia de procesos puramente físicos. Esto podría pensarse de dos formas fundamentales: a) como cierto tipo de partícula viva, que mediante el contacto físico con la materia inanimada "contagiase" a ésta quizás mediante la penetración de su estructura básica. Esta interpretación se contradice con las informaciones empíricas según las cuales a ninguna partícula conocida se le puede atribuir estas propiedades. b) como cierto tipo de fuerza o energía tales que puestas en acción sobre la materia inanimada, provocaran en esta el estado vital. Digamos que han existido muchas teorías de este tipo, baste citar la que desarrollara W Ostwald, y que en principio no parecería existir ningún tipo de obstáculo metafísico a esta alternativa. El problema en este caso es el de encontrar una interpretación física o fisico-química que no se contradiga con las teorías de este tipo normalmente aceptadas.

A modo de resumen se podría decir que una metafísica de la vida no puede, debido a las razones ya enumeradas, tampoco ser puramente mecanística. Digamos a modo de ejemplo, que para poder llegar a la formulación de la ley de la gravedad de los cuerpos, fue necesario primero conocer *cómo* los cuerpos celestes se desplazaban. Ahora bien, este conocimiento no debe identificarse con el de saber *qué* es lo que hace posible ese movimiento. Las teorías de Newton y Einstein aportan a la ciencia los elementos metafísicos capaces de hacer de la representación de un fenómeno, una representación *terminal*. Este es el aspecto que hoy notoriamente falta a la metafísica de la vida.

A veces se trata de salvar el problema de la especificación de la esencia de la vida, por medio del recurso de otras técnicas menos ambiciosas como la de enumerar en una lista las propiedades más sobresalientes que caracterizan lo viviente. Así es que los intentos de este tipo forman una *familia* -en el sentido de familiaridad que manejaba Wittgenstein- tal que cada lista tiene alguna propiedad en común con otra, pero ninguna propiedad puede apuntarse como la fundamental. Algunos de las propiedades generalmente enumeradas son: a) la capacidad de interactuar con el medio ambiente, b) el desarrollo de formas estables transmitidas a las generaciones venideras, c) la capacidad de dividirse para multiplicarse y d) el crecimiento.¹¹ A partir de estas experiencias podemos asegurar que una mera enumeración de las propiedades de la vida tampoco puede decirnos lo que la vida *es*.

De todas las alternativas posibles que han sido formuladas a los efectos de lograr una solución al problema de la esencia de la vida, sólo una nos queda por explorar. Me refiero a aquella que siendo física por su carácter, es al mismo tiempo de utilidad para la ciencia. Una teoría de este tipo -como la formulada por W Ostwald- debe adoptar la forma de ley natural, una ley que de una manera u otra describa procesos que aún no han podido detectarse.

2.2 La teleología

◀ La característica de la vida se discute desde el punto de vista de la representación inmediata. El autor precisa lo que entiende por una representación formalizada. ▶

El objetivo principal de esta parte es el de mostrar la relación existente entre la representación del acontecer inmediato y la idea de causalidad final.

La consecuencia más importante de esta relación es la de que todo modelo de explicación teleológico, usa objetos presentes en la representación inmediata del mundo, sin someterles a ningún proceso previo de

¹¹ Listas muy populares fueron por ejemplo la de Uexküll y la de Roux De Angelis J L (1952) s 364.

reelaboración.

De esto se sigue que toda representación teleológica se halla cargada *intencionalmente*, es decir es un instrumento al servicio de la ideología. Toda representación teleológica es por esta razón una representación que prepara para la *acción*.

Permítasenos echar una mirada retrospectiva al desarrollo de esta relación.

Cuando en los tiempos primeros de la ciencia de la vida se trató de comprender su extraordinaria variación, se experimentó la necesidad metodológica de sistematizar. La historia muestra cómo este proceso fue en realidad el fundamental desde Aristóteles hasta Lineo y desde éste hasta nuestros días. La descripción y clasificación de cada individuo fue y de alguna manera todavía es la tarea central de la metodología biológica.

Sin embargo el contenido de la sistematización no fue siempre el mismo. Después de Lineo aparece un aspecto nuevo en esta metodología que reduce el trasfondo metafísico de la sistematización. Poco a poco se comenzó a referir la sistematización a una representación del mundo cada vez más estructurada, mas *formal*.

Este proceso de formalización tuvo que elegir entre las siguientes pautas:

a) el estudio *in vivo* de los seres vivos, lo cuál implicaba la representación de éstos tal y cómo se daban en la representación inmediata. Este es, por ejemplo, el camino que ha conducido al desarrollo de la fisiología, de la allometría y de la taxonomía. Este es también la base de la genética de Mendel y de la teoría de la evolución de Darwin. La ventaja de esta representación es la de que el científico se halla dentro del dominio de la vida tal y como ésta se da en el mundo inmediato. El científico se haya plenamente en el terreno *bio-lógico*.

b) el estudio *in vitro* significó un punto de partida mecanista de la vida. De esta forma se podía buscar las relaciones entre la vida y sus bases físico-químicas. Se parte de la célula para comprender como funciona la totalidad del ser. Se descubrió que las células consisten en proteínas y enzimas. Se busca saber la cantidad de estas proteínas y cómo estas se hayan relacionadas entre sí, etc. La ventaja de esta metodología es la de que permite asociar técnicas químicas altamente formalizadas. El inconveniente máximo es el de que sus conclusiones son válidas dentro de una teoría sobre *las bases* de la vida, pero no para una teoría sobre *la vida misma*.

La modificación de las variables mecánicas de la vida nos permiten comprender las propiedades vitales pero solamente de una manera indirecta. El comprender como las proteínas en la célula influyen las propiedades fenomenológicas de la vida no es epistemológicamente diferente de comprender como el juego del clima, la actividad solar, la capa de gas de Ozono influyen en el desarrollo de la vida. El hecho de que los microprocesos mecánicos se desarrollen en la materia vital misma mientras que no es éste el caso de los macroprocesos, no hace a los primeros más interesantes que los segundos.

A partir de lo dicho más arriba, se debe concluir que no es epistemológicamente lo mismo estudiar la vida a partir de sus bases mecánicas, que estudiarlas a partir de una teoría de la vida. Si una *bio-logía* es posible, no podrá esta desarrollarse a partir de pautas puramente mecánicas.

Los investigadores se encontraron entonces frente a un cruce de caminos. Si elegían la estrategia de estudiar la vida *in vivo*, perdían la oportunidad de alcanzar desde el comienzo un nivel formal muy alto gracias al recurso de las ciencias física y química. Si por otra parte elegían trabajar *in vitro* se perdía de vista la materia viva en su complejidad inmediata.

Ahora sería necesario precisar que es lo que se entiende por realidad *formalizada*.

Cuando el filósofo desarrolla un modelo ideal que comprende el suceder del ser, no puede construir un modelo que a su vez sea capaz de capturar los atributos de la substancia y los de escenario. Cuando el suceder del ser se puede capturar en un modelo escénico, se llama a este suceder *movimiento*, en caso contrario se trata de *cambios de identidad*. Como *completamente formalizada*, se comprende aquí, aquella representación del suceder del ser cuyo modelo se ha precisado claramente.

Digamos que se ha logrado una representación del conocimiento cuando con la más absoluta precisión se puede describir *que es lo que se estudia* y *que es lo que se mueve* (respectivamente *cambia*). El acontecer del mundo entonces, ha de estar subordinado a uno de los dos modelos presentados.

Si estas condiciones no se han cumplido o si se han cumplido parcialmente, acontece que la transformación formal es incompleta y la representación del mundo consecuentemente *vaga*.

Cuando Darwin por ejemplo, introdujo el concepto de "evolución", logró por vez primera y desde los tiempos de Aristóteles la modernización de la idea dualista de substancia y movimiento. Darwin comprendió la necesidad de introducir criterios dinámicos a la filosofía aristotélica de la vida. Pero la teoría de Darwin entra en dificultades cuando se trata de saber qué tipo de movimiento o cambio es el que ella describe. La evolución parece a veces ser una forma

del cambio substancial de los seres vivos, mientras que otras veces parece ser una forma del movimiento escénico.

Cuando se habla de especies por ejemplo, se ve a la evolución como una forma de cambio substancial. La especie es un objeto de carácter substancial, un objeto que cambia siendo siempre sí mismo. Por otra parte sucede que las especies no son objetos accesibles en el mundo inmediato. Si bien es cierto que conocemos sus propiedades a través de algunos individuos, los cambios que estos individuos sufren en el espacio y en el tiempo son modificaciones típicamente escénicas.

Muchos investigadores -alejándose de las intenciones de Darwin- interpretan la teoría de la evolución según las pautas de un modelo teleológico, para lograr con el desarrollo de ideas como la de la "estrategia de la vida", incluir ideas de autocontrol y adaptación. Si bien para hacerlo no pueden basarse en el carácter *explícito* de la teoría de Darwin, pueden si basarse en la *vaguedad formal implícita* de la misma.

2.3 ¿Es posible concebir otra forma del movimiento o cambio?

◀ El autor presenta con la ayuda del modelo plástico, una metafísica de la vida. ▶

En la discusión de las diferentes alternativas de interpretaciones posibles del fenómeno de la vida, se debe considerar también la posibilidad de que esta sea la consecuencia de una forma de movimiento esencialmente distinta de las enumeradas. Tal como se ha dicho, para lograr una descripción efectiva del objeto de una ciencia se hace necesario precisar *que es lo que se mueve*. De acuerdo con esta exigencia, podría el objeto móvil ser el cuerpo físico de los seres vivos, la estructura extensa de la vida o todavía más concretamente, la *masa vital* misma. Esta constelación de cuerpos físicos así considerados, formaría un *mesocosmos*, una especie de mundo intermedio colocado al medio en la escala universal, entre el macrocosmos de las estrellas y el microcosmos de los átomos. Los cuerpos físicos vivos podrían entonces considerarse como las "partículas" de la teoría biológica dinámica que proponemos.

Digamos además que esta forma de movimiento ha de ser única, para de esta forma asimilar las intuiciones de los vitalistas.

Más arriba se habían especificado dos formas esencialmente diferentes de describir los cambios de identidad en el mundo: a) como cambios de identidad en el escenario o, b) como cambios de identidad en la substancia. Ahora intentaremos combinar estas dos formas de cambiar de identidad en un modelo nuevo: c) la substancia y el escenario cambian de identidad al mismo tiempo.

Lograr describir el movimiento propio de la vida consistiría por ejemplo, en lograr una descripción precisa de como los cuerpos vivos *crecen* por unidad de tiempo. Este movimiento podría ser descripto como el desplazamiento del centro de masas del cuerpo en dirección contraria a la de la fuerza gravitatoria. Después de un cierto tiempo sucede que este proceso dinámico se interrumpe y el centro de masas del cuerpo en movimiento cae y se confunde con la corteza terrestre. Las diferencias fundamentales entre esta forma de movimiento y en general todas las formas convencionales (por ejemplo la caída libre, el movimiento de proyectiles, el movimiento pendular, etc.) radicaría en la notable lentitud del movimiento vital además del hecho de que el proyectil en movimiento, debe a la vez ser considerado una substancia en pleno proceso de transformación. El centro de masas de animales y vegetales pueden alcanzar una altura variable entre algunos milímetros y algunos metros, mientras que el tiempo de un ciclo completo de cambio puede ser de incluso muchos años. La velocidad con la que una especie determinada se desplaza, expresa la relación correspondiente entre el espacio y el tiempo para esa especie, debiendo ser medida en metros por año.

