

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XV JORNADAS

VOLUMEN 11 (2005)

TOMO II

Horacio Faas

Aarón Saal

Marisa Velasco

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# Física-biología: delimitando el eslabón faltante

Oswaldo M. Moreschi\*

## 1. Introducción

Las distintas ciencias naturales se han diferenciado fundamentalmente por los temas de estudio. Sin embargo, entre alguna de ellas no se encuentra una separación que llame la atención. Por ejemplo, no existe ningún inconveniente en entender los procesos que estudia la química desde un punto de vista de la física; en particular se podría explicar la descripción de cualquier proceso químico en términos de leyes de la física.

Esta situación no existe entre la biología y la física. En este trabajo pretendemos contribuir al entendimiento de la brecha existente entre estas dos ciencias fácticas de la naturaleza.

Entendemos a la física como la ciencia más fundamental de la naturaleza; con lo que se quiere significar que todo proceso de la naturaleza satisface las leyes de la física. Pero si bien entonces entendemos que todo proceso biológico satisface las leyes de la física, esto no implica que todo fenómeno biológico se pueda explicar, al presente, con leyes de la física. En particular, el mismísimo fenómeno de la vida entra en esta categoría.

Se puede denotar un orden entre distintas ciencias tomando en cuenta cuándo una ciencia cumple con las leyes de otra, obteniéndose el ordenamiento:

Medicina → Biología → Química → Física;

donde las disciplinas satisfacen las leyes de las ciencias hacia su derecha. Sin embargo, cada disciplina no necesariamente explica los sistemas de las ciencias a su izquierda.

Es nuestra intención, por un lado establecer la existencia de una conexión faltante entre la biología y la física y por el otro lado contribuir a delimitar la naturaleza de este enlace faltante.

## 2. Lo que debería explicar la conexión faltante

Como mencionamos anteriormente, el fenómeno de la vida no es explicable al presente en términos de leyes de la física. Esto indica que es oportuna una breve caracterización del fenómeno de la vida. No es nuestra intención participar de un debate sobre lo que significa la vida, sino que enumeramos algunas de las características de sistemas con vida que nos interesan. Así es que para nosotros, la vida es un proceso de la materia que incluye las siguientes características generales [ABH+04].

- La materia viva se organiza en términos de células.
- Una célula viva es un sistema lejos del equilibrio termodinámico. Tiene mucha energía libre; lo que indica que si muere y alcanza el equilibrio termodinámico con el medio, libera energía al medio en forma de calor [AJL+02].

\* Universidad Nacional de Córdoba.

[moreschi@fis.uncor.edu](mailto:moreschi@fis.uncor.edu)

*Epistemología e Historia de la Ciencia*, Volumen 11 (2005)

- Las células tienen la habilidad de duplicarse, manteniendo las mismas características.
- Una de las estructuras básicas de las células es en términos de proteínas que tienen una química básica común en todos los seres vivos.
- La materia viva codifica su estructura y funcionamiento en las instrucciones genéticas de la molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) escritas con un código químico común.
- Existe un mecanismo de traducción generalizado de los mensajeros ARN (ácido ribonucleico) en las más de 10 millones de especies en la Tierra.
- En todo organismo viviente, aproximadamente los mismos 20 aminoácidos son usados en la formación de proteínas.
- La información genética sufre mutaciones naturales.
- La materia viva viene evolucionando con una tendencia en la que aparecen especies con estructuras y funciones cada vez más complejas.
- Todos los organismos vivos muestran el proceso de envejecimiento y muerte.

Hemos usado la denominación 'proceso' y no 'estado' para referirnos a la vida, pues la denominación 'estado' tiene una connotación de las características de un sistema a un dado tiempo, siendo la dinámica del sistema la encargada de describir la evolución temporal de los estados. Pero en el caso de la vida, su caracterización involucra su dinámica, por lo que preferimos referirnos a la vida como un 'proceso'. Si no hay lugar a confusión, podremos decir que un subsistema 'está' con vida, si dejado por un momento, muestra los procesos característicos de la vida, esto es, los que muestran los seres vivientes.

Vale la pena aclarar que cuando mencionamos que en el proceso de evolución, la materia viva muestra especies con estructuras y funciones cada vez más complejas, no queremos implicar que estas especies sean mejores, o más exitosas, sino que la materia viva parece intentar todas las estructuras posibles y por ende, alguna de ellas son cada vez más complejas. Lo que no contradice que algunas especies "sencillas" sean muy exitosas y perduren hasta nuestros días.

