# REDUCCIÓN Y ESTRUCTURALISMO[*]

**María de las Mercedes O'Lery**[†]

**RESUMEN**

El fenómeno de que una rama relativamente autónoma de la ciencia sea absorbida por, o "reducida" a, otra disciplina es innegable y es una característica recurrente de la historia de la ciencia moderna, y no hay razón para suponer que dicho fenómeno no continuará teniendo lugar en el futuro. Esto afirmaba Ernest Nagel hace exactamente setenta años en el intento por justificar la necesidad de esclarecer la reducción científica (NAGEL, 1949, p. 100). Incluso varios años antes reclamaba el que no se contara con un estudio cuidadoso de la naturaleza de la reducción ni siquiera por parte de aquellos cuya preocupación exclusiva era la lógica de la ciencia (NAGEL, 1935, p. 46). Los posteriores debates acerca de la noción de reducción en la ciencia estuvieron motivados especialmente a partir del modelo de reducción nageliano; el cual ha tenido tanto innumerables adherentes como variadas objeciones. Entre las respuestas inmediatas ante los problemas que adolecía este modelo clásico, puede contarse la ofrecida por el programa estructuralista como una de las primeras. En este trabajo se expondrá lo relativo a la noción de reducción en el marco del programa estructuralista. Una vez presentado este recorrido, se intentará un análisis ulterior acerca de la condición de reducción en sentido ontológico (MOULINES, 1984) tomando en cuenta uno de los más actuales refinamientos del marco conceptual estructuralista como lo es la noción de *subestructura parcial escalonada*.

**PALABRAS CLAVE:** reducción - estructuralismo - reducción ontológica - subestructura parcial escalonada

**RESUMO**

O fenômeno de um ramo relativamente autônomo da ciência ser absorvido por, ou "reduzido" a, outra disciplina é inegável e é uma característica recorrente da história da ciência moderna, e não há razão para supor que tal fenômeno não continue a ocorrer no futuro. Isto foi afirmado por Ernest Nagel há exatamente setenta anos, numa tentativa de justificar a necessidade de clarificar a redução científica (NAGEL, 1949, p. 100). Mesmo alguns anos antes, ele afirmou que não existia um estudo cuidadoso da natureza da redução, mesmo por aqueles cuja única preocupação era a lógica da ciência (NAGEL, 1935, p. 46). Os debates subsequentes sobre a noção de redução na ciência foram motivados especialmente pelo modelo de redução nageliano, que teve inúmeros adeptos e objeções variadas. Dentre as respostas frente aos problemas sofridos por este modelo clássico, podemos contar, como uma das primeiras, aquela oferecida pelo programa estruturalista. Neste trabalho será discutida a noção de redução no âmbito do programa estruturalista. Uma vez apresentada esta via, procurar-se-á aprofundar a análise da condição de redução no sentido ontológico (MOULINES, 1984), tendo em conta um dos mais atuais refinamentos do quadro conceptual estruturalista, a noção de uma subestrutura parcial escalonada.

**PALAVRAS-CHAVE:** redução - estruturalismo - redução ontológica - subestrutura parcial escalonada

[*] Esta investigación se realiza en el marco de los siguientes proyectos: PICT-2014-1741 (ANPCyT, Argentina) y PUNQ 1401/15 (UNQ, Argentina). Mi especial agradecimiento a C. Ulises Moulines por la atenta lectura y pertinentes comentarios y sugerencias que ha realizado a la versión borrador de este artículo y a Cláudio Abreu por la invitación a participar en este número sobre estructuralismo de *Perspectivas*.

[†] Universidad Nacional de Quilmes/Universidad de Buenos Aires. *mercedesolery@yahoo.com.ar*.

