

¿Un principio guía para la teoría de la evolución?*

Resumen

En base a un desarrollo de Ulises Moulines, en este artículo muestro cómo la teoría de la selección natural de Darwin tiene el mismo estatus epistemológico de la segunda ley de Newton. Ambas funcionan como *principios guía* en la construcción de teoría. Se presenta una formulación del *principio de selección natural* cónsona con el marco teórico de la ecología evolutiva contemporánea.

Abstract

Drawing on work by Ulises Moulines I endeavour to show that Darwin's Theory of Natural Selection has the same epistemological status as Newton's second law. Both function as *guiding principles* in theory construction. A formulation is presented of a *Principle of Natural Selection as it stems from current work in evolutionary ecology*.

* Escuela de Filosofía, Universidad Central de Venezuela.

** La versión final de este artículo fue mejorada gracias a los comentarios de dos árbitros anónimos. Uno de ellos sugirió una modificación importante a la formulación del principio de selección natural (PSN) presentado aquí. Por otra parte, agradezco los comentarios, aunque indirectos, que sobre este trabajo hizo el profesor Ulises Moulines.

La teoría de Darwin de la evolución por selección natural es ya parte de nuestra tradición cultural, al igual que las teorías de Newton. Sin embargo, la teoría de la evolución ha sido siempre vista con reservas en cuanto a su *status* como teoría científica. En particular el propio corazón de la teoría, aquí se va a llamar el principio de selección natural, ha sido entendido como una tautología: el que sobrevive es el más apto, y su recíproco, el más apto es el que sobrevive.

Ante esto, algunos biólogos¹ han visto la necesidad de desarrollar una filosofía alternativa de la ciencia que fuese más adecuada a las peculiaridades de la teoría evolucionista, en vista de que la filosofía de la ciencia oficial ha recibido su inspiración principalmente de la física. Esto introduce una situación un tanto curiosa. Aunque la teoría de la evolución por selección natural es ya patrimonio nuestro, no es nada común encontrarla como ejemplo de teoría científica en los textos principales de la filosofía de la ciencia².

¿Se trata realmente de que un análisis epistemológico de la teoría de la selección natural revela defectos esenciales? ¿Es la filosofía *standard* de la ciencia incapaz de dar cuenta de sus peculiaridades? ¿Hay realmente que elaborar una nueva epistemología para dar cuenta de tales peculiaridades? ¿A qué nivel se encuentran éstas: a un nivel lógico o a un nivel metodológico?

Una estrategia que parece apropiada para intentar responder las preguntas anteriores, es la de investigar si en realidad desde la filosofía de la física no pueden extraerse marcos que permitan, a partir de un *análisis comparativo*, determinar dónde se encuentran las legítimas diferencias entre una teoría como la de Newton y la teoría de la selección natural, y lo que es más importante, intentar encontrar la posibilidad de una comprensión unificadora de las teorías. Con frecuencia los trabajos filosóficos sobre la teoría de la evolución han estado en dos extremos. O se ha tratado de ver a la teoría de la selección natural desde marcos demasiado ortodoxos, o se la ha defendido sin antes cuestionar y examinar con cuidado las posiciones filosóficas provenientes de la física y de la filosofía de la ciencia en general³.

El presente trabajo pretende ser un paso preliminar para intentar una comprensión epistemológica de la teoría de la selección natural siguiendo la estrategia antes esbozada.

¹ Ver ejemplo Ernst Mayr, 1982, *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press.

² Una excepción es el libro de Ronald Giere, 1984, *Scientific Understanding*, Holt, Rinehart and Winston.

³ Esto lo ha señalado ejemplarmente Elliot Sober en su magnífico y pionero libro *The Structure of Selection*. Bradford Books, MIT, 1984.

La concepción de este trabajo logró justamente fuerza a partir de los análisis que del segundo principio de Newton realizaron el filósofo Ulises Moulines y el físico Richard Feynman⁴. Un análisis del segundo principio de Newton será pues, el punto de comparación desde el cual se analizará la teoría de la selección natural.