No es nuestra intención polemizar sobre las denominaciones más felices, sólo mencionamos estas características para fijar una manera de referirnos a nuestro tema de interés, deseando evitar confusiones.

Una característica importante que tiene la vida en la Tierra es que el código genético es esencialmente universal. Esto es, todas las especies usan el mismo código. Hay pocas excepciones a la universalidad del código genético, que aparecen en protozoarios unicelulares y en las mitocondrias [SBMV98].

Hemos omitido características importantes de los sistemas vivos, como la capacidad de adaptación, pues nos interesa concentrarnos más en el origen que en las características presentes de los procesos de la vida.

Se debería enfatizar la diferencia fundamental que existe entre el concepto de orden en la materia viva y en la materia inerte. Esto es, si bien en el crecimiento de un cristal se nota la aparición espontánea de orden; en la materia viva el orden está asociado a la reproducción celular y función compleja de los organismos.

Estos fenómenos provocan una serie de preguntas; por ejemplo:

- ¿Cómo es posible que en un medio dominado por procesos termodinámicos fuera de equilibrio, aparezca espontáneamente la organización de la materia en términos de una particular manera de codificar las instrucciones genéticas que permiten el proceso completo de la vida?
- ¿Cómo se explica la aparición de los primeros códigos genéticos con instrucciones para crear y con algoritmos para dar instrucción funcional a la materia viva?
- ¿Es posible explicar sólo con evolución por selección natural la eficiente funcionalidad de la materia viva?
- ¿Por qué la relación entre un codón del mRNA, formado por un triplete de nucleótidos (U, C, A, G), con los aminoácidos es universal?

Los genes proveen las instrucciones sobre la forma, función y comportamiento de las células. En particular, un organismo como el nuestro proviene de la división sucesiva de una sola célula. Las diferentes características físicas, químicas y funcionales de cada célula están determinadas por el genoma guardado en la célula originaria del organismo, que tiene la información necesaria para crear orden en un organismo como el del cuerpo humano que comprende unas  $10^{13}$  células [AJL+02].

Es así que en el genoma no se codifica solamente una lista de productos químicos, sino que contiene además la información sobre las funciones complejas de los tejidos vivos y sus diferentes reacciones a los estímulos externos.

Remarcamos que no es nuestro interés discutir la teoría de la evolución ni el mecanismo de la selección natural, que se aplican a la vida ya existente. Nuestro interés está en la explicación del fenómeno de la vida y, por consiguiente, de su origen.

### 3. Necesidad y contingencia de la vida

Es una observación cosmológica que las leyes de la física rigen en todos los lugares del Universo observable. No se detecta variación relativa de las constantes que caracterizan la materia en sistemas astrofísicos, no importa a qué distancia ni en qué dirección se encuentren. En definitiva, nuestra visión del cosmos es que la naturaleza se rige por leyes universales en todas partes del Universo.

En este contexto uno se podría preguntar: ¿Es la vida un fenómeno que aparece por necesidad o el resultado de contingencias? Pues diríamos que ambos. Debido a que los organismos vivos reaccionan a las condiciones del medio ambiente, el proceso global de la vida depende de las contingencias del medio ambiente. Pero es importante afirmar que:

*P 3.1 La vida es una necesidad, pues es el resultado de una ley de la naturaleza.*

Es inconcebible considerar que existe una ley particular que rige sólo en la Tierra, o que el fenómeno de la vida sea un accidente que se originó hace unos 4000 millones de años en la Tierra.

¿Por qué es importante asumir este principio? Uno podría decir que si todavía no sabemos formular con precisión esta ley faltante, no tiene ningún efecto postular su existencia. Pero sin embargo en la próxima sección veremos que sí tiene consecuencias sobre la concepción actual que se tiene sobre la vida en la Tierra.

#### 4. Crítica de la teoría del ancestro único

En la actualidad se observa que toda célula proviene de otra célula. Debido a que toda célula proviene de un ancestro y que existe un mecanismo universal de traducción, se suele inferir que todas las células provienen de un ancestro único común, como se señala en la mayoría de los libros de texto. Pero esta inferencia tiene el gran defecto de no explicar la existencia del ancestro único común.