## Introducción

El fenómeno de que una rama relativamente autónoma de la ciencia sea absorbida por, o “reducida” a, otra disciplina es innegable y es una característica recurrente de la historia de la ciencia moderna, y no hay razón para suponer que dicho fenómeno no continuará teniendo lugar en el futuro. Esto afirmaba Ernest Nagel hace exactamente setenta años en el intento por justificar la necesidad de esclarecer la reducción científica (NAGEL, 1949, p. 100). Incluso varios años antes reclamaba el que no se contara con un estudio cuidadoso de la naturaleza de la reducción ni siquiera por parte de aquellos cuya preocupación exclusiva era la lógica de la ciencia (NAGEL, 1935, p. 46). El análisis de la reducción en Nagel estaba ligado principalmente al análisis de la explicación en ciencia. Para otros, también preocupados por elucidar la reducción científica, como John Kemeny y Paul Oppenheim, la importancia de estudiar la reducción radicaba en su vínculo con la noción de progreso científico. Los análisis de Nagel de aquellos años junto a los de Kemeny y Oppenheim permitieron establecer dos intuiciones básicas acerca de la reducción: *a*) las teorías involucradas en un fenómeno de reducción están de algún modo vinculadas semánticamente; *b*) la teoría reductora ofrece aseveraciones más estrictas acerca del mundo de lo que lo hace la teoría reducida. Estas son las intuiciones que están a la base de las dos condiciones que establece el modelo clásico de reducción: *conectabilidad* y *derivabilidad* (NAGEL, 1935; 1949; y principalmente 1961, cap. XI; KEMENY & OPPENHEIM, 1956).

Los posteriores debates acerca de la noción de reducción en la ciencia estuvieron motivamos especialmente a partir de este modelo de reducción el cual ha tenido tanto innumerables adherentes como variadas objeciones. De entre estas últimas, puede mencionarse que si bien en el espíritu del modelo clásico se puede encontrar la advertencia acerca de que:

> Es inútil intentar un riguroso análisis lógico de la ciencia tomando como punto de partida la ciencia en la forma que se presenta habitualmente. No es el rol del científico hacer que sus suposiciones fundamentales sean claras, y no es razonable esperar que su proceder se ajuste a rigurosas reglas lógicas. Por lo tanto, es habitual que el filósofo de la ciencia considere la ciencia en una forma idealizada (KEMENY & OPPENHEIM, 1956, pp. 7-8).

el modelo clásico, principalmente la propuesta nageliana, ha sido objetado tanto por ser en algún sentido demasiado “amplio” como por ser, en otro sentido, demasiado “estrecho”. En primer lugar, si la reducción es derivación más (a veces) leyes puente, entonces cualquier teoría se reduciría a sí misma (porque cualquier teoría es derivable de sí misma); además, cualquier teoría se reduciría a cualquier teoría inconsistente; y, contrariamente a lo que uno podría esperar, la reducción no resultaría ser una relación asimétrica. En segundo lugar, el criterio que Nagel introduce acerca de que la teoría reductora también debe ser fértil en sugerencias útiles para desarrollar la ciencia secundaria, y debe producir teoremas que se refieran a la materia de este último que aumenten o corrijan el cuerpo de leyes actualmente aceptado (NAGEL, 1961, p. 330) no parecería ser compatible con su modelo; pues si la deducción es la base para la reducción, no parecería ser claro cómo es entonces posible la corrección por parte de la teoría reductora (VAN RIEL & VAN GULICK, 2019). De lo cual podría esperarse que los presuntos casos históricos de reducción sin reemplazo no pudieran ser capturados bajo esta noción de reducción.

Por otro lado, desde una perspectiva diacrónica, una objeción frecuente ha sido el señalar la dificultad de conciliar la tesis de *inconmensurabilidad*, presente en un cambio drástico de teoría como lo sería una revolución científica, con la posibilidad de plantear una reducción de las teorías desplazadas respecto de aquellas suplantadoras.