Ahora bien una descripción completa del movimiento vital exige desgraciadamente de un razonamiento mas complejo.

Cuando se compara el ciclo vital de dos especies diferentes, se hace necesario el recurrir a alguna de ellas (o a una tercera o a un promedio de varias) como punto de referencia a los efectos de integrar los resultados en un determinado modelo de interpretación. ¿Es la vida del ratón "más corta" que la del elefante? ¿O será que el ratón *experimenta* la velocidad y duración de su vida del mismo modo que el elefante experimenta la suya? ¿Que valor tiene aquí la asignación de valores subjetivos a estas cifras? ¿Son la velocidad y el tiempo relativas a la masa del cuerpo en movimiento? ¿Cómo lograríamos crear un sistema de coordenadas invariante?

Digamos que un problema parecido surgió en la física teórica a principios de siglo. Me refiero a la

invariancia de los sistemas de referencia para velocidades comparables a la de la luz. La solución se halló en la Teoría de la Relatividad. Esta teoría explicó porqué la percepción del espacio y del tiempo es distinta para dos observadores ubicados en sistemas de referencia que se mueven con velocidad diferente. La *congruencia* entre los dos sistemas en movimiento se logró con la introducción de una velocidad constante y máxima: la velocidad de la luz. En nuestro caso parecería que una velocidad tan grande como la de la luz, no podría usarse para la solución del problema en tanto nos manejamos con velocidades muy pequeñas, quizás las más pequeñas para un sistema gravitatorio dado. Esto no impide que otro valor constante sea usado con el mismo fin.

A los efectos de simplificar la problemática del movimiento debemos considerar que todo ser vivo se pone en movimiento con la misma masa. Las modificaciones que siguen en el desarrollo desigual dependerían de la velocidad del movimiento. Aquellos que se mueven más rápidamente, desarrollan también una masa mayor y alcanzan una altura vertical mayor. Una velocidad demasiado grande significaría una resistencia exagerada al movimiento en relación a la gravedad dada y la interrupción prematura del mismo. Una velocidad demasiado pequeña en cambio, acarrearía la interrupción prematura del movimiento, por las razones contrarias. Una estrategia evolutiva podría ser la de buscar un equilibrio entre el tamaño de la masa, la gravitación y la velocidad del movimiento que permitiese la duración máxima de vida. Todo parecería indicar que en este sentido son los vegetales quienes mejor han conseguido desarrollar este balance.

La necesidad de poseer un sistema invariante como referencial para el movimiento vital puede ilustrarse mediante ejemplos: digamos que el elefante se mueve lo largo de su "órbita" con una velocidad mayor que la del ratón. Ahora bien, esto no puede ser comprendido por el elefante sino *experimentando su movimiento desde otra órbita que no sea la suya*. Esto sin embargo no es posible porque implicaría la pérdida de referencia de la órbita anterior. Parecería ser entonces que cada especie vive su movimiento como natural y que los diferentes ritmos vitales están adecuados a estas condiciones dadas. Si la infancia de un ratón corresponde a una tercera parte de su vida, es el mismo período de tiempo apenas la milésima parte de la vida de algunos vegetales. Para nosotros humanos es la vida milenaria de algunos árboles un hecho completamente incomprensible, en tanto midamos su proceso vital con la escala del nuestro. La simultaneidad de dos hechos experimentada por un elefante no será jamás experimentada por una mosca: algunos segundos no son mucho para el primero, pero nada despreciable en la vida de la mosca.

Algo similar sucede en el plano espacial. Las variaciones de tamaño entre diferentes seres vivos hace que la relatividad de las proporciones tengan el mismo peso que la relatividad del tiempo. Si la diferencia entre el centro de masas de un ratón recién nacido y uno adulto es de apenas algunos milímetros, es esa distancia expresión de una clave propia de la especie y no pueden confundirse. Para el elefante en cambio, es esa distancia expresión de la continuidad del espacio.

El problema es muy diferente cuando comparamos movimientos en individuos o grupos pertenecientes a una misma especie que además atraviesan fases del proceso vital comparables. En ese caso se cumple que el centro de masas es el mismo para todos y la única diferencia relevante debe buscarse en los tiempos. Esta es la situación que se da al estudiar al ser humano en el marco de la sociología, la economía y la historia.

2.4 Criterios de delimitación entre representaciones verdaderas e ilusorias.

◀ En este capítulo se discuten las propiedades que la representación plástica debe mostrar para que sea considerada verdadera. ▶

Permítasenos comenzar con una pregunta: ¿Cuáles son las características que hacen que un modelo epistemológico sea "explicativo"? O con otras palabras: ¿En qué consiste una explicación?

Se puede afirmar que la necesidad de una *explicación*, presupone que una determinada representación de la realidad sea experimentada como insatisfactoria y necesita ser rectificada. Este tipo de representación es experimentada como aparente en el sentido de *verdad aparente* y no *real*.

También es cierto que si toda representación fuera obvia ninguna explicación sería necesaria. Por esta razón vale que la representación insatisfactoria no puede *explicarse a sí misma*.

El proceso explicativo entonces, podría describirse como la combinación de dos representaciones diferentes: una insatisfactoria, que de alguna manera justifica la necesidad de la explicación y una verdadera surgente de la explicación misma. Esta relación entre representaciones es central para decidir el valor de un modelo epistemológico.

Cuando estudiamos el tipo de explicaciones relevantes a un problema dado debemos distinguir entre aquellas cotidianas y aquellas científicas. Si una representación fortalece nuestra relación con el mundo inmediato, decimos que está basada en el sentido común. Esta representación describe una realidad altamente probable e invita por ello a la acción.

Si en cambio hablamos de una representación científica, decimos que la misma describe una realidad entendida como improbable y *lejana* del mundo inmediato.

Si nuestro modelo plástico es capaz de explicar "de un modo más eficaz" cómo es que el proceso de la vida tiene lugar, será superior a otros modelos justamente en este sentido. La representación resultante deberá ser más satisfactoria.

Ahora podemos preguntarnos si el modelo plástico ofrece una explicación cotidiana o una científica. En el primero de los casos vale que si la explicación plástica no es científica, esta no podrá distinguirse de la representación cotidiana de la vida. El hecho *explicado* y la representación cotidiana de la que se parte no podrán distinguirse. El proceso vital puede explicarse por ejemplo, como "la reunión amorosa entre la madre Tierra y el padre Sol". En este caso se podría llamar al modelo epistemológico, el "modelo sexual". La distancia existente entre lo que *de hecho sucede* -por ejemplo que los vegetales se alimentan de la tierra utilizando la energía solar- y lo que el modelo anticipa es tan cercana, que los respectivos límites no pueden ser precisados.

A continuación presentaremos un método que nos permita desenmascarar un modelo de explicación cotidiano. Este método se basa en el estudio de la relación entre el modelo y el mundo inmediato. Sucede que incluso cuando una representación cotidiana se nos aparece como *verdadera*, esta no es más que una reelaboración de nuestras expectativas.

Una interpretación científica en cambio ofrece como representación verdadera una que aparece claramente delimitada en relación al mundo inmediato.

Justamente es el momento de la *delimitación*, el central para el proceso del conocimiento. Mediante la explicación distingue el sujeto lo verdadero de lo aparente. El conocimiento de A implica además el conocimiento de aquello que en A es aparente. El desarrollo de la ciencia implica por esta razón una comprensión más profunda de la esfera fenomenológica.

Según mi forma de ver esta situación, las representaciones aparentes no son otra cosa que representaciones fenomenológicas.

Podemos decir entonces que el modelo plástico fracasará como modelo explicativo, si no es capaz de *contrastar* el objeto de estudio en el trasfondo del mundo inmediato. Este contraste será alcanzado si el objeto de estudio se presenta formalizado.

Permítasenos ahora ajustar la pregunta ya formulada: ¿cómo hacer para decidir cuál es el modelo vital que es capaz de lograr una delimitación más clara entre el objeto de estudio y el trasfondo?

Todo parece indicar que el modelo capaz de lograr la explicación más satisfactoria del fenómeno del *crecimiento*, será el modelo superior buscado, en otras palabras, aquél modelo que sea capaz de describir el tipo del movimiento que caracteriza el vivir. Decisivo se me aparece, el lograr captar este movimiento, en términos *operativos*, es decir en términos que puedan ser combinados con todo el resto del arsenal conceptual de la ciencia.

Más precisamente podría decirse que el modelo triunfante será aquél que logre reducir el fenómeno del crecimiento a una forma más de movimiento (cambio).

El problema de comprender el crecimiento como una forma del movimiento es altamente complejo y las dificultades parecerían superar las que al comienzo suponíamos implicaba el mero distinguir lo aparente de lo real. Veamos esto más detenidamente mediante el recurso de un ejemplo: el sistema copernicano. Durante el tiempo inmediato a su formulación, fue necesario que este sistema demostrara su superioridad sobre todo en el plano de la explicación de los movimientos *aparentes* de los cuerpos celestes. Digamos en este sentido que el sistema copernicano no podía ser considerado verdadero hasta tanto no fuera capaz de *fundirse* en la representación del mundo inmediato. De esta manera y como una consecuencia de la teoría se produce un enriquecimiento de la comprensión del mundo que implica además una mayor comprensión de la esfera fenomenológica.

De alguna manera parecería que nuestra tarea recuerda la de Copérnico. Al igual que en su caso, debemos ser capaces de distinguir movimientos aparentes y verdaderos. Sin embargo, nos enfrentamos a dificultades mucho mayores. Se trata de explicar movimientos de los cuales somos parte activa. En calidad de seres vivos, nos hallamos *abordo* del objeto que se mueve. En contra nuestra se podría argumentar que ese también fue el caso de Copérnico, en la medida en que él también, fue *pasajero* de la Tierra, uno de los móviles cuyos movimientos se trataba de explicar. Pero la similitud entre ambos casos desaparece, si consideramos que el movimiento vital tiene

además características que recuerdan las propiedades de toda *substancia*. El movimiento puro y el cambio, con las diferencias semánticas que estos términos tienen para el oído moderno, se dan como hemos visto, simultáneamente en el crecimiento, en un juego dialéctico que trataremos de desentrañar en el próximo capítulo.