El segundo principio de Newton (SPN)

Nadie dudará que el segundo principio de Newton o segunda ley de Newton es un ejemplo por excelencia de ley científica. Es esa ley que dice que el cambio en la cantidad de movimiento (momento) de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada⁵:

$$F = (d/dt) \cdot (my)$$

lo que suponiendo la masa constante se puede escribir

$$F = m \cdot (dv/dt)$$

lo que da la famosa ecuación que todos recordamos

$$F = m \cdot a$$

Así la segunda ley proporcionó una manera específica de determinar cómo cambia la velocidad de un cuerpo bajo la influencia de las fuerzas.

¿Cuál es el significado epistemológico de esta segunda ley?

Con Feynman preguntamos, ¿cuál es el significado de las leyes físicas de Newton que escribimos $F = m \cdot a$? ¿Cuál es el significado de fuerza, masa y aceleración?

Centrémonos en el concepto central de fuerza, ¿qué es la fuerza? Feynman da una respuesta que en seguida revela su finura epistemológica.

⁴ Ulises Moulines en «Forma y función de los principios guía en las teorías físicas», incluido en *Exploraciones metacientíficas*. Alianza Editorial, Madrid, 1982. Richard Feynman en *Lectures of Physics*, 1963, vol. I., Ch. 12, «What is a force».

⁵ No se va a entrar en el detalle de las suposiciones detrás de esta formulación.

Si un cuerpo acelera, se le ha aplicado una fuerza. Es eso lo que dice la segunda ley, o, que la fuerza es el producto de la masa por la aceleración.

Si a partir de la expresión matemática se define la fuerza como el producto de la masa por la aceleración, no se ha conseguido nada. La manera en que los cuerpos se comportan es algo que está completamente fuera de cualquier selección de definiciones.

Citemos la respuesta de Feynman:

El contenido real de la ley de Newton es este: que se supone que la fuerza tiene algunas propiedades independientes aparte de la ley $F = m \cdot a$; pero las propiedades independientes específicas que la fuerza tiene no fueron descritas completamente ni por Newton ni por nadie, y por lo tanto, la ley física $F = m \cdot a$ es una ley incompleta. Implica que si estudiamos el producto de la masa por la aceleración llamamos a ese producto la fuerza, es decir, si estudiamos las características de la fuerza como un programa interesante, entonces encontramos que las fuerzas tienen alguna simplicidad: la ley es un buen programa para analizar la naturaleza, es una sugerencia de que las fuerzas serán simples ⁶.

Las propiedades independientes se determinarán en contextos físicos que no están determinados *a priori* a partir de una definición. Lo que sabemos a partir de esta última es que, si se producen cambios en la velocidad de los cuerpos, conocemos la forma lógica del cambio. En el contexto en que se considere, la fuerza tendrá un origen físico independiente de su definición⁷.

De lo contrario, estamos ante una vacía tautología.

Con la elaboración de Moulines se puede precisar estas penetrantes observaciones de Feynman. El punto clave es el siguiente: los enfoques clásicos axiomáticos sobre la mecánica clásica no dan luz sobre el verdadero significado del concepto de fuerza porque reconstruyen la segunda ley a un mismo nivel ontológico en cuanto que en ambas, la fuerza y la masa son reconstruidas como funciones de las partículas.

El segundo principio afirma en esa reconstrucción que para toda partícula p y un intervalo de tiempo t existe una fuerza f tal que:

$$F(p, t, i) = m(p) \cdot D S(p, t)$$

donde $D S(p, t)$ es la derivada segunda de la posición respecto al tiempo que es la aceleración.

⁶ Feynman, *op. cit.* El subrayado es nuestro.

⁷ Ver Feynman, *op. cit.*

Resaltamos que la reconstrucción clásica deja las cosas a un nivel puramente definicional y no salva al segundo principio de un cargo de tautología.

Esto es una consecuencia de que la axiomatización es hecha usando sólo la lógica de primer orden. Moulines señala que esto distorsiona la verdadera forma lógica del principio. Habría que agregar que, lo que es más importante, no permite entender la *significación epistemológica del mismo*.