El hecho que todas las especies, pasadas y presentes, estén relacionadas mediante descendencia de ancestros comunes parecería apuntar en la misma dirección, de que toda la vida en la Tierra proviene de una sola célula ancestral.

En realidad, de lo único que estamos seguros es que esta forma de vida es la que ha prevalecido. No podemos asegurar que existiesen otras formas de vida, hace unos 4000 millones de años, que estuviesen compitiendo entre sí. Sólo sabemos que esta fue la más exitosa, y que si existió otra, ella fue sofocada y extinguida por esta.

En este respecto, conviene remarcar que se entiende que las células eucariotas -que son las más complejas, con núcleos- han evolucionado de una simbiosis. El método de explotación de unos seres vivos sobre otros seres vivos explica la aparición de mitocondrias en la mayoría de las eucariotas [AJL+02]. Mitocondrias son pequeños cuerpos encerrados por una membrana, que ayudan a la producción de energía y son similares en tamaño a las bacterias, teniendo su propio genoma en la forma de una molécula circular de ADN. Se cree entonces que las mitocondrias se originaron de organismos vivos independientes que fueron asimilados por eucariotas ancestrales, que se beneficiaron de su producción energética.

Este ejemplo parece mostrar una constante en el fenómeno de la vida. Los organismos que logran hacer uso de técnicas y funciones más complejas suelen prevalecer sobre el resto

#### 5. Segunda ley de la termodinámica

Dado que la segunda ley de la termodinámica indica el incremento de la entropía y por consiguiente del desorden del sistema, mientras que en el fenómeno de la vida se observa la auto-organización de la materia, consideramos apropiado hacer una referencia al contenido de la entropía y de la segunda ley de la termodinámica.

Existe una noción primaria de la entropía como función de estado en la termodinámica. La presentación usual en los libros de texto se da por medio de la relación:

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (1)$$

que dice que la variación de entropía  $dS$ , del sistema bajo estudio, entre dos estados termodinámicos cercanos está dado por la cantidad de calor absorbido  $dQ$ , en un proceso reversible que une los dos estados, dividido por la temperatura  $T$ . La entropía  $S$  es una cantidad extensiva. La introducción de la entropía permite la presentación matemática consistente de la termodinámica [Cal85].

Lo interesante se encuentra cuando se explica a la termodinámica desde la perspectiva de la mecánica estadística. La conexión de los conceptos macroscópicos de la termodinámica con la descripción microscópica de los sistemas, se realiza usualmente por medio de la expresión de la entropía en términos de la distribución de probabilidades  $\{p_i\}$  de que el sistema esté en el estado microscópico  $i$ . Esta expresión es [LL80]:

$$S = -k_B \sum_i p_i \log p_i \quad (2)$$

donde  $k_B$  es la constante de Boltzmann. Con esta expresión microscópica, la entropía es entendida como una medida cuantitativa del desorden en la distribución del sistema sobre los microestados permitidos por las condiciones de contorno [Cal85]. Esta relación con la noción de desorden se observa si notamos que la definición de entropía coincide con la medida de información introducida por Shannon [Sha59]. Adjudicando tres propiedades fundamentales a la medida de información, Shannon demostró que dichas propiedades determinaban que la medida, que él denotó con  $H$  estaba expresada por:

$$H = -K \sum_i p_i \log p_i \quad (3)$$

donde  $\{p_i\}$  es la distribución de probabilidades para los eventos  $i$ . Shannon también se refirió a esta cantidad como una medida sobre cuánta 'elección' hay en la selección de un evento, o cuán 'incierto' es el resultado; y también se refirió a  $H$  como entropía. La constante  $K$  se debe ajustar a las unidades que se le quiera dar a  $H$ .

Se encuentran acaloradas discusiones en la literatura acerca de si la entropía definida por Shannon coincide o no con la definida en mecánica estadística. El lector notará que  $S = H$  si  $K = k_B$ .

Parte de esta discusión se encuentra en [Jay57a, Jay57b, Jay83a] (Las primeras dos referencias también se encuentran reimpresas en [Jay83b, Jay83c]). No es nuestro interés entrar en esta discusión en este momento.