En respuesta a estas objeciones, y a algunas más que aquí no se han mencionado, en análisis recientes algunos autores (DIZADJI-BAHMANI *et al*., 2010; BUTTERFIELD, 2011a; 2011b) han intentado elaborar modelos alternativos al modelo clásico a partir de refinamientos del marco lógico (ver VAN RIEL & VAN GULICK, 2019). Sin embargo, entre las respuestas inmediatas ante los problemas que adolecía el modelo clásico, las ofrecidas por el programa estructuralista deben mencionarse como unas de las primeras. Inicialmente, la respuesta estructuralista consistió en señalar la posibilidad de caracterizar más adecuadamente la noción de reducción modificando el modo de concebir las teorías científicas. El estructuralismo advirtió que los problemas del modelo clásico de reducción tienen como origen una inadecuada visión de fondo de la ciencia, pues el análisis de la reducción clásica descansa en una concepción sintáctica de las teorías la cual adolece de problemas que pueden ser superados partiendo de un enfoque "más global" de ciencia (DIEZ & MOULINES, 2008, p. 376).

En lo que sigue se expondrá lo relativo a la noción de reducción en el marco del programa estructuralista. Para dicha exposición, será de utilidad la distinción ofrecida por Karl-George Niebergall (2002) quien ha identificado tres intentos por caracterizar la relación de reducción desde dicho marco teórico desde 1955 en adelante. Así, siguiendo a Niebergall se atribuirá el primero de tales intentos a los trabajos de Ernest W. Adams de mediados y finales de la década del 50’[1], un segundo intento se considerará el análisis ofrecido por Wolfgang Balzer a inicios de los 80’ y, finalmente, se considerará a la versión ofrecida por Wolfgang Balzer, C. Ulises Moulines y Joseph D. Sneed en *An Architectonic for Science* (en adelante *An Architectonic*) como la tercera y más actual caracterización de la noción de reducción desde el marco estructuralista. Una vez presentado este recorrido, se intentará un análisis ulterior acerca de esta última versión que suponga también considerar la condición de reducción en sentido ontológico (MOULINES, 1984) y uno de los más actuales refinamientos del marco conceptual estructuralista como lo es la noción de *subestructura parcial escalonada* (MOULINES, 2011).

## 1 Reducción en el marco estructuralista (1955 en adelante).

A Ernest Adams es posible atribuirle el primero de los intentos por precisar la noción de reducción teórica desde un marco teórico que puede considerarse precursor al estructuralismo. Luego de haber mostrado que es posible la derivación de los axiomas de la mecánica clásica de cuerpos rígidos a partir de los axiomas de la mecánica de partículas, Adams se propuso ofrecer una caracterización de la relación de reducción (ADAMS, 1955; 1959) pero teniendo a la base una concepción de teoría científica distinta a la versión clásica. La propuesta de Adams supone representar formalmente una teoría como un par ordenado conformado por los conjuntos $C$ e $I$. El primero de estos conjuntos, $C$, es el conjunto de todas las entidades que satisfacen los axiomas que establece $T$ y es denominado por Adams como el *conjunto característico*; mientras que $I$ es el conjunto de *modelos pretendidos*.

De acuerdo con Adams, concebir las teorías de este modo, posibilitaría caracterizar más adecuadamente la noción de reducción. Así, sean $T$ y $T^*$ dos teorías tales que $T = \langle C, I\rangle$ y $T^* = \langle C^*, I^*\rangle$, podrá afirmarse que $T$ es reducida por $T^*$ a partir de una relación de reducción R siempre que se cumplan las siguientes dos condiciones necesarias:[2]

1A. Para todo $c^*$ y $c$, si $c^*$ está presente en $C^*$ y $c\mathrm{R}c_*$, entonces $c$ está presente en $C$.

---

[1] Si bien Nierbergall menciona a los trabajos de Adams como primeros intentos por precisar la noción de reducción en el marco estructuralista, sería más apropiado en todo caso considerarlos como trabajos precursores o anticipatorios del análisis estructuralista de la reducción. Dado que se considera al libro de J. D. Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, de 1971, como la primera publicación de la concepción estructuralista.