Moulines da las líneas de su reconstrucción:

...para explicar la forma lógica del segundo principio hay que cuantificar sobre variables funcionales y no sólo individuales; es decir, si queremos formalizar necesitamos al menos una lógica de segundo orden. La razón no es meramente que debemos introducir distintas funciones fuerza [pues para ello bastaría el truco del índice numérico], sino que tales funciones son funciones de funciones, o más concretamente funciones de tuplos de funciones y no solamente funciones de partículas e instantes ⁸.

A estas funciones se les llama funcionales.

Para hacer palpable en qué forma esta estrategia de Moulines le lleva a conclusiones que dan precisión formal a lo que decía Feynman, citemos en extenso:

¿Por qué decimos que las fuerzas son funcionales y no meramente funciones de partículas? Porque sólo así podemos dar cuenta de una característica esencial de la noción de fuerza, que se revela en *su uso en las aplicaciones concretas de la mecánica*, pero que en cambio se borra de la formulación normal del segundo principio: que para cada sistema físico, las fuerzas consideradas (frecuentemente más de una) *dependen de una serie de «parámetros adicionales», que sólo se especifican en el momento de su aplicación concreta*. Estos parámetros, naturalmente, son a su vez funciones de las variables individuales (básicamente partículas e instantes). El segundo principio no especifica ni su número ni su naturaleza, ni tampoco la forma en que la fuerza es formulación usual del segundo principio, lo cual quiere decir, en realidad, que se presupone un número indeterminado de «cuantificadores existenciales sobre variables funcionales que representan dichos parámetros» ⁹.

Distintos tipos de fuerzas son función de distintos parámetros que son funciones de partículas y/o instantes. Moulines menciona algunos parámetros: cargas eléctricas, polos magnéticos, coeficientes elásticos, coeficientes de fricción.

Así, la forma de las funciones será diferente según el contexto, estará determinada por el contexto y no por la expresión $F = m \cdot a$.

⁸ Moulines, *op. cit.*

⁹ Moulines, *op. cit.* El subrayado es nuestro.

Continúa Moulines:

Al especificar todas estas diferentes posibilidades en aplicaciones concretas de la mecánica, *obtenemos diferentes leyes dinámicas*, que pueden ser comprobadas empíricamente. El segundo principio contiene implícitamente la información de que *existen todas esas posibilidades. Pero no dice nada específico acerca de ellas*¹⁰.

El segundo principio de Newton (SPN) no refiere directamente a ninguna realidad empírica concreta sino que plantea la *forma lógica de la dinámica de posibles situaciones empíricas*. Es eso lo que expresa la expresión matemática, la sugerencia de simplicidad de que hablaba Feynman. El análisis de Moulines hace ver que en las reconstrucciones usuales se cuele un empirismo que hace ir de expresiones matemáticas a individuos del mundo empírico directamente. Además, se puede ver que desde un punto de vista formal, en una axiomatización clásica, el segundo principio se reduce a una tautología.

En términos informales, la forma que adquiere el SPN es ésta:

Dado un sistema P durante un intervalo T , puede encontrarse un conjunto de funcionales vectoriales que son funciones de partículas de P e instantes de T , tales que la suma vectorial de los funcionales es igual al producto de la masa por la aceleración de cada partícula considerada en cada instante considerado¹¹.

La virtud esencial de esta reconstrucción de Moulines es que permite consideraciones que son exactamente las que Feynman ha mencionado. El segundo principio de Newton establece lo que puede hacerse al estudiar cualquier sistema físico. De suyo no tiene más contenido empírico que el de indicar cómo investigar los fenómenos físicos. Da una manera de construir teorías. En palabras de Moulines, se trata de una cuantificación sobre las potencialidades matemáticas de nuestra mente al tratar con problemas empíricos.

Es por eso que Feynman ha hablado de que se trata de una ley incompleta y de que el establecimiento del significado físico de la fuerza de establecer las formas particulares de los funcionales, no está prefijado en el principio sino que ocurre en la evolución de la teoría que guía el segundo principio. Consecuentemente, Moulines lo denomina principio guía. Un principio que asegura una manera de habérselas con los fenómenos. En lo que sigue, se intentará argumen-

¹⁰ Moulines, *op. cit.* El subrayado es nuestro.

¹¹ Moulines, *op. cit.*

tar que el principio de la selección natural es tan tautológico o tan rico epistemológicamente como el segundo principio de Newton.