Pasemos ahora a los enunciados de la llamada segunda ley de la termodinámica. Estamos interesados en aquellos enunciados que hacen referencia a la entropía. Al discutir los aspectos de la termodinámica desde un punto de vista macroscópico, Callen [Cal85] formula:

*L 5.1 Existe una función (llamada entropía  $S$ ) de los parámetros extensivos de cualquier sistema compuesto, definida para todos los estados de equilibrio, que tiene la siguiente propiedad: los valores tomados por los parámetros extensivos en ausencia de vínculos internos son aquellos que maximizan la entropía sobre la variedad de estados de equilibrio permitidos.*

Un ejemplo de aplicación del segundo principio es la expansión libre de un gas, inicialmente encerrado en un volumen  $V$  que puede expandirse a un volu-

men 2 V. Cuando el gas alcanza su estado de equilibrio, la entropía ha aumentado respecto de su valor original.

Es interesante notar que cuando se estudian los distintos potenciales termodinámicos obtenidos por transformaciones de Legendre de las funciones básicas, Callen reformula el principio de entropía máxima en términos de los mismos. En particular, al referirse al potencial de Gibbs, o energía libre de Gibbs (que es la transformada de Legendre de la energía interna al representarla en términos de la temperatura y la presión), el principio queda formulado de la siguiente forma:

**L 5.2 Principio del mínimo del potencial de Gibbs.** *El valor de equilibrio de cualquier parámetro interno, no sometido a vínculo, en un reservorio térmico y un reservorio de presión, minimiza el potencial de Gibbs a temperatura y presión constantes (igual a aquéllas de los respectivos reservorios).*

En particular, una mezcla de carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H) y nitrógeno (N), a presión constante y temperatura constante, alcanza el estado en que la energía libre es mínima.

Al discutir la entropía en el contexto de la mecánica estadística, luego de reconocer a la entropía como la medida de desorden introducida por Shannon, la formulación del principio de entropía máxima queda en los siguientes términos [Cal85]:

**L 5.3 La distribución canónica es la distribución sobre los estados con variables fijas ( $V, N_1, \dots, N_r$ ) que maximiza el desorden, sujeto a la condición que el promedio de la energía tenga el valor observado. Este máximo condicional del desorden es la entropía de la distribución canónica.**

Donde aquí se particulariza al caso del llamado ensamble canónico, donde  $V$  se refiere al volumen del sistema y  $N_j$  a la cantidad de materia de la componente  $j$  del sistema.

Es importante señalar que el principio de entropía máxima incluye una receta para determinar la distribución de probabilidades  $\{p_i\}$  que aparece en la ecuación (2).

El mayor entendimiento de la termodinámica lo tenemos para sistemas en equilibrio; esto es, cuando la dinámica no entra en la discusión. En particular, es en estos casos de equilibrio que uno puede calcular las distribuciones de probabilidades microscópicas y así obtener una descripción detallada de la entropía.

La aplicación de la teoría de equilibrio termodinámico a los motores térmicos parece ser una contradicción, dado que los motores térmicos realizan ciclos en el tiempo y por lo tanto no son sistemas estacionarios. Sin embargo, las aplicaciones a dichos sistemas asumen una sucesión de sistemas en equilibrio, por lo que para cada uno de ellos se aplica la teoría del equilibrio termodinámico.

## 6. Especulaciones sobre la nueva ley

Uno estaría tentado de modelar los procesos en una célula como una sucesión de estados termodinámicos bien definidos, y así intentar una descripción en términos de modelos como los motores térmicos con flujo de materia.

Un motor térmico usual funcionando de tal manera que obtiene energía del entorno, extrayendo calor de un reservorio a baja temperatura y entregándolo a otro de alta temperatura, se lo conoce como refrigerador. En sentido ideal un motor térmico es reversible, por lo que en cualquier parte del ciclo, los valores de la

entropía repiten su valor en cada ciclo. Para obtener un sistema que vaya aumentando su orden interno se debería pensar entonces, no en un motor térmico cíclico, sino en un sistema cuyos 'ciclos' no sean periódicos y tal vez ni reversibles, de tal forma que luego de cada ciclo aperiódico, el valor de la entropía decreciese. El autor no conoce ninguna formulación exitosa para la explicación del fenómeno de la vida en estos términos.