Capítulo III: El Modelo Plástico

3.1 Diferencias estáticas entre representaciones de objetos vivos y objetos inanimados

◀ Con el subtítulo "Afirmaciones Preliminares", se presenta a continuación un análisis de la representación y de las formas de sucesión válidas entre las mismas. El autor encuentra dos formas de sucesión fundamentales a las cuales describe como transformaciones de "separación" y "substitución" respectivamente. El análisis encuentra diferencias entre los objetos vivos y los inanimados, que en principio aparecen como esenciales. Una posterior reflexión aporta argumentos en contra de estos criterios de diferenciación. ➤

* Afirmaciones Preliminares *

A modo de punto de partida para la reflexión representémonos una mesa cuadrada de cuatro patas común y corriente. Tratemos de representarnos a continuación una de las patas de esa mesa. Ahora me pregunto: si damos a la representación de la mesa el nombre de "representación A" (representación inicial) y a la representación de una de sus patas el nombre de "representación B" (representación final), ¿cuáles son las propiedades que regulan el pasaje de A a B?

Una respuesta inmediata podría ser la de que el proceso ha consistido en una *separación* de la representación B del cuerpo representativo denominado A. De este modo B sería una parte de la totalidad denominada A.

Volvamos a representarnos la mesa con sus cuatro patas. Tratemos ahora de crear una representación final C de un grupo de átomos de esa mesa. ¿Podemos decir tal como antes que la representación C es una parte del cuerpo representativo A? Obviamente no. Notemos que el pasaje entre las representaciones C y A no es consecuencia de una separación del material en la representación A sino que en este caso se trata de una substitución completa de A por C. Mientras que B es una *parte* de A, C es uno de los *componentes* de ésta. (Mantengamos esta diferencia semántica entre los términos "parte" y "componente", a pesar de que en el lenguaje cotidiano los manejamos como sinónimos).

Podemos comprobar ahora que la combinación entre la representación A y B forma un *rompecabezas* en el cual B puede entenderse como una pieza de la totalidad A. La representación de una pata de la mesa, es fundamental para la representación de la mesa en su totalidad y por tanto la representación de la mesa implica siempre la representación implícita de todas sus partes. De esta manera se podría decir que una representación del tipo A se puede siempre "deducir" de una representación B y viceversa. Las representaciones A y B son de esta manera mutuamente *dependientes*.

Para saber si una representación C es la representación de componentes de justamente A y no de algún otro objeto en cambio, es necesario introducir una tercera representación en la cual estos componentes son asociados como partes de A y no como componentes. Es decir que no hay ninguna propiedad en el objeto "átomo", que lo haga *parte* del objeto "mesa". Por esta razón, las representaciones A y C deben considerarse como mutuamente *independientes*.

¿Podemos decir que esta relación entre las representaciones se mantiene si el objeto representado es un objeto vivo?

Tomemos la representación cuyo contenido es "un árbol" como A. Como representación B podemos tomar una cuyo contenido sea el de una de las ramas de ese árbol. Podemos comprobar que la relación existente es la misma que la que se da entre la mesa y sus patas. De la representación del árbol "deducimos" la representación de sus ramas y viceversa. Tomemos ahora como representación C un grupo de células del tejido vivo de ese árbol. ¿Es esta representación C la representación de una *parte* del árbol o la representación de sus *componentes*?

La situación es ahora muy distinta. En la medida en que cada célula es un componente abstracto, representa ésta a la vida misma y por lo tanto a cada árbol, pero en la medida en que representa ese árbol particular, sus antepasados y su historia, es un componente concreto e inseparable de ese árbol concreto como individuo. Como consecuencia podemos decir que las diferencias en el tipo de relación existente entre representaciones, no son las mismas para objetos vivos e inanimados.

** Objeciones **

No puede escapar a nuestra consideración el hecho de que existe un número grande de objetos inanimados que muestran características plásticas notorias. Entre estos pueden mencionarse aquellos objetos viscosos o gelatinosos, partículas en movimiento browniano, ciertas sustancias en disolución o difusión, líquidos y gases en turbulencia, etc. La complejidad de estos fenómenos le da a cada fenómeno individual un carácter único e irreducible similar al constatado para la materia viva.

A partir de estos ejemplos se puede decir que las diferencias entre la representación de lo vivo y de lo inanimado arriba apuntadas, son insuficientes y que nuevas precisiones se hacen necesarias.

3.2 Diferencias dinámicas entre representaciones de objetos vivos y objetos inanimados.¹²

◀ El análisis dinámico de las formas de transformación de las representaciones, confirma las diferencias encontradas anteriormente entre las representaciones de objetos vivos y las representaciones de objetos inanimados. Desgraciadamente el análisis dinámico tampoco puede ser considerado como definitivo. ▶

** Afirmaciones Preliminares **

La complejidad de un objeto plástico puede emularse fácilmente con la ayuda de técnicas que son típicas para los computadores: la ilusión de "alejarse" ("salir de") o "acercarse" ("penetrar en") una figura mediante el recurso del *zoom*. A esta técnica se la denomina a menudo *escalamiento* (scaling) de la figura, en tanto significa la variación proporcional de la coordenadas de la misma. El "acercamiento" de una figura mediante el *zooming*, corresponde al proceso de transformación entre representaciones que hemos llamado *substitución*.

La información que recibimos de la representación cotidiana de una mesa, no es la misma que recibimos cuando observamos la misma mesa a través de un microscopio. Cuanto mas nos acercamos al objeto observado mas ricos son los detalles de la representación. El precio que se paga por este enriquecimiento es el de que después de un determinado momento del proceso, el objeto observado ya no es más el mismo.

Toda representación de un objeto exige además de la previa determinación de una escala, la determinación de una *dimensionalidad*. Se puede elegir por ejemplo, ver el objeto representado en el plano, incluso cuando se le supone multidimensional. A este sistema de referencias para la construcción de representaciones se le llama la *dimensión efectiva*.

El "penetrar" un objeto mediante la técnica del *zooming* como se ha dicho, no es otra cosa que el mecanismo de relacionar entre si diferentes representaciones. Como consecuencia de las objeciones discutidas mas arriba, suponemos que este proceso no ha de ser el mismo para los objetos vivos que para los inanimados.

Si el objeto es inanimado, a un determinado momento del proceso de "acercamiento", se produce la interrupción del mismo y de la representación inicial del objeto se "salta" sin solución de continuidad a la representación final de sus componentes. La relación de substitución entre las representaciones conduce a un momento de *ruptura* epistemológica.

Ahora bien si el *zooming* se aplica a un ser vivo, sucede que la sucesión de las representaciones no puede ser precisado, porque el proceso de transformación *engancha* la representación de la totalidad a la representación de los componentes al punto de que se hace imposible determinar los límites entre ambas.

Tratemos por ejemplo de medir el *perímetro* de un árbol. Para empezar tenemos el problema de fijar reglas para determinar este perímetro. Obviamente no es lo mismo hablar del perímetro de un árbol que hablar de el perímetro de una mesa.

Para comenzar se debe decidir cuál es la *dimensión efectiva* elegida para la representación inicial del árbol. Esta dimensión efectiva debe ser la más pequeña posible a los efectos de no complicar la representación inutilmente. En esta representación básica se *encajará* la representación plástica del árbol. (En otras palabras: esta dimensionalidad funcionará como punto de partida para la representación que será objeto del *zooming*.) En el caso presente, siendo el objetivo propuesto el de determinar el perímetro de un árbol, parece recomendable el elegir la dimensión del plano, es decir $d=2$.

¹² Gran parte de las ideas presentadas en esta parte del capítulo han sido inspiradas por la obra de B B Mandelbrot (1983) La Geometría Fractal de la Naturaleza.

El paso siguiente es el de elegir un *instrumento* de comparación para la medida. Como el perímetro de un árbol no puede precisarse con exactitud mediante el simple recurso de una regla, se puede elegir como instrumento un círculo de radio 1. La idea es la de que el círculo cubra la zona de incertidumbre que asociamos al perímetro del árbol.

Una vez determinado el instrumento de medida se cubre toda la zona periférica del árbol con el menor número $N(l)$ de círculos posible para el tamaño L de toda la representación.

Enseguida notamos que el número mínimo de círculos N de radio 1 que elegimos para cubrir la zona periférica del árbol vale solamente para un nivel de "penetración" L , pero no vale ni para un nivel de "penetración" $L-1$ ni para un nivel $L+1$. Si la representación es "zoomada" en superficialidad, se reduce el árbol, desaparecen detalles y sobran los círculos. Si la representación en cambio es "zoomada" en profundidad, se "acerca" el árbol, aumentan los detalles y el número de círculos no alcanza. Podemos ver porque la representación de los límites de la zona periférica depende de la escala elegida como referencia para la representación.

Ahora bien, lo deseable sería lograr una medición absoluta del perímetro del árbol, es decir una medición que sea independiente del sistema de referencia elegido. La solución es la de usar círculos cuyo radio tienda a cero al mismo tiempo que la zona periférica del árbol es "zoomada" en profundidad. Se puede constatar en ese caso que el largo del perímetro del árbol L (que es la suma de todos los radios de los círculos) aumenta al infinito cuando el radio 1 de los círculos tiende a cero.

Por otra parte, resulta que la superficie $A=L \times L$, medida como perímetro del árbol, se reduce más y más. Dicho con las palabras de T Vicsek:

"Therefore, such a curve seems to be definitely much "longer" than a line but having infinitely small area: it is neither a one- nor a two dimensional object." ¹³

La vaguedad propia de la representación del perímetro de un árbol puede estar relacionada a el carácter plástico de esta curva. Se debe notar que cuando el objeto cuyo perímetro va a ser medido es inanimado, si el radio 1 de los círculos de medición tiende a cero, tiende el largo L del perímetro a un valor determinado.

Existen dos grupos bien diferenciados de procesos plásticos dependiendo los mismos si el "zoomado" es en superficialidad o en profundidad. Una sucesión de representaciones que aumenta la escala de la misma, disminuye el detalle de la representación. El tamaño de la representación tiende a infinito mientras que el radio de los círculos que determinan la percepción de los detalles permanece constante. Por el contrario, una sucesión de representaciones que disminuye la escala de la misma, aumenta el detalle de la representación. En ese caso y como en una nube de humo, el tamaño de la representación L permanece constante mientras que el número de círculos aumenta en relación a la creciente disminución del radio 1.¹⁴

Tanto uno como otro de los procesos de "zoomado" de una representación son fundamentales para la comprensión de las propiedades ontológicas de la vida. La sucesión de escala decreciente puede explicar como la decadencia y destrucción de la materia viva puede comprenderse geoméricamente. La sucesión de escala creciente puede explicar como esta forma de materia surge y se transforma en el crecimiento.

Objeciones

Ya hemos visto que existe un número grande de objetos inanimados que presentan características plásticas. Debemos agregar ahora que las propiedades encontradas en la representación vital dinámica, también pueden encontrarse en la representación dinámica de algunos objetos inanimados.

A continuación presentaré un ejemplo de representación dinámica plástica de un objeto inanimado que es muy conocido en la investigación actual dentro de la Teoría del caos y la Geometría fractal.¹⁵

Propongámonos medir la franja costera de nuestro país a lo largo del Rio de Plata. Primero debemos decidir cuál sera la dimensión efectiva de la representación. Tal como hicimos antes, elegiremos $d=2$ para representarnos esta franja costera como una superficie plana. Inmediatamente elegiremos un instrumento de medida, que será un círculo de radio 1. La superficie de la franja costera se cubrirá entonces con el número mínimo de círculos necesarios. Podemos constatar que si 1 tiende a cero, la superficie de la franja costera L tiende también a cero mientras que el largo

¹³ Vicsek T 1989, s 11.