[2] En realidad, estas dos condiciones consideradas a la par de otras postuladas previamente (1955) establecerían para Adams condiciones necesarias y suficientes para la reducción (ver NIEBERGALL, 2002, p. 150).

$2_A$. Para toda *i* presente en *I*, existe un *i** presente en *I** tal que *i*R*i**.

Con el primero de tales requisitos se exige que $T$ y $T$* estén relacionadas a través de sus marcos conceptuales, mientras que la condición $2_A$ exige que la correlación se dé también a nivel de los sistemas pretendidos en el sentido de que todo modelo pretendido de $T$ tenga un correlato en $T$*.

Posteriormente, ya desde un marco estructuralista, Balzer (1982; 1985) ofrece una nueva propuesta para caracterizar la noción de reducción. La manera de representar formalmente una teoría empírica, sin embargo, se ha actualizado respecto de aquel tuplo $T = \langle C, I \rangle$ que proponía Adams. Ahora una teoría empírica puede ser identificada mediante un 5-tuplo. Toda teoría empírica $T$ es una estructura conformada por los siguientes conjuntos: $M_p$ es denominado la clase de los *modelos potenciales* y está conformado por todos aquellos sistemas que pueden ser subsumidos bajo el marco conceptual que propone $T$; $M$ es la clase de los *modelos* a la cual pertenecen todos aquellos sistemas que además de poder ser subsumidos bajo el marco conceptual de la teoría satisfacen las leyes de $T$; el conjunto $M_{pp}$ es la clase de los *modelos potenciales parciales* y se constituye por todos aquellos sistemas que pueden ser descriptos por el vocabulario no teórico respecto de $T$; el conjunto $Q$ reúne a todas aquellas condiciones que expresan conexiones reales y/o conceptuales entre diferentes aplicaciones de la teoría; y, por último, $I$ es el conjunto conformado por todas las *aplicaciones intencionales* de $T$.

De acuerdo con la representación ofrecida por Balzer para una teoría empírica, la noción de reducción puede ser caracterizada del siguiente modo:

Sean $T$ y $T$* dos teorías tales que $T = \langle M_p, M, M_{pp}, Q, I \rangle$ y $T^* = \langle M_p^*, M^*, M_{pp}^*, Q^*, I^* \rangle$, podrá afirmarse que $T$ es formalmente reducible a $T$* a partir de una relación de traducción $\rho$ siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

$1_B$. Existe una relación global de traducción $\rho$ la cual es un subconjunto del producto cartesiano entre $M_p$ y $M_p^*$.

$2_B$. Para cada $x$ presente en $M$, existe un $x^*$ presente en $M^*$ con $x\rho x^*$.

$3_B$. Para todo $x$, $x^*$, si $x\rho x^*$ y $x^*$ está presente en $M^*$, entonces $x$ está presente en $M$.

$4_B$. Para cada $y$ presente en $I$, existe un $y^*$ presente en $I^*$ con $y\hat{\rho}y^*$.

Las condiciones $1_B$ a $3_B$ se corresponden a la primera de las exigidas en la caracterización de Adams. Es decir, son aquellas que permiten precisar con más detalle de qué modo ambas teorías están vinculadas a partir del marco conceptual ($1_B$) y la condición de derivabilidad de las leyes ($2_B$ y $3_B$). La condición $4_B$ se corresponde a la segunda de las condiciones exigidas para la reducción en la caracterización de Adams. Sin embargo, supone pasos inferenciales intermedios. En primer lugar, Balzer considera una función de restricción $r$ a partir de la cual para cada modelo $y$ perteneciente a la clase de los modelos parciales de una teoría existe un $x$ perteneciente a la clase de los modelos potenciales tal que $r(x) = y$. En segundo lugar, Balzer define una relación de traducción $\hat{\rho}$ entre las clases de modelos potenciales parciales de $T$ y $T^*$ a partir de afirmar que dos modelos parciales $y$ e $y^*$ pertenecientes a las teorías en cuestión se vinculan mediante la relación $\hat{\rho}$ si y sólo si existen dos modelos $x$ y $x^*$, pertenecientes a la clase de los modelos potenciales de $T$ y $T^*$, respectivamente, y se da que $x \rho x^*$, $r(x) = y$ y $r^*(x^*) = y^*$; es decir, si y sólo si los modelos parciales en cuestión son el resultado de aplicar la función de restricción sobre modelos potenciales de las teorías involucradas y, además, entre estos modelos potenciales se da una relación de traducción $\rho$. Por último, la mención a la clase $I$ en la condición $4_B$ está justificada a partir de concebir a ésta como un subconjunto de la clase de los modelos parciales.