La consideración de nuestro conocimiento actual de la física, incluyendo las teorías para todas las interacciones, ya sean clásicas o cuánticas, junto con la explicación mecánico estadística de los procesos termodinámicos, nos proveen de un entendimiento sin contradicciones para la materia inerte. Pero está faltante la clave que provea de una explicación al fenómeno de la vida y de su aparición.

Con la intención de aportar a la delimitación del contenido de la ley faltante, presentamos aquí una versión preliminar de la misma:

*L 6.1 Hay entornos fuera del equilibrio termodinámico para los cuales existe un conjunto de tipos de átomos que, si dejados por un tiempo suficiente, forman subsistemas que muestran el proceso de la materia viva.*

*En particular estos subsistemas se autoorganizan y adquieren las propiedades de crecimiento, duplicación y evolución, mostrándose en la evolución conjunta una tendencia a la aparición de subsistemas con un aumento en la cantidad de información necesaria para caracterizar el estado microscópico de los mismos.*

Esta provocación pretende despertar el interés del lector en la situación que aparenta ser paradójica, y que por lo tanto manifiesta nuestra ignorancia sobre la naturaleza del origen de la vida. Esta afirmación tiene como primer escollo la indefinición de la frontera entre los sistemas en equilibrio termodinámico y aquellos que no lo están. Uno podría pensar que la solución es muy sencilla; si el sistema varía con el tiempo, no está en equilibrio; y si el sistema no cambia con el tiempo, está en equilibrio. Pero el problema es más sutil. Dado un sistema termodinámico con variaciones suaves de todas sus funciones, entonces se puede pensar en una región lo suficientemente pequeña y observada por un lapso de tiempo lo suficientemente corto para que el sistema se comporte, en ese régimen, satisfaciendo las ecuaciones que caracterizan al equilibrio termodinámico.

Vale la pena remarcar que esta formulación no está en contradicción con la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, la propiedad de autoorganización, denotada en el segundo párrafo de 6.1, indica una nueva descripción dinámica que no está contenida en las presentes leyes de la física.

Uno podría hacer la crítica de que se puede llegar a una formulación como esta sólo siguiendo la guía del Principio de la Razón, argumentado por Leibniz:

*P 6.1 El principio fundamental del razonamiento es que no hay nada sin una razón...*  
[Lei73]

Como la vida existe, habrá una ley que la explique. Sin embargo, afirmamos que la formulación 6.1 no es sólo una descripción débil del hecho que la vida existe, sino que tiene consecuencias no triviales.

## 7. ¿Por qué la vida tiene como elemento central al carbono?

### 7.1. Producción de la química básica de la vida

Se calcula que el sistema planetario se formó hace unos 4500 millones de años y se estima que el fenómeno de la vida apareció unos 200 o 300 millones de años más tarde; esto es, casi inmediatamente después de la formación de la Tierra.

En 1952, Stanley Miller realizó experimentos intentando reproducir las condiciones de la Tierra hace unos 4000 millones de años atrás, y encontró la formación de diferentes aminoácidos.

Debido a la serie de experimentos en esta dirección, hoy se entiende que todas las moléculas esenciales para la vida se pueden haber producido espontáneamente en la Tierra primitiva.

### 7.2. ¿Por qué el carbono y no el silicio?

¿Es posible usar la ley propuesta para describir algún aspecto de la materia viva? Concentrémonos en la composición química de las proteínas. Se observa que 18 de los 20 aminoácidos más frecuentes están constituidos sólo por los átomos de hidrógeno (H), carbono (C), nitrógeno (N) y oxígeno (O). Los otros 2 aminoácidos incluyen un solo átomo más, el azufre (S). Esto implica que la mayor parte de la materia viva se expresa en términos de muy pocos elementos.

Más generalmente, si consideramos los elementos que aparecen en sistemas vivos, resulta útil la noción de macronutrientes [GGW02], que son los elementos químicos que aparecen en cantidades mayores que 0,05% en el peso de plantas secas. Sólo 9 elementos satisfacen esta característica, los que se muestran en la siguiente lista donde aparece el nombre, símbolo y porcentaje en peso: hidrógeno (H), (6); carbono (C), (45); nitrógeno (N), (1,5); oxígeno (O), (45); magnesio (Mg), (0,2); fósforo (P), (0,2); azufre (S), (0,1); potasio (K), (1,0); calcio (Ca), (0,5). Estos elementos constituyen el 99,5% de la masa de las plantas secas.