¹⁴ Mas sobre esto se puede leer en T Vicsek (1989), p.12.

¹⁵ La incongruencia entre el largo de una línea costera y su superficie fue descubierta por Lewis Fry Richardson. Vase Mandelbrot (1983), Cap.5, p. 23.

de la costa tiende a infinito. La situación es exactamente la misma que en el caso de la medición del perímetro del árbol.

3.3 Respondiendo a las objeciones: plasticidad ontológica y plasticidad fenomenológica.

◀ En esta sección se hacen nuevas precisiones acerca de las diferencias entre objetos vivos e inanimados. La plasticidad de los cuerpos inanimados se describe como de naturaleza fenomenológica. La plasticidad de la materia viva por el contrario, se describe como de carácter ontológico. ➤

A continuación trataremos de justificar la siguiente tesis: la diferencia fundamental entre la plasticidad de la materia viva y la plasticidad de la materia inanimada se halla en que la primera forma de plasticidad tiene una validez *ontológica* mientras que la segunda tiene una validez *fenomenológica*.

Comencemos la reflexión preguntándonos qué es lo que caracteriza una representación fenomenológica. Digamos que una representación de este tipo nos dice mas del sujeto de la representación que del objeto representado.

La relación entre lo ontológico y lo fenomenológico en una teoría de la representación puede verse reflejada en el doble sentido que damos a la idea de *dimensionalidad*.

Por la *dimensión* de un objeto, entendemos comunmente el *tamaño* del mismo o el de su representación. Sin embargo, el término se usa también con frecuencia para referir a la *dignidad* de la representación. Con el nombre de *dignidad* de una representación llamo aquí a las características geométricas que hacen a la misma monodimensional, bidimensional, tridimensional, etc.

Contra toda expectativa previa, se puede decir que estas dos interpretaciones describen realidades metafísicas bien diferenciadas, a pesar de que ambas aparezcan estrechamente enlazadas en la práctica idiomática.

Las variaciones de una representación en el orden del *tamaño* de lo representado por ejemplo, no provocan variaciones de la representación en el orden de su *dignidad*. De este modo el pasaje de la representación de una mesa a la representación de sus átomos supone un cambio en tamaño pero no supone de modo alguno un cambio en dignidad. Por la misma razón la representación *plana* de una mesa, no sera necesariamente "menor" que la mesa misma.¹⁶

Yo propongo entonces el estudio por separado de las transformaciones entre representaciones que se dan en el orden del tamaño, de aquellas otras que se dan en el orden de su dignidad.

Afirmaremos ahora que los objetos inanimados pueden entenderse como plásticos, si sus transformaciones dimensionales son entendidas en el sentido de cambios en orden de la *dignidad* de estos. Un cuerpo inanimado si es plástico, lo es de un modo puramente geométrico. Los cambios y movimientos que sea posible detectar en estas representaciones no son sino *aparentes*, una parte propia de la esfera fenomenológica y por tanto meras *simulaciones* de cambios y movimientos plásticos. (En realidad esos cambios serán consecuencia de procesos físicos y/o químicos esos sí de carácter ontológico).

Los cambios plásticos de los seres vivos en cambio, se dan en orden del *tamaño* de los cuerpos.

Podemos ofrecer una suerte de prueba de nuestras afirmaciones. Si la plasticidad de los objetos inanimados fuera ontológicamente válida, también lo serían las paradojas del movimiento y el cambio de Zenón. Si a modo de ejemplo suponemos ontológicamente plástica la costa del Río de la Plata, nos podemos imaginar las dificultades que esto acarrearía a un bañista oportuno. A cada paso dado se perdería este en los pliegues de la naturaleza plástica del suelo, arrimándose al mar a cada paso pero sin llegar a él jamás.

Los cuerpos vivos en cambio cumplen con las pautas eleáticas del movimiento y del cambio. Cada momento del cambio supone una modificación substancial de tamaño global del cuerpo en forma totalmente independiente del aparato perceptivo del sujeto.

La plasticidad fenomenológica es fácil de reproducir y estudiar con la ayuda de recursos técnicos modernos. Cuando nos referimos a cambios o movimientos plásticos debemos por ello saber distinguir la percepción de un objeto en diferentes niveles de *zoomado* -es decir la técnica que modifica nuestra capacidad perceptiva- del acto de mover el objeto mismo entre estos dos niveles. Cuando usamos un microscopio por ejemplo, es la luz la que hace "por nosotros" el pasaje entre estos dos mundos mientras nuestros ojos son intermediarios pasivos. Las ondas

¹⁶ Esta afirmación tiene un carácter provisorio y tal como veremos mas adelante en la sección 5.1, las variaciones en dignidad y en tamaño de una representación estan relacionadas en el plano fenomenológico.

luminosas, del mismo modo que otros fenómenos microscópicos, parecen ser inmutables a los saltos en el orden del tamaño de los mundos. Pero es justamente su tamaño relativo el que nos engaña.

Es necesario subrayar aquí entonces que, hay una diferencia muy grande entre el ver una gota de agua a través del lente de un microscopio, y el mover esa misma gota de agua de un nivel de zoomado a otro.

3.4 El problema de la congruencia en las representaciones plásticas.

◀ El autor recuerda que cuando se trata de medir un objeto plástico surgen problemas de congruencia entre el objeto a medir y la geometría euclideana. Estos problemas de congruencia no han de ser vistos como carencias epistemológicas del modelo elegido. ▶

Tratemos de dar respuesta a las preguntas siguientes:

- i) ¿Cómo medir el perímetro de una pluma?
- ii) ¿Cómo medir la zona costera del Río de la Plata?
- iii) ¿Cómo determinar el volumen de un arbusto?

Tal como hemos visto en las secciones 3.1 y 3.2 no existe ninguna dificultad en contestar estas preguntas, incluso cuando parecen ser preguntas mal formuladas. Lo que en principio parece ser un error de carácter lógico es en realidad la falta de *congruencia* (es decir de *conformidad*) geométrica. Nos preguntamos por una medida que no es congruente con la dimensionalidad del objeto medido. ¿Cómo se nos puede ocurrir medir el perímetro de un objeto tridimensional?

Nuestro problema es el lograr describir un objeto plástico con la ayuda de las dimensiones euclidianas de largo, superficie y volumen y hacerlo correctamente. (Notemos que ahora estamos usando el término "dimensión" en el sentido de cambios en orden de la *dignidad* del objeto).

Si puede parecer erróneo el preguntarse por el perímetro de una pluma, también lo será el preguntarse por su área o su volumen en tanto la determinación del área y del volumen de una pluma suponen el tener una idea de su perímetro. Tal y como hemos dicho radican las dificultades en la naturaleza misma del objeto plástico, en la vaguedad de su ontología en relación a la geometría euclídea.

Una vez puestos a medir el perímetro de una pluma, será necesario definir de entrada cuál será la representación de la pluma que se usará como punto de partida. Si la representación elegida es un plano, deberá también elegirse una representación plana sobre todas las otras. En el caso de la pluma se la puede representar a esta tanto de "frente" como de "canto". Las variaciones del perímetro de la misma pueden llegar a ser muy grandes.

Tal como podemos ver los problemas de la medida se reducen al problema de decidir cuál será la representación inicial.

También será necesario precisar las dimensiones en el orden del tamaño del instrumento de medida. A modo de ejemplo digamos que no podemos medir el volumen de agua de la laguna Merim con el recurso de un balde común. Este balde será congruente con nuestro cuerpo pero no con el objeto de la medición. Esta segunda forma de congruencia es la que determina los límites del mundo inmediato. Este mundo parecería en principio estar constituido por todos aquellos objetos que son congruentes en tamaño con nuestro propio cuerpo.

Capítulo IV: El Algoritmo de la Vida

4.1 La idea cotidiana del crecimiento

◀ En esta sección se estudiará la idea de crecimiento desde el punto de vista de la representación cotidiana. Con ese fin se presentarán algunas definiciones extraídas de una enciclopedia. ▶

El estudio del crecimiento entendido como una forma del cambio, conduce siempre al análisis de movimientos individuales más o menos complejos. Esto puede verse fácilmente en la obra de dos de los fundadores de la moderna investigación del crecimiento: D'Arcy Thompson y Julian S Huxley.

Como punto de partida de este análisis se presentará el modelo epistemológico que hemos llamado *plástico*.

Tratemos antes de eso, de precisar la idea cotidiana del crecimiento tal como esta se presenta en una enciclopedia popular:

"El crecimiento en los vegetales es el *aumento de volumen* conseguido a través de la actividad vital de ese organismo. Este se consigue a través de un *aumento del número* de células producido a través de la división celular (crecimiento embrional) o a través del aumento de las células mismas (crecimiento por *estiramiento*). En vegetales multicelulares se dan siempre ambos procesos de crecimiento."¹⁷

La supuesta diferencia entre los crecimientos por división celular y estiramiento es -por lo menos desde un punto de vista cognitivo- mas aparente que real. Si nos detenemos a pensar cómo es que la división celular se desarrolla, podremos comprobar que incluso en este caso se trata de una forma del estiramiento.

La división celular incluye en términos generales dos momentos bien diferenciados: a) la célula se divide al medio en dos *mitades* iguales; b) las mitades se estiran hasta formar una nueva célula.

Para describir lo sucedido en toda su complejidad se podría decir que lo que se hace difícil de explicar es cómo la *división* de una célula puede resultar en la *multiplicación* de la misma. La plasticidad del proceso es lo que le da el carácter paradójico.

La división celular es evidentemente una forma del movimiento que actúa en el orden del *tamaño* del ser vivo. Pero parecería que los organismos vivos también cambian en orden de la *dignidad* de su geometría:

i) "El crecimiento en longitud en los tallos y raíces nace en los puntos vegetativos de los mismos (crecimiento de los extremos o puntas), pero también como en el caso de las gramillas, intercaladamente en el tallo."¹⁸

ii) En las monocotiledonas es posible constatar el crecimiento en *grosor*, aunque en pequeña escala (...).¹⁹

iii) "El crecimiento de la *superficie* de la hoja tiene lugar en los márgenes de la base de la misma."²⁰

iv) "El crecimiento múltiple (proliferación) es el crecimiento irregular en todas las direcciones y el cuál ocasiona la "hinchazón" de las frutas y el engrosamiento de los órganos de asimilación."²¹

En casos como los de mas arriba, no solamente se constata que se ha producido un "aumento" de algún tipo, sino que se subraya que ese aumento vale para *la longitud, la superficie o volumen* del ser vivo.

¹⁷ Svensk Uppslagsbok (1954), Banda 29, Förlagshuset Norden AB, Malmö. Traducción del autor.

¹⁸ Ibid pág 368.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

²¹ Ibid.