El principio de selección natural (PSN)¹²

Resaltemos un aspecto crucial del análisis precedente que plantea un puente claro entre las formulaciones de Feynman y Moulines. El correlato en la realidad física que da sentido epistemológico a la reconstrucción de Moulines es el de que las fuerzas son causadas, producidas, a partir de interacciones físicas en sistemas físicos. Lo que el principio guía establece es qué hacer con las fuerza que se originen. Las fuerzas se van *identificando* en el desarrollo mismo de la mecánica¹³.

En esta sección se va a argumentar que precisamente lo mismo se puede decir con respecto al principio de selección natural de Darwin y se va a dar un ejemplo de cómo ha funcionado.

Empecemos enunciando el principio (PSN).

Debido a la existencia de diferencias en las relaciones entre individuos y su ambiente habrá diferencias en la supervivencia y/o reproducción entre ellos.

En esencia, lo que el PSN establece es que la viabilidad de los fenotipos en una situación dada es una función de relaciones con otros fenotipos y/o con su ambiente.

Es claro que el principio no establece cómo se dan esas relaciones funcionales. En otras palabras, no se sabe cuál sea la forma de esas funciones de viabilidad. En la biología evolucionista actual dichas funciones reciben el nombre de aptitud.

El problema teórico consiste en ver bajo qué relaciones fenotipo-ambiente la función aptitud tiene un máximo¹⁴.

¹² En este trabajo no se ha intentado una formulación formal del PSN, sólo argumentar cómo las conclusiones de análisis del SPN valen para una comprensión del PSN.

¹³ El análisis que aquí se presenta es una elaboración de lo presentado por Richard Michod en su «Positive Heuristics in Evolutionary Biology» en *British Journal for the Philosophy of Science* 32 (1981): 1-36. Este artículo es una gran excepción en la literatura. Michod, un conocido biólogo evolucionista, describe el desarrollo de la biología evolucionista a nivel poblacional y señala cómo las construcciones de funciones aptitud en diferentes contextos originó diversos subprogramas de investigación darwinistas.

¹⁴ En el apéndice se da un ejemplo de construcción de aptitud.

Volvamos con Moulines a la forma lógica del SPN. Su análisis deja ver que lo más resaltante de su forma lógica es la gran cantidad de cuantificadores existenciales involucrados en este enunciado. En particular las fuerzas son funcionales de segundo orden. Al cuantificarse existencialmente las funciones particulares se dejan indeterminadas, por ser construidas. Igualmente con el PSN, las funciones aptitudes se cuantifican existencialmente. Podría intentarse enunciar con más propiedad el principio guía de la selección natural.

Dado un conjunto de fenotipos en un ambiente A en un tiempo T , pueden encontrarse funciones de características fenotípicas individuales y parámetros ambientales.

El concepto de aptitud no se aplica directamente a individuos sino a posibles funciones a ser construidas. Al igual que en el caso de la fuerza en cada situación biológica hay que identificar las causas ecológicas que producen las diferencias en las aptitudes. Y estas causas son independientes de cualquier definición de aptitud que se formule. Es esto lo que complica las formulaciones matemáticas de las aptitudes.

La lógica darwiniana que está en el PSN asegura la existencia de relaciones fenotipo-ambiente que son representadas por funciones.

Las consecuencias epistemológicas del SPN valen para el PSN. El PSN es igualmente empíricamente irrestricto¹⁵. Indica la lógica detrás de la explicación de posibles situaciones biológicas. No se dice nada del mundo directamente sino establece una manera de ver ese mundo biológico.

Los principios guías SPN y PSN indican lo que podría llamarse las lógicas newtonianas y las lógicas darwinianas de los programas newtoniano y darwiniano de investigación. Es en el desarrollo de esos programas que se van construyendo las teorías que dan cuenta de situaciones empíricas determinadas. Otra consecuencia epistemológica importante de explorar es que justamente su generalidad permite la unificación conceptual de los programas de investigación. Esta unificación ha sido recientemente propuesta como la virtud esencial de la explicación científica¹⁶.