Si realizamos una tabla de los elementos químicos más livianos haciendo uso de un modelo simplista hidrogenoide se obtiene el cuadro 1.

H Z=1 v=1 13,59 A=1								He Z=2 v=0 24,58 A=4
Li Z=3 v=1 5,390 A=7	Be Z=4 v=0 9,320 A=9	B Z=5 v=1 8,296 A=10	C Z=6 v=4 11,26 A=12	N Z=7 v=3 14,54 A=14	O Z=8 v=2 13,61 A=16	F Z=9 v=1 17,42 A=19		Ne Z=10 v=0 21,56 A=20
Na Z=11 v=1 5,318 A=23	Mg Z=12 v=0 7,644 A=24	Al Z=13 v=1 5,984 A=27	Si Z=14 v=4 8,149 A=28	P Z=15 v=3 10,48 A=31	S Z=16 v=2 10,36 A=32	Cl Z=17 v=1 13,01 A=35		Ar Z=18 v=0 15,76 A=40

Cuadro 1: Cada elemento tiene la información de: símbolo, número atómico Z, número máximo de electrones de valencia v, energía de ionización en electrón-volt y número másico A.

En el cuadro 1 se observa la tabla reducida de los primeros 18 elementos de la naturaleza. En la misma, se ha incluido la información del número máximo de

electrones de valencia  $v$  usando un modelo hidrogenoide, la energía de ionización en unidades de electrón-volt y el número másico  $A$ .

Consideremos la aplicación de la ley 6.1 en un ambiente térmico sobre la superficie terrestre. En una situación como esta, se consideran más probables las interacciones de átomos con número de electrones de valencia más altos; además, serán más estables las ligaduras de los átomos con mayor energía de ionización; y serán más activos aquellos átomos con menor masa, como se indica en la figura 1.

menos probable  $\longrightarrow$  más probable  
mayor número de electrones de valencia  
mayor energía de ionización  
menor masa

Figura 1: Se infiere que son más probables de participar en el proceso de la vida los elementos con estas características.

Esto explica por qué el átomo del carbono es preferible al de silicio como elemento básico para las moléculas que forman los organismos vivos. También explicaría por qué el nitrógeno (N) es más favorable que el fósforo (P) y que el oxígeno (O) es más favorable que el azufre (S). Estamos haciendo un análisis sólo cualitativo, pues en realidad la imagen es más complicada; en particular, los elementos muestran una valencia que se aparta del modelo hidrogenoide y por ejemplo el nitrógeno, fósforo, azufre y cloro presentan valencias adicionales a la que hemos considerado. Sin embargo, el análisis cualitativo es válido.

Notemos que la ley 6.1 no excluye la posibilidad de que haya aparecido materia con manifestaciones del fenómeno de la vida con moléculas basadas en el silicio; pero se puede inferir que de haber ocurrido, habría sido mucho menos frecuente, y además probablemente habría sido ulteriormente sofocada por la vida basada en el carbono.

Esto que presentamos aquí no pretende ser una discusión acabada de un problema complejo; sólo mencionamos esta idea cualitativa para señalar que existen explicaciones plausibles de algunas propiedades de la materia viva si se admite una ley como 6.1.

## 8. Comentarios finales

### 8.1. Elección de reduccionismo versus no reduccionismo

Supongamos que hoy hubiésemos descubierto la formulación precisa de una ley que explica la aparición de la vida en términos de procesos físicos básicos. Estaríamos entonces en la curiosa situación de poder elegir si la nueva ley forma parte de la física o la biología, lo que tornaría en un problema semántico si el reduccionismo es posible o no. Este parece ser un aspecto distinto al discutido en [Kli99] del reduccionismo semántico.