4.2 El método morfológico-deductivo de Galileo Galilei

◀ En esta sección se introduce el método galileano de manejar la plasticidad con la ayuda de relaciones cuantitativas. ▶

El estudio de los cambios en tamaño de los seres vivos conduce -tal y cómo en seguida vamos a demostrar- al estudio de la variación de las *formas* de los mismos. El primer investigador que relacionó el tamaño de un objeto con la forma del mismo, fue Galileo Galilei, cuando escribió:

"Queda perfectamente claro que si se desea conservar para un gigante, las mismas proporciones corporales que rigen para el hombre medio, se debe encontrar o bien un material mas fuerte para construir los huesos del gigante, o bien se habrá de aceptar que el cuerpo de este sea relativamente mas débil que el del hombre medio; porque si uno aumenta el largo del gigante por encima de un cierto límite, este se derrumbará y aplastará como consecuencia de su propio peso. Si por el contrario se reduce el tamaño del cuerpo, no se reducirá su fortaleza en la misma proporción; sucede que cuanto mas pequeño es el cuerpo, mas fuerte es este cuerpo en términos relativos."²²

El método galileano consiste en el estudio sistemático y cuantitativo de la proporciones de las partes de los seres vivos, a los efectos de deducir de esto conclusiones de carácter morfológico. Si bien este método no permite saber el porqué una determinada forma ha sido la elegida sobre otras, permite sí excluir formas imposibles.

Las conclusiones se obtienen de la siguiente forma:

a) Se comparan dos de las dimensiones de un tejido vivo entendidas como *dignidades* (es decir como exponentes euclidianos). Se comparan, por ejemplo, la longitud de un hueso con la sección plana o el volumen del mismo.

b) Luego se estudia como esta relación es influida por los cambios en el tamaño. Se constata que los cambios en el tamaño ocasionan cambios en la morfología y viceversa.

c) Finalmente se pueden excluir las formas que no logran asimilar las nuevas condiciones. Desgraciadamente, queda abierta la posibilidad de un número no especificado de formas alternativas y por ello, no puede considerarse al método galileano sino como un método aproximativo para el estudio de la morfología de los seres vivos.

El método galileano se conoce hoy con el nombre de *allometría*.

4.3 La problemática de la congruencia de las representaciones plásticas frente al problema del tratamiento cuantitativo

◀ Las ideas de Galileo fueron retomadas por D'Arcy Thompson en "On Growth and Form" de 1917. En esta sección se estudiará como el estudio morfológico cuantitativo permitió superar las incongruencias naturales de la plasticidad. Aquí se presentan también tres formas básicas de la incongruencia plástica. ▶

D'Arcy Thompson es el investigador moderno que primero retomó y desarrolló la obra de Galileo. Su libro *On Growth and Form* es el punto de partida del estudio moderno del crecimiento.

Siendo un fiel seguidor de los principios galileanos, D'Arcy Thompson formuló también sus reflexiones en términos cuantitativos. El núcleo de sus ideas es el estudio comparativo de las variaciones cuantitativas: es decir el estudio de las *razones* numéricas. Estas razones una vez obtenidas, son comparadas entre sí mediante el recurso de la analogía cuantitativa o relación de proporcionalidad numérica.

La razón de dos cantidades puede considerarse como la medida de esa relación. El valor metodológico de esas razones, radica en que las mismas pueden aplicarse a cantidades "concretas"²³, tales como velocidades, masas y categorías espaciales. La expresión numérica de las relaciones de proporcionalidad en cambio, es de carácter abstracto. Por ejemplo, se puede decir que la relación de proporcionalidad entre "10 y 2" es "5", siendo "5" aquí, el valor analógico común a "10" y a "2". Mientras que al expresar la "razón = 5" se expresa la *medida* de esa relación.

La *razón numérica* se calcula por medio de la *división aritmética*, hecho que hace que con frecuencia se confunda la una con la otra. Mientras que la primera es la medida de una relación numérica, la otra es la *operación de medir*. La notación usada para expresar una razón entre "a" y "b" suele ser "a/b" o también "a:b".

En una obra clásica²⁴ se presenta a la razón numérica del siguiente modo:

²² Galileo Galilei (1954), pág 131. Traducción del autor.

²³ Witehead y Russell las llaman "kind of quantity". Witehead and Russell (1957), Principia Mathematica, Second Edition, Volume III, Part IV "Quantity", pág 233.

²⁴ W K Cifford, (1955). Capítulo III "Quantity", s 88-133.

"The degree in which one quantity is greater or less than another; or to put it more precisely, that amount of stretching or squeezing which must be applied to the latter in order to produce the former, is called the *ratio* of the two quantities. If a and b are any two lengths, the ratio of a to b is the operation of stretching or squeezing which will make b into a; and this operation can be always approximately, and sometimes exactly, represented by means of numbers."²⁵

El aspecto más interesante en la presentación que Clifford hace de la razón numérica, es el manejo de términos tales como el de "estiramiento" y "compresión". En realidad se trata de las propiedades plásticas del cambio que Galileo trató de describir cuantitativamente.²⁶

Cuando se iguala dos razones numéricas se establece entre ellas una *analogía cuantitativa*²⁷. La analogía entre a/b y c/d puede escribirse $(a/b)=(c/d)$, pero este simbolismo es con frecuencia inadecuado. Si se desea expresar la relación analógica entre dos razones numéricas *congruentes*, como por ejemplo la relación entre "20 metros y 4 metros", no habría en principio ninguna objeción posible al simbolismo arriba indicado. La analogía entre las dos razones será 5, y en este caso será "5" la medida abstracta de la relación. El comparar cantidades congruentes entre sí, es epistemológicamente igual a comparar cantidades abstractas.

Si en cambio se deseara comparar razones numéricas que no son congruentes entre sí, como por ejemplo la posible analogía entre "20/4 kilogramos" y "10/2 metros", sería la situación muy diferente. Siendo incluso en este caso "5" la medida de la analogía numérica, carece esta nueva razón de la congruencia necesaria para poder considerarla epistemológicamente correcta. En estos casos es más correcto el hacer uso de otro simbolismo, por ejemplo el siguiente:

$$a/b \propto c/d \quad 1$$

La congruencia y la incongruencia entre los términos de una analogía cuantitativa se hace evidente cuando las magnitudes comparadas son espaciales. Este es el caso cuando se estudian las consecuencias del crecimiento en el espacio y para ello se relacionan longitudes, áreas y volúmenes. Mas difíciles de ver son las incongruencias ontológicas - cómo la relación entre masas, tiempos y tamaños-.

Se podrían distinguir tres tipos fundamentales de incongruencia y estos son: a) *la incongruencia en la dignidad de los términos*. Es por ejemplo la que tiene lugar entre medidas lineales y volúmenes. Esta forma de incongruencia puede superarse con la introducción de una constante de proporcionalidad. Se puede suponer que la razón numérica entre los dos términos de la analogía es una constante k:

$$y^n = kx^m; \left(\frac{y^n}{x^m}\right) = k \quad 2$$

b) *la incongruencia en el tamaño de los términos*. Es la relación que se establece entre un cuerpo dado y sus partes y/o componentes, por ejemplo la relación entre el cuerpo de un animal y algunos de sus órganos. Esta forma de incongruencia puede salvarse mediante la introducción de constantes empíricas ("naturales"), es decir constantes que valen para un grupo específico de relaciones entre términos. Este tipo de constante se encuentra en la literatura especializada bajo la forma de un exponente (con frecuencia un exponente decimal).

c) *incongruencia ontológica*. Por ejemplo la incongruencia existente entre las medidas de masas y tiempos, cuando se asegura que la duración de la vida de un mamífero es proporcional a la masa del animal elevada a la potencia 1/4. Para salvar esta forma de incongruencia se suele interpretar la analogía cuantitativa como una forma del *razonamiento inductivo*. Mas adelante en este capítulo (sección 4.5) trataremos en profundidad esta forma de

²⁵ Op cit s 94.

²⁶ Clifford trata de estudiar la razón cuantitativa, como una problema en sí mismo, relevante en el desarrollo de una teoría de la cantidad. Algo similar es lo que intentan Whitehead y Russell en *Principia Mathematica*. En esta última obra se introducen las cantidades como una categoría central para una teoría de la medida. En la parte IV, con el título de "Quantity", pág 233 se puede leer: "Section C is concerned with measurement, i.e. with the discovery of ratios, or of the relations expressed by real numbers, between the members of a vector-family."

²⁷ "Analogía" significa en griego "proporción", y si bien parecería mas correcto llamar "relación de proporcionalidad" a la relación de dos razones numéricas, hay un motivo de peso para no hacerlo en este caso. Con el término "analogía", referimos además al proceso lógico inherente a la comparación morfológica asociada.

incongruencia.

Todo parece indicar que este tipo de incongruencia puede reducirse a una de las formas anteriores.

A modo de resumen digamos que las diferencias entre congruencia e incongruencia no son otra cosa que las diferencias entre términos que son y no son isométricos en el marco de una relación de analogía.

En el caso del método deductivo estudiado por Galileo, la incongruencia presentada es del primer tipo, es decir, la incongruencia registrada entre la dignidad de los términos. D'Arcy Thompson hace una revisión de esta problemática²⁸:

"We are taught by elementary mathematics-and by Archimedes himself- that in similar figures the surface increases as the square, and the volume as the cube, of the linear dimensions.

$$[S \propto L^2, S = K L^2]; [V \propto L^3, V = K' L^3] \text{ } 3$$

(...)."

Cuando se trata de describir un fenómeno plástico mediante el recurso de la analogía cuantitativa -tal y como D'Arcy Thompson lo hace en el ejemplo arriba citado- se parte de la base de que los términos incongruentes son a pesar de todo *de alguna manera* proporcionales, o dicho con otras palabras, que la variación relativa de los términos es de algún modo equiparable. El "grado" de proporcionalidad, si es posible hablar de algo semejante, no es jamás evidente pero es siempre expresable mediante el valor de una constante k. Es importante expresar aquí que se trata de una asunción que se hace *a priori*, independientemente de toda investigación empírica.

La introducción de la constante k, no tiene ningún significado especial para D'Arcy Thompson. El ve la problemática desde un punto de vista puramente pragmático y la introducción de constantes aritméticas se le hace algo completamente natural.

Ahora bien, cuando el objeto de estudio es plástico, el papel de esta constante adquiere una importancia que no tenía. La introducción de la constante de proporcionalidad en este caso particular, reduce la incongruencia numérica pero al mismo tiempo, crea las pautas epistemológicas que permiten el estudio de una realidad ontológica hasta entonces inaccesible. Esta constante k, resume en si misma la medida de el *estiramiento y/o compresión* de las variables comparadas.

Esta son las consecuencias que ni Galileo ni D'Arcy Thompson previeron con claridad. El valor de su prestación radicó en la aplicación de la teoría de los cambios proporcionales a los seres vivos, lo cuál significó que se tratara a estos seres vivos como cuerpos físicos por encima de toda otra consideración. La limitación de su visión radica en que si bien es cierto que la metodología es la misma ya sea que se la aplique a objetos vivos como a inanimados, las conclusiones no pueden ser las mismas. El valor metodológico de la analogía cuantitativa es conocido desde los orígenes mismos de la matemática. El mérito del método Galileano -desarrollado por D'Arcy Thompson- radica entonces en la elección del objeto de estudio.