Por último, la más actual de las versiones estructuralistas de la noción de reducción hasta ahora es la ofrecida en 1987 por Balzer, Moulines y Sneed en *An Architectonic*. Una teoría empírica puede ser identificada, en esta actualización del marco teórico estructuralista, mediante un “elemento teórico idealizado”. Todo elemento teórico idealizado consiste en una estructura en la cual se reconocen todas las clases ya presentes en la conceptualización de Balzer –$M_p$, $M$, $M_{pp}$, $Q$ (que ahora se designará como la clase $GC$, por *global constraint*) e $I$– y a las cuales se le agrega el conjunto $GL$ (*global link*) que reúne a todas aquellas conexiones que representan transferencia de información entre teorías distintas.

La noción de reducción propuesta en *An Architectonic* puede ser caracterizada del siguiente modo:

> Sean $T$ y $T^*$ dos teorías tales que $T = \langle M_p, M, M_{pp}, GC, GL, I \rangle$ y $T^* = \langle M_p^*, M^*, M_{pp}^*, GC^*, GL^*, I^* \rangle$, podrá afirmarse que a partir de una *relación de reducción*

$\rho$, *T** reduce directamente a *T* (*T* es reducida por *T**) siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

$1_{BMS}$. Existe una relación global de reducción $\rho$ la cual es un subconjunto del producto cartesiano entre $M_p^*$ y $M_p$.

$2_{BMS}$. El rango de la función $\rho$ es la clase $M_p$.

$3_{BMS}$. Para todo $x^*$, $x$, si $x^*\rho x$ y $x^*$ está presente en $M^*$, entonces $x$ está presente en $M$.

$4_{BMS}$. Para todo $X^*$ que sea subconjunto del dominio de $\rho$, si $X^*$ pertenece a la clase $GC^*$, entonces $\overline{\rho}(X^*)$ pertenece a la clase $GC$.

$5_{BMS}$. Para todo $x^*$, $x$, si $x^*\rho x$ y $x^*$ está presente en $GL^*$, entonces $x$ está presente en $GL$.

$6_{BMS}$. Para todo $y$ presente en $I$, existe un $y^*$ presente en $I^*$ y un par $x$, $x^*$ tales que $x^*\rho x$, $\mathbf{r}^*(x^*)= y^*$ y $\mathbf{r}(x)= y$ e $y^*$ está presente en $I^*$.

La primera condición establece simplemente que ambas teorías están "globalmente correlacionadas" a nivel de sus marcos conceptuales. La segunda condición precisa el sentido en que esa relación se da. La condición $3_{BMS}$ expresa la condición de derivabilidad de las leyes. Las condiciones $4_{BMS}$ y $5_{BMS}$ expresan la compatibilidad de la relación de reducción con la clase de las condiciones de ligadura y los vínculos interteóricos. La condición $6_{BMS}$ se corresponde con la condición $4_B$ en la versión de Balzer.