### 8.2. Consecuencias de la ley

Si se adopta la postura expresada en una ley como 6.1, se observa que se pueden encontrar explicaciones plausibles a características generales de la materia viva, y además presenta una visión distinta de algunas concepciones presentes de la biología, como el referido dogma del ancestro único. Con esta postura, uno pensaría que la aparición de materia viva en la Tierra tuvo un carácter generalizado, en

distintas situaciones geográficas, que la termodinámica del entorno permitió numerosos ensayos hasta que una forma eficiente de codificar la información prevaleció por sobre las alternativas, hasta cubrir el planeta y desplazar otras posibles formas de competencia. La aparición espontánea de una primera única célula ancestral es lo suficientemente improbable para hacer su suposición insostenible. Más plausible es considerar la posibilidad de que hayan aparecido primeras células de manera independiente en distintas partes del planeta, con posibles variaciones de la codificación de la información; pero que cuando comenzaron a compartir regiones, posiblemente surgió una nueva variedad, o alguna de las ya existentes prevaleció con la manera de codificar la información que subsiste hasta el presente.

Hemos dejado a un lado las cuestiones referentes a la evolución de la vida en términos de mecanismos de selección natural. Pero uno podría preguntarse si la capacidad de adaptación de los sistemas vivos, no sólo es regida por mutaciones aleatorias y selección natural, sino que una ley como la presentada participa en que este proceso sea más eficiente que lo que se podría suponer de procesos puramente aleatorios.

Si asumimos una ley como 6.1, se tiene que inferir que ha estado en efecto desde el origen del Universo. En particular el hecho de que en el presente esté vigente, indicaría que probablemente la materia se intenta organizar en forma de materia viva constantemente; pero el hecho que básicamente se observa una sola forma de vida que ha cubierto el planeta hace miles de millones de años, indica que estos intentos, o fracasan o son asimilados por la forma de vida existente. Este punto no coincide con la visión usual que asume que la vida se originó una sola vez [SBMV98].

### Agradecimientos

Nos complace agradecer a Verónica Meteña y Silvia Moreschi por una cuidadosa lectura de una versión preliminar de este manuscrito.

Agradecemos el apoyo de CONICET y SeCyT-UNC.

### Referencias

- [ABH+04] Bruce Alberts, Dennis Bray, Karen Hopkin, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter. *Essential Cell Biology*. Garland Science Pub., second edition, 2004.
- [AJL+02] Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter. *Molecular Biology of the Cell*. Garland Science Pub., fourth edition, 2002.
- [Cal85] H.B. Callen. *Thermodynamics and an introduction to thermostatistics*. John Wiley & Sons, second edition, 1985.
- [GGW02] Linda E. Graham, James M. Graham, and Lee W. Wilcox. *Plant Biology*. Prentice-Hall, Inc., Berlin, 2002.
- [Jay57a] E.T. Jaynes. "Information theory and statistical mechanics". *Phys.Rev.*, 106:620-630, 1957
- [Jay57b] E.T. Jaynes. "Information theory and statistical mechanics ii". *Phys.Rev.*, 108:171-190, 1957
- [Jay83a] E.T. Jaynes. Brandeis lectures (1963). "Information theory and statistical mechanics" In R.D. Rosenkrantz, editor, E.T. Jaynes: *Papers on probability, statistics and statistical physics*, pages 39-76. D. Reidel Pub. Co., 1983.

- [Jay83b] E.T. Jaynes. "Information theory and statistical mechanics". In R.D. Rosenkrantz, editor, E.T. Jaynes: *Papers on probability, statistics and statistical physics*. D. Reidel Pub. Co., 1983.
- [Jay83c] E.T. Jaynes. "Information theory and statistical mechanics ii". In R.D. Rosenkrantz, editor, E.T. Jaynes: *Papers on probability, statistics and statistical physics*. D. Reidel Pub. Co., 1983.
- [Kli99] Gregorio Klimovsky *Las desventuras del conocimiento científico*. A Z Editora, Buenos Aires, cuarta edición, 1999.
- [Lei73] Gottfried Wilhelm Leibniz. "Metaphysical consequences of the principle of reason". In G.H.R. Parkinson, editor, *Leibniz Philosophical Writings*. J.M. Dent & Sons Ltd., London, 1973.
- [LL80] L.D. Landau and E.M. Lifshitz. *Statistical Physics*. Pergamon Press, 1980.
- [SBMV98] Eldra Pearl Solomon, Linda R. Berg, Diana W. Martin, and Claude Villee. *Biología de Villee*. McGraw-Hill Interamericana, México, cuarta edición, 1998.
- [Sha59] Claude E. Shannon. "The mathematical theory of communication". In C.E. Shannon and W. Weaver, editors, *The Mathematical Theory of Communication*, pages 3-91. The University of Illinois Press, 1959. 8