¹⁵ Aunque no se mencionó esta importante consecuencia del enfoque de Moulines, se podrá ver que se desprende del análisis anteriormente expuesto. Ver Moulines, *op. cit.*

¹⁶ Michael Friedman «Explanation and Scientific Understanding» *Journal of Philosophy* 61 (1974) 5-19 y «Theoretical Explanation» en *Reduction Time and Reality*. Richard Healy (de) (Cambridge University Press: 1981), Phillip Kitcher «Explanation, Conjunction and Unifica-

El análisis precedente revela una diferencia entre SPN y PSN. Se trata de la cuantificación existencial sobre funciones y sobre relaciones. En el SPN existen partículas y las funciones no representan relaciones algunas especiales entre estas partículas. Dicho de otra manera, la construcción de funciones de fuerza particulares no presupone que las partículas (o en general, los componentes de un sistema físico) están en *relaciones que sean parte esencial de su realidad*.

Supervivencia es un término que pierde sentido aplicado a partículas. Las relaciones biológicas que afectan la supervivencia de individuos son esa dimensión decisiva de lo viviente que Darwin llamó la lucha por la vida y que recientemente ha sido llamada la dinámica darwiniana¹⁷.

En este nivel en que existe una diferencia importante entre ambos principios, en el nivel de realidad de que dan cuenta. SPN y PSN revelan características fundamentales de la realidad en la que son aplicados.

Otro aspecto que surge aquí, es que a partir de lo expuesto últimamente nuestra comprensión epistemológica de la teoría de la evolución se haría sensible a las naturales diferencias respecto de la física que se presentan al entender el complejo proceso de interacción entre teoría y experiencia fuera de los marcos clásicos simplistas. Esto será objeto de un próximo ensayo.

Apéndice ¹⁸

Sea $N(t)$ el número de adultos de un fenotipo asexual contados antes de reproducirse, B el número de descendientes de cada individuo, p la probabilidad de sobrevivir de cada descendiente en su desarrollo hasta alcanzar la madurez reproductiva. P la probabilidad de supervivencia de los adultos hasta procesar de nuevo al cabo de un tiempo T . El cambio de la abundancia de adultos es:

$$N(t + T) = N(t) (Bp + P)$$

El factor de cambio multiplicativo del fenotipo es:

tion» en *Journal of Philosophy* 63 (1976), 207-212 y «Explanatory Unification» *Philosophy of Science* 48 (1981), 507-531.

17 Berstein, H. et al. *Quarterly Review of Biology*, 58 (1983), 185-207.

18 El modelo someramente presentado se toma de León, J. A. (manuscrito). *El darwinismo actual y la teoría de biohistorias*.

$$\lambda = Bp + P$$

En este caso λ representa la aptitud del fenotipo considerado. El problema es, según nuestra reformulación del principio de selección natural, ver cuál combinación de valores (B,p,P) la da en el ambiente considerado máxima λ al fenotipo que la posea.

Sin embargo, la cosa no es tan sencilla, falta establecer en que forma (B,p,P) dependen a su vez de características de los individuos y el ambiente. Ellos a la vez son funciones de parámetros biológicos que restringen la actuación de los fenotipos en el ambiente.

En el modelo presentado la dependencia es así:

$$B = B(e, \epsilon, E_a)$$

$$p = p_i(e, m^{E_i}, m^{I_i}) \cdot p(\gamma, E_j, m^{E_j}, m^{I_j})$$

$$P = P(\epsilon; E_a, M^{E_a}, M^{I_a})$$

e es la energía otorgada a cada cría ϵ es el esfuerzo reproductivo; E es el nivel de obtención de recursos por unidad de tiempo de desarrollo entre episodios reproductivos, E_j es de juvenil y E_a es de adulto; la m^E y M^E , m^I y M^I son las mortalidades evitable e inevitable en individuos juveniles y adultos respectivamente; γ es el esfuerzo de crecimiento; p está separada en infantil y p_j juvenil.

No se trata aquí de explicar el modelo sino de poner un mero ejemplo, para hacer ver la complejidad que plantea el estudio de la situación.

Nótese que las E , M y m son parámetros ambientales.

Así la λ máxima se obtiene según las restricciones que impongan las condiciones del modelo.

Se puede ver entonces que quién es el más apto y cómo es el más apto, se entiende según contextos ecológicos.