4.4 La analogía cuantitativa del crecimiento se desarrolla.

◀ J S Huxley es el investigador que continúa la obra de D'Arcy Thompson. El se interesa por manejar analogías que relacionan términos de tamaños diferentes. Su trabajo condujo a la introducción de una nueva constante de proporcionalidad.▶

Tal como vimos en la sección anterior, la obra de D'Arcy Thompson si bien revolucionaria se detuvo en el umbral de una nueva metodología para interpretar el movimiento de crecimiento. La constante k por él manejada, tenía su justificación lógica en la estructura de la comparación dimensional pero carecía de toda conexión con el fenómeno del movimiento de crecimiento mismo.

Un paso muy importante sería el de lograr encontrar constantes "naturales", es decir constantes empíricas relacionadas directamente a los términos implicados en la analogía. Más concretamente: constantes que nos

²⁸ D'Arcy Thompson (1966), pág 15. En su texto, "V" simboliza volumen, "S" la superficie y "L" la longitud.

permitieran comparar el *ritmo* de crecimiento relativo a diferentes variables. Con ayuda de esas constantes se nos haría posible el superar la incongruencia entre términos de diferente tamaño.

Esta búsqueda fue realizada por Julian S Huxley quién partiendo de la obra de su predecesor, se planteó el problema de la existencia de constantes empíricas:

"The problem of differential growth is a fundamental one for biology, since, as D'Arcy Thompson especially has stressed (1917), all organics forms, save the simplest such as the spherical or the amoeboid, are the results of differential growth, -whether general growth which is quantitatively different in the three planes of space, or growth localized at certain circumscribed spots."²⁹

Huxley estaba interesado en mejorar el metodo cuantitativo para el estudio del crecimiento:

"My own mathematics are regrettably deficient, but I was able to obtain a simple formula which appears at any rate a first approximation to a general law for differential growth. Among many morphologists and systematists there appears still to linger a distrust of the application of even such elementary mathematics to biological problems. The usual criticism is that the formulae may have a certain convenience, but can tell us nothing new, and nothing worth knowing of the biology of the phenomenon. This appears to me to be very ill-founded. In the first place, to have a quantitative expression in place of a vague idea of a general tendency is not merely a mild convenience."³⁰

La fórmula de Huxley para el estudio comparativo del crecimiento fue presentada del siguiente modo:

"In typical cases, if x be the magnitude of the animal (as measured by some standard linear measurement, or by its weight minus the weight of the organ) and y be the magnitude of the differentially- growing organ, then the relation between them is

$$y = bx^k$$

where b and k are constants. The constant b is here of no particular biological significance, since it merely denotes the value of y when $x=1$ -i.e. the fraction of x which y occupies when x equals unity. We may call it the fractional coefficient. But the value of k has an important meaning. It implies that, for the range over which the formula holds the ratio of the relative growth-rate of the organ to the relative growth-rate of the body remains constant, the ratio itself being denoted by the value of k ."³¹

En la fórmula de Huxley, " b " es el nombre que él da a la constante " k " de D'Arcy Thompson. Tal como Huxley dice, esta constante crea la congruencia aritmética entre los términos pero carece de valor biológico. La nueva variable " k " que Huxley introduce como exponente del término " x ", se supone ahora relativa a los valores empíricos medidos en el crecimiento de los términos comparados.

Sigamos paso a paso el razonamiento de Huxley: 1) El cree -siguiendo a D'Arcy Thompson- que el método de la analogía cuantitativa el método correcto para estudiar el crecimiento. 2) Se plantea la comparación del ritmo de crecimiento de un cuerpo vivo dado, con el ritmo de crecimiento de una de sus partes o componentes. 3) Al hacerlo, supone que el ritmo de crecimiento (mas concretamente el *estiramiento*) de " y " -digamos el cuerpo entero de un animal determinado- es igual al ritmo de crecimiento de un órgano " x " de ese mismo animal, elevado a la constante " k " y multiplicado por la constante " b ". Este razonamiento condujo como vemos, a la profundización de la técnica analógica.

Otro nombre importante en los estudios de la analogía cuantitativa es Stephen Jay Gould. Veamos cómo describe él, la técnica allométrica:

"The use of these criteria for allometry and isometry requires that the dimensions of x and y be the same. If on the other hand, y is a surface and x a length, then $\alpha=2$ represents isometri. If Y is a length and x a volume, then $\alpha=1/3$ indicates isometry."³²

²⁹ J S Huxley (1932) Problems of Relative Growth. Methuen & Co. London, s 1.

³⁰ Op cit s 2.

³¹ Op cit, s 4.

³² S J Gould (1965), s 594. Su ecuación de referencia es: $y = bx^\alpha$

Digamos finalmente que la profundización de Huxley se detiene frente a las conclusiones mas audaces. Parecería ser que durante el tiempo inmediato a la formulación de sus ideas, Huxley creyó que el valor de su método traspasaba el carácter empírico de sus conclusiones. La tentación fue la de sacar conclusiones que tuviesen valor para el *movimiento como tal*. Sea como sea, cambió de idea, al considerar su metodología una más, en el laboratorio del morfólogo.

4.5 La analogía cuantitativa como forma de la inducción.

◀ En esta sección se presenta la analogía cuantitativa como una forma del razonamiento inductivo. Aquí se discute también el carácter normativo de estas analogías, carácter que es fácil de reconocer en el papel de las constantes en el razonamiento. ▶

En la obra de D'Arcy Thompson encontramos que los términos "razón" y "proporción" son centrales para el método por el propuesto como válido para la biología comparada. El aporte de Huxley permite entender la relación aritmética como una ley biológica: "la ley del crecimiento diferencial"³³.

Pero el desarrollo del método no se detuvo en Huxley. Otros investigadores han transformado la analogía cuantitativa de su primitivo carácter aritmético en una moderna forma de la lógica inductiva.

Este desarrollo ha lanzado el uso de la analogía cuantitativa entre términos que son ontológicamente incongruentes. Como consecuencia de esto el manejo de las relaciones allométricas se hace hoy muy libremente, bajo la explícita recomendación de no hacer caso a las incongruencias ontológicas. Uno de los mas activos investigadores en este frente conocido hoy como "allometría", es W A Calder III:

"It turns out that the various scalings are described quite well by the allometric equation:

$$y = aM^b$$

where y is any physiological, morphological, or ecological variable that appears to be correlated with size, in most cases body mass (M), in kg (or m in g).(...)

The exponent b is called the scaling factor because it describes the effect of change or difference in body sizes. (...)

The coefficient a can be thought of as incorporating all the dimensions necessary for dimensional consistency in the equation -but since in most cases b is a decimal fraction, this will be a bit absurd. Equations based simply on observations (empirical equations) are exempted from the dimensional consistency requirement since they do not express equivalence but merely describe an observed correlation between two quantities."³⁴

Como la investigación allométrica hace uso de una noción dimensional que no distingue entre dignidad y tamaño, será ahora nuestra tarea la de analizar el manejo que se hace de las diferentes categorías. Fundamental para el análisis es determinar si a) la inducción relaciona un objeto con sus partes o componentes (comparaciones del tamaño), o si en cambio b) la inducción se basa en medidas abstractas, que se distinguen entre si a pesar de que no se las puede ordenar en estructuras (comparaciones en orden de la dignidad).

Mientras que la determinación del nivel ontológico de las categorías usadas es a veces fácil de realizar, otras veces presenta dificultades. Categorías como la "masa" y el "tiempo" por ejemplo, exigen una reflexión especial. Esa reflexión parece autorizar las siguientes conclusiones: Comparaciones entre las categorías espaciales y la masa de un objeto, pueden verse como comparaciones en orden de la dignidad. Se puede suponer que el volumen del cuerpo es proporcional a su masa, y por ende se puede suponer natural el realizar la comparación en el orden de la dignidad. En ese caso decimos que a la ecuación (1) se la entiende como la ecuación (2):

$$(1)L = kL^3 ; (2)M = kL^3$$

Como siendo del mismo tipo que la anterior puede considerarse a la analogía que relaciona tamaños y

³³ Op cit, pág 2.

³⁴ W A Calder III (1984), s 26-28.

tiempos. La duración de la vida de un ser vivo no puede ser considerada una parte o componente del ser vivo considerado.

Una típica analogía que relaciona términos en el orden del tamaño es la que Huxley llama "crecimiento relativo", en tanto esta analogía relaciona los cambios espaciales de un cuerpo con los cambios espaciales de sus partes. En este caso se estudian categorías de la misma dignidad, por ejemplo los largos relativos. La incongruencia se debe en este caso a la diferencia en el ritmo del crecimiento.

Todavía mas difíciles de manejar son aquellas que se alejan de la idea de movimiento convencional y son expresión de más o menos vagas formulaciones del cambio. Por ejemplo: "reproducción". En este caso si se compara la masa de un cuerpo en el orden del tamaño y la capacidad productiva asociada, parecería ser que la relación es entre un cuerpo y sus partes reproductoras. Algo similar podría decirse de categorías como "metabolismo", "desplazamiento", "población", etc., para no mencionar términos ecológicos como por ejemplo "estrategias adaptativas".

Las relaciones de términos en el orden de su dignidad, son -como vimos en el capítulo anterior- relaciones fenomenológicas y por ende no pueden atribuirse al mundo tal cual es. Por esta razón se puede considerar a la constante de D'Arcy Thompson, la constante que armoniza las representaciones de acuerdo al mundo tal y como ese se nos aparece.

La constante exponencial de Huxley en cambio, actúa sobre el plano ontológico comparando el objeto de estudio con sus partes o componentes haciendo posible la descripción de cambios relativos incluso cuando esos cambios son incongruentes desde el punto de vista fenomenológico.³⁵

El pasaje de un método puramente aritmético al manejo libre de una forma específica de la inducción puede comentarse citando a Mario Bunge cuando escribe:

"La inferencia es el paso de un conjunto de proposiciones a otro; el primer conjunto puede llamarse la clase de las premisas, y el segundo la clase de las conclusiones. Como otras actividades humanas, la inferencia puede tener éxito o no conseguirlo. Pero, a diferencia de otras actividades humanas, la inferencia puede ser válida y al mismo tiempo estéril -como en el caso de "p, por tanto p-, o no válida y al mismo tiempo fecunda -como en el caso de muchas generalizaciones precipitadas, pero verosímiles o el de la analogía en la ciencia. Del mismo modo que el llegar a una clase de conclusiones verdaderas no es un criterio de validez, así también la validez o corrección formal no garantiza la fecundidad de una argumentación: la validez y la fecundidad son propiedades independientes una de la otra (...). Tenemos que apechugar con el hecho de que en todos los departamentos de la cultura se realizan y se necesitan a la vez inferencias válidas y no-válidas, el hecho de que la ciencia mas austera puede engendrar hijos lógicamente ilegítimos que sería erróneo eliminar, pero que tampoco es posible legitimar."³⁶

Este es quizás el momento de recordar el carácter *normativo* de la analogía en general (tanto cuantitativa como cualitativa). En el caso de la analogía cuantitativa, este carácter normativo se puede identificar con el papel que juega la constante de proporcionalidad. La introducción de una constante en una relación cuantitativa es siempre una forma de intervención *externa* a la relación misma.

4.6 Tres leyes del movimiento plástico.

◀ En esta sección se presentan tres leyes del crecimiento.

Las siguientes leyes tienen un carácter preliminar y si bien están basadas en los resultados mas recientes de la investigación, están también sometidas a las consecuencias de futuros resultados empíricos. Las siguientes tres leyes

³⁵ Huxley calcula su constante del siguiente modo:

$$\left(\frac{dx}{dt} = \alpha xG\right); \left(\frac{dy}{dt} = \beta yG\right)$$

Fel! Endast huvuddokument.

en dónde α y β son constantes específicas de cuerpo y del órgano comaparado, y G es la variable del medio y la edad. Vidare gäller att för Huxley $k=\alpha/\beta$.

³⁶ Bunge M (1973), pág 860.

son *estáticas* por naturaleza, en tanto se expresan sobre el movimiento de crecimiento, a través de las consecuencias de este sobre las medidas del objeto que crece. A modo de resumen se puede decir que el crecimiento del tejido vivo se puede expresar como la relación existente entre dos medidas de un objeto A, cuando esas medidas se presentan como: a) incongruentes en el orden de su dignidad, b) incongruentes en el orden de su tamaño, o c) incongruentes tanto en el orden de su dignidad como en el orden de su tamaño.

Desde el punto de vista metodológico se puede decir también que en una relación analógica cuantitativa sobre el movimiento de crecimiento, hay siempre dos medidas: a una la llamaremos *referente*, a la otra la llamaremos *analógica*.

La ley I y la ley II que siguen mas abajo, tienen el carácter apriorístico de las definiciones, mientras que la ley III es una ley de carácter empírico.

Ley I (Ley de proporcionalidad):

Un objeto A cuyo crecimiento es estudiado en el orden de la dignidad expande una medida

$$y^n \quad 7$$

(la analógica) en proporción a una constante k multiplicada por la medida referente

$$x^m \quad 8$$

(La constante k se calcula como el cociente de las medidas envueltas).

Ley II (La ley empírica):

Un objeto A cuyo crecimiento se estudia en el orden del tamaño, expande una medida "y" (la medida analógica), proporcionalmente a la medida referente "x" elevada a la constante d . La constante se calcula como el cociente de los logaritmos de las medidas respectivas:

$$d = \text{Ln}(y)/\text{Ln}(x).$$

Ley III (La Ley de Huxleys):

Un objeto A crece tanto en orden de su tamaño como en el orden de la dignidad, y se expande simultáneamente de acuerdo a las leyes I y II.

Capítulo V: Epílogo.

5.1 Forma y plasticidad.

◀ En esta sección se estudia como la representación morfológica se relaciona a la dimensionalidad. ▶

Comencemos este último capítulo tratando de representarnos la problemática original de Galileo, es decir preguntándonos por la relación existente entre la dimensionalidad y la forma de los seres vivos.

Cuando se trata del estudio de la forma en general, no se puede evitar pensar en términos topológicos. La topología es la rama de la geometría que nace con la obra de Descartes y Euler y que por lo tanto no estuvo al alcance de Galileo. Un número importante de científicos creen que la topología proveerá las soluciones teóricas para la solución del misterio de la morfología en los seres vivos. Recordemos aquí lo anteriormente dicho acerca del *organicismo* y la teoría de las *catástrofes*³⁷.

Mientras que la geometría se dedica al estudio de los tamaños (longitudes, ángulos, superficies, etc.) se dedica la topología (del griego *topos* = lugar), a aquellas propiedades en el objeto que son independientes de la forma de ese objeto. Ideas importantes en esta ciencia son las de "interior", "exterior", "límite", "vecindad", "deformación", "transformación", "contexto", etc.

La topología es quizás la forma de la representación espacial que se haya más cerca de la metafísica. Esta se caracteriza además, por no distinguir objetos que se diferencian solamente en su tamaño. Dos esferas por ejemplo, son topológicamente equivalentes, incluso cuando son de tamaños distintos.

A partir de criterios topológicos entonces, no se puede menos que concluir que las variaciones del tamaño de las cosas, nada tiene que ver con las variaciones en la forma de esas mismas cosas. Debemos preguntarnos entonces, como es posible que -tal como Galileo ha enseñado- las variaciones en el tamaño de los seres vivos afecten la forma de los mismos.

Evidentemente se trata aquí del uso ambiguo de los términos "tamaño" y "forma". Empecemos por estudiar los significados de término "tamaño". Hasta ahora hemos querido referirnos a la congruencia entre objetos de tamaños comparables. Lo que hemos querido expresar es que: *dos objetos A y B tienen un tamaño comparable si se cumple que B no se pierde en la comparación con las partes o componentes de A y viceversa*. En otras palabras, B debe poder distinguirse de las partes y los componentes de A y viceversa. Un ejemplo imposible sería el de comparar un balde común de agua, con el agua de la laguna Merim.

A continuación se nombrarán otras tres interpretaciones de la relación entre los tamaños de las cosas. Dados dos partes o componentes m y n de A, se puede medir:

- a) el tamaño relativo de m respecto a n .
- b) la distancia entre m y n .
- c) el ángulo entre m y n en relación a un eje referencial.

Estas tres interpretaciones del tamaño de las cosas parecerían tener una relación directa con las forma de esas mismas cosas. Veamos con la ayuda de algunos ejemplos:

a) para ilustrar el primer caso imaginemos un animal A, cuya cabeza sea mayor que el cuerpo. Imaginemos ahora otro animal B, cuyo cuerpo es mayor que la cabeza. No se puede decir que estos dos animales tengan la misma "forma".

b) el segundo caso puede ilustrarse por medio de un animal A con cuello largo, y otro animal B con cuello corto. Aquí se trata otra vez de diferencias en la "forma".

c) el último caso podría ser el de una animal A cuya cabeza se erige en un ángulo de noventa grados con respecto al tronco, y otro animal B, cuya cabeza se erige con un ángulo de cuarenta y cinco grados respecto del tronco. Evidentemente se trata de formas diferentes también en este caso.

La conclusión que puede sacarse es la de que las relaciones de tamaño, parecerían tener influencia sobre las

³⁷ Una actual defensa de estas interpretaciones de puede encontrar en el ya citado libro de R Sheldrake (1983).

formas de las cosas, cuando estas relaciones influyen la estructura interna de las mismas. Dicho con otras palabras, son los cambios en la proporcionalidad entre las partes (y/o componentes) los que determinan la forma de los seres vivos y no los cambios en el tamaño que mantienen la proporcionalidad interna. Ahora bien, tal y como Galileo ha subrayado, la acción de la gravedad no permite que el crecimiento de los seres vivos mantenga la proporcionalidad interna. Por esta razón puede decirse que los cambios en la forma de los seres vivos, son en principio consecuencia de la gravedad y no del movimiento plástico mismo.

De las tres relaciones en el tamaño presentadas mas arriba, parecería ser que la última de ellas -el ángulo entre dos medidas- es la mas importante a los efectos de comprender la acción del tamaño sobre la forma. Un ángulo es además, el cociente entre dos medidas y por tanto la *razón* entre ellas. Veamos lo que W K Clifford tiene que decir sobre este punto:

"From all this we are led to conclude that *shape is a matter of angles*, and that identity of shape depends on equality of angle. We dealt with the size of a body by considering a simple case of it, viz. length or distance, and by measuring a sufficient number of lengths in different directions could find out all that is to be known about the size of a body. It is, indeed, also true that a knowledge of all the lengths which can be measured in a body would carry with it a knowledge of its shape; but still length is not itself an element of shape. That which does the same for us in regard to shape that length does with regard to size, is angle. In other words, just as we say that two bodies are of the same size if to any line that can be drawn in the one there corresponds an exactly equal line in the other, so we say that two bodies are of the same shape, if to every angle that can be drawn on one of them there corresponds an exactly equal angle on the other."³⁸

La conclusión que puede sacarse es la de que el estudio de las formas en los seres vivos, debe ser parte de una teoría de las transformaciones proporcionales tal y cómo fue previsto en la obra de Galileo y D'Arcy Thompson. La forma es entonces un sistema proporcional de medidas incongruentes que podría describirse del siguiente modo:

$$A \propto B \propto C \propto D \dots 9$$

En tanto el fenómeno de la vida sea entendido como movimiento, no podrá el estudio de la forma diferenciarse del estudio del crecimiento relativo.

Volviendo por un momento a discutir el papel de la topología, digamos que en tanto esta ciencia no maneja los tamaños de los cuerpos, debe por necesidad manejar *dignidades*, es decir aquella parte de la representación que tiene que ver con la *lógica de la apariencia*. No podemos aquí extendernos en la discusión del carácter fenomenológico de la topología, pero digamos que esta no puede, por la razón apuntada, ser la ciencia base del análisis morfológico en los seres vivos. Evidentemente el significado del término *forma*, no es el mismo para la topología y la allometría.

Finalmente digamos, a propósito de la relación entre el tamaño y la dignidad de la representación de un objeto, que no siempre es fácil diferenciar entre apariencia y realidad. Contrariamente a lo que hemos dicho en la sección 3.4, todo parece indicar la existencia de una relación de dependencia mutua entre estas representaciones:

- a) *Cambios en el tamaño ocasionan cambios en la dignidad* del objeto representado. Si un cubo por ejemplo, es reducido suficientemente, se hace este un punto. Si un punto es suficientemente aumentado se hace primero una mancha, luego un objeto tridimensional.
- b) *Cambios en la dignidad ocasionan cambios en el tamaño*. Si la representación tridimensional de un cubo se transforma en la representación de un cubo en el plano, luego a su representación lineal y finalmente a su representación puntual, no se puede negar que la representación original se ha encogido en tamaño.

En cualquier caso, de lo dicho mas arriba se puede también deducir, que la dignidad y el tamaño, si bien son categorías relacionadas entre sí, son también bien diferentes.

Cuando se trata de estudiar las formas de los seres vivos no es siempre posible concluir si un determinado punto m de una representación es parte de la misma, o si es independiente. El decidir esta cuestión determinará la importancia que se de a ese punto m, en el momento de estudiar la variación relativa de la forma. La duda es acerca del valor ontológico de ese punto m y por tanto de su incorporación o no a la lógica de la apariencia.

³⁸ Clifford W K (1955), pág 60.

5.2 La cinta de Möbius.

◀ A juzgar por los argumentos hasta ahora presentados, el fenómeno de la vida parecería ser una forma plástica del movimiento. En esta sección se resumen estos argumentos y se deducen algunas conclusiones finales. ➤

La interpretación del fenómeno de la vida con una forma especial del movimiento, fue introducida ya en el capítulo segundo, como la consecuencia epistemológica de la combinación entre los modelos epistemológicos "físico" y "químico". A la pregunta sobre la esencia de la vida, contestamos que ésta es una forma compleja del movimiento, *en parte movimiento físico, en parte cambio químico*, pero negando la posibilidad de una reducción definitiva del fenómeno de la vida a uno de estos componentes. A este modelo resultante, lo hemos llamado: el modelo plástico.

La comprensión de los cambios plásticos, exige el manejo simultáneo de medidas incongruentes, demanda el manejo de analogías construidas a partir de términos aparentemente incomparables.

La necesidad del manejo de realidades en principio "incompatibles", no debe buscarse en una supuesta imposibilidad de distinguir claramente entre ellas. En realidad esta diferenciación y ordenamiento de las categorías congruentes, es siempre posible si se trata al ser vivo *analíticamente*. La verdadera necesidad de lograr una representación plástica, se debe buscar en la necesidad epistemológica de comprender el fenómeno vital en su esencia.

No se debe buscar entonces fallas en nuestro aparato perceptivo. En realidad lo único que debe hacerse es modificar el punto de partida filosófico y romper con la fuerza de la tradición que ha hecho de categorías como "movimiento", parte obligada de una representación fisicalista.

Las conclusiones de carácter general que pueden sacarse son las siguientes:

a) La división tradicional entre sujeto y objeto no puede mantenerse cuando el objeto sobre el cual se reflexiona es viviente. Siempre se podrá *distinguir* entre sujeto y objeto, pero jamás se podrá *elegir* entre ellos. Para usar palabras de Hilary Putnam, digamos que no es posible representarse el mundo asumiendo el punto de vista de Dios. El proceso vital es para la conciencia reflexiva como una suerte de "vehículo" del cual no se puede salir a conveniencia.

b) La división de los juicios en *a priori* y *a posteriori*, pierde también su relevancia. La *verdad* de la cual la vida se ocupa, es en realidad una *norma*. El movimiento plástico es siempre creador de normas. Se trata siempre de la intervención del ser en el mundo para crear orden en el caos. Debemos pues dejar de lado la visión tradicional platónica y galileana de un mundo ordenado de acuerdo a principios matemáticos. Si ese mundo está ordenado, es ese orden inaccesible a la reflexión si antes no se le somete a una reelaboración normativa.

c) La división metafísica entre dualismo y monismo, pierde también su significado clásico. Una vez más digamos que no se trata aquí, de que la reflexión no sea capaz de diferenciar entre estas dos metafísicas opuestas, se trata en realidad de combinar en una sola, las visiones del mundo. Mas precisamente digamos que la representación metafísica, deberá ser dualista, cuando se trate a la vida analíticamente, y monista cuando se la considere en su globalidad.

Para algunos investigadores contemporáneos, la lista de consecuencias filosóficas arriba presentada, permite pensar el proceso vital como de carácter *circular*³⁹.

Llegados al punto de sugerir una topología más adecuada que la del círculo, propondría la cinta de Möbius⁴⁰:

Del mismo modo que "las caras" de la cinta en la ingeniosa construcción de Möbius, el sujeto y el objeto de la reflexión se encuentran unidos en un mundo que parece estar dividido sin estarlo. Para poder distinguir estas dos caras de la cinta como justamente *dos* caras, es necesario tratar a la cinta *por partes*, cortándola. De lo contrario se ha de entender que la dualidad es mera apariencias.

³⁹ Por ejemplo Maturana y Varela (1987), quienes crean un nuevo término para describir esta realidad: autopoiesis.

⁴⁰ El dibujo de la cinta de Möbius ha sido tomado de Courant y Robbins, *Topología*, publicado en Sigma (1960) Libro IV, Capítulo 5, pág 1479.



La banda de August Ferdinand Möbius, 1858.

Referencias Bibliográficas

Aristotle. *The Complete Works of Aristotle*. Edited by Jonathan Barnes. Princeton University Press, 1985. Guthrie, M.A. William Heinemann Ltd. Harvard University Press. London, 1953.

Asplund, J. Tid, rum, individ och kollektiv. Liber Förlag. Stockholm, 1983.

Barthelemy-Madaule, M. *La Ideología del Azar y la Necesidad*. Barral Edit. Barcelona. 1974.

Barton, A.D. and Laird, A.K. *Analysis of Allometric and Non Allometric Differential Growth*. Growth. 33:1-16. 1969.

Benacerraf, P. and Putnam H. *Philosophy of Mathematics*. Selected Readings. Basil Blackwell. Oxford, 1964.

Blum, J. J. *On the Geometry of Four Dimensions and the Relationship between Metabolism and Body Mass*. J. Theor. Biol. 64:59-601. 1977.

Bonner, J.T. *Size and Cycle*. Princ.Univ. Press. Princeton. 1965.

Calder, W. A. III *Ageing in Vertebrates: Allometric Considerations of Spleen Size and Lifespan*. Fed.Proc.35:96-97. 1976.

Calder, W. A. III *A Trade Off Between Space and Time: Dimensional Constants in Mamalian Ecology*. J.Theor.Biol. 98:393-400. 1982.

Calder, W. A. III. *Size, Function, and Life History*. Harvard University Press. England 1984.

Cambel, G. S. *An Introduction to Environmental Biophysics*. Springer Verlag. Berlin, 1977.

Cassirer, E. *El Problema del Conocimiento. De la muerte de Hegel a nuestros días*. Fondo de Cultura Económica. Mexico. Buenos Aires, 1948.

Cherbit G. editor. *Fractals. Non integral Dimensions and Applications*. John Wiley & Sons Ltd. England, 1991.

Clifford, W. K. *The Common Sense of the Exact Sciences*. Dover Publications, Inc. New York, 1955.

- Crilly, A. J., Earnshaw, R. A. and Jones H. *Fractal and Chaos*. Springer Verlag. New York, 1991.
- Deevey, E. S. Jr. *Life Tables for the Natural Populations of Animals*. Q. Rev. Biol. 22:283-314. 1947.
- Eberhardt, L.L. *Similarity, Allometry, and Food Chains*. J. Theor. Biol. 24:43-55. 1969.
- Falconer, K. *Fractal Geometry*. Mathematical Foundations and Applications. John Wiley & Sons. England, 1990.
- Galilei, Galileo. *Dialogues Concerning Two New Sciences*. Dover Publications Inc, New York, 1954.
- Gould, S. J. *Allometry and Size in Ontogeny and Phylogeny*. Biol. Rev. 41:587-640. 1966.
- Gould, S. J. *Geometric Similarity in Allometric Growth: a Contribution to the Problem of Scaling*. Amer. Nat. 105:113-136. 1971.
- Hinckfuss, I. *The existence of Space and Time*. Oxford University Press. Oxford. 1975.
- Huxley, J. S. *Problems of Relative Growth*. Methuen & Co. Ltd. London. 1932.
- Lorentz, K. *Spegelns baksida. En studie i kunskapens biologiska utveckling*. Norstedt & Söners förlag. Stockholm, 1974.
- Mandelbrot, B. B. *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman and Co. New York, 1983.
- Maturana, H. R. and Varela, F. J. *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*. Boston Studies in the Philosophy of Science. Vol. 42. Boston. U.S.A., 1980.
- Maturana, H. R. and Varela, F. J. *The Tree of Knowledge. The Biological Roots of Human Understanding*. New Science Library. Boston, 1987.
- Maturana, H. R. *Science and Daily Life: The Ontology of Scientific Explanations*. In F. Steier (ed.) *Research and Reflexivity*. Sage. London, 1991.
- Maturana, H. R. and Varela, F. J. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, D. Reidel, Boston, 1980.
- Monod, J. *Slump och nödvändighet*. Bonniers. Stockholm, 1972.
- Nagel, E. *Teleological explanation and teleological Systems*. Readings in the Philosophy of Science. Feigl, H. and Brodbeck, M. Editors. Applton Century-Crofts, INC. New York, 1953.
- Nordenskiöld, E. *Biologins historia*. Holger Schildts. Helsingfors, 1924.
- Pagel, W. *Paracelsus. An Introduction to Philosophical Medicine in the era of the Renaissance*. S. Karger. Basel, 1958.
- Peitgen H-O., Jürgens H. & Saupe D. *Chaos and Fractals*. New Frontiers of Science. Springer-Verlag. 1992.
- Pennycuik C. J. *Newton Rules Biology. A physical approach to biological problems*. Oxford University Press. 1992.
- Platt, T. and Silvert, W. *Ecology, Physiology, Allometry and Dimensionality*. J. Theor. Biol. 93:855-860. 1981.

- Polvani, G. Alessandro Volta. *Domus Galileana*. Pisa, 1942.
- Prusinkiewicz, P. and Hanan, J. *Lindenmayer Systems, Fractals, and Plants*. Lecture Notes in Biomathematics. No.79.1980.
- Regnéll, H. *Ancient Views on the Nature of Life*. Library of Theoria No.10, CWK Gleerup. Lund, 1967.
- Rorty, R. *Philosophy and the Mirror of Nature*. Basil Blackwell. Oxford, 1980.
- Russell, Bertrand. *Matematiken och metafysikerna*. Newman James R. (ed) *En matematikens kulturhistoria*. Band IV, sid. 1664. SIGMA, 1956.
- Schmidt, A. *The Concept of Nature in Marx*. NLB. London, 1971.
- Smith, H. W. *Rethinking Allometry*. J.Theor.Biol.87:97-111. 1980.
- Stafleu, F. A. *Linnaeus and the Linnaeans. The spreading of their ideas in systematic botany, 1735-1789*. The international Association for plant taxonomy. Utrecht, Netherlands, 1971.
- Stanley, H. E. and Ostrowsky, N. *On Growth and Form. Fractal and Non Fractal Patterns in Physics*. NATO ASI Series. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht. Netherlands, 1986.
- Thompson, D'Arcy *On Growth and Form*. Cambridge University Press. 1966.
- Van Valen, L. *Body Size and Number of Plants and Animals*. Evolution.27:27-35. 1973.
- Varela, F. J., Thompson, E. and Rosch, E. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*, MIT press. Cambridge, 1991.
- Western, D. *Size, Life History, and Ecology in Mammals*. Afr.J.Ecol.17:185-204. 1979.
- Westfall, R. S. *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*. Cambridge University Press. Cambridge, 1984.
- White, J. F and Gould S. J. *Interpretation of the Coefficient in the Allometric Equation*. Amer.Nat.99:5-18. 1965.
- Vicsek, Tamás *Fractal Growth Phenomena*. World Scientific. Singapore, 1989.
- Wiener, Norbert. *Cybernetics*. The MIT Press, 1961.
- Volta, Alessandro. *Epistolario di Alessandro Volta*. Edizione Nazionale sotto gli auspici dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere e della Società Italiana di Fisica. Vol 1 till 5. Nicola Zanichelli Editore. Bologna, 1949.
- Woodcock, A. and Davis, M. *Catastrophe Theory*. E. P. Dutton. New York, 1978.
- von Neumann, John *Theory of the Self-Reproducing Automata*. Edited and completed by Arthur W. Burks. University of Illinois Press, 1966.
- von Neumann, John. *The Computer and the Brain*. Yale University Press, 1958.
- Zar, J. H. *Calculation and Miscalculation of the Allometric Equation as a Model in Biological Data*. Bioscience.18:1118-1120. 1968.