A partir de un el análisis formal de estas versiones estructuralistas para la reducción, Niebergall (2002) concluye que es posible (a partir de las condiciones formales para $\rho$) obtener teoremas matemáticos que podrían poner en duda algunas de las definiciones de reducción estructuralista. Si bien advierte que ello no constituye por sí solo argumento suficiente para afirmar que toda versión estructuralista de la relación de reducción es inadecuada; ni tampoco para negar los méritos que podría tener el intento de precisar esta noción desde un marco modelo-teórico como el estructuralista. Aun así, sus resultados le permiten afirmar que en estos intentos por precisar la noción de reducción persiste aun cierta debilidad general. Niebergall reconoce, sin embargo, algunas propuestas bien encaminadas para establecer condiciones adicionales que pudieran revertir este rasgo de debilidad (NIEBERGALL, 2002, pp. 155-156). Entre esos intentos, Niebergall se refiere a la condición adicional planteada por Moulines (MOULINES, 1984). Ciertamente, Moulines había advertido esa insuficiencia y propuso la condición adicional de reducción ontológica:

> Existe al menos un aspecto adicional de la reducción que es pasado por alto [en el esquema de reducción en términos estructuralistas]. Esto es lo que me gustaría llamar "el aspecto ontológico". Deseo argumentar que, para una imagen completa de una relación reductiva entre dos teorías, hay que tener en cuenta algún tipo de relación entre los dominios respectivos. De lo contrario, cuando somos confrontados con un ejemplo particular de un par reductivo, sentiríamos que todo lo que tenemos es una relación matemática *ad hoc* entre dos conjuntos de estructuras, tal vez por casualidad teniendo las propiedades matemáticas que exigimos para la reducción pero sin decir realmente algo sobre "el mundo". Podríamos tener una relación reductiva entre dos teorías que son completamente ajenas entre sí. (MOULINES, 1984, p. 55)

En la siguiente sección expondremos lo relativo a esta condición ontológica y seguidamente consideraremos una posible reformulación a partir de las recientes actualizaciones del marco conceptual estructuralista.

## 2 Reducción ontológica

En correspondencia con lo que Spector ha llamado "*domian preserving reduction*" y "*domain eliminating reduction*", Moulines distingue dos clases de reducción ontológica a las que ha preferido denominar "homogénea" y "heterogénea".

Moulines caracteriza a la reducción ontológica homogénea como un tipo de relación de identidad a nivel ontológico entre los dominios de las teorías que participan de una relación de reducción. Esta identidad entre dominios puede ser total o parcial. La reducción ontológica homogénea es una relación de identidad total cuando algún dominio base de la teoría reducida es identificado con algún dominio base de la teoría reductora; y es parcial cuando un dominio base de la teoría reducida es identificado con un subconjunto propio de un dominio base de la teoría reductora.

Por otro lado, la reducción ontológica será considerada heterogénea cuando uno de los dominios base de la teoría reducida está relacionado con uno o más dominios base de la teoría reductora de un modo que no implica identificación de elementos.

Un caso tal sería cuando podemos intuir que las unidades ontológicas de una de ambas teorías (en particular, la reducida $T$) se componen de sólo una clase de unidades ontológicas de la otra teoría (la reductora $T^*$). Esto, a su vez, podría implicar que cada uno de los elementos de un dominio base de $T$ se relacionen: a) con un *conjunto* de elementos del dominio base de $T^*$; o bien b) con una *secuencia* de elementos del dominio base de $T^*$. De todos modos, en ninguno de ambos casos se podría afirmar que los elementos de dominios que participan de la relación son idénticos entre sí, siendo más adecuado afirmar entre ellos una correspondencia. Es este vínculo de correspondencia supuesto lo que hace pensar en la necesidad de una función específica que, junto a otros elementos, permita caracterizar la relación de reducción. Moulines propone, entonces, una función $\omega$ para cumplir este rol.

Así, si se consideran dos teorías $T$ (reducida) y $T$* (reductora), tales que $T = \langle M_p, M, M_{pp}, GC, GL, I\rangle$ y $T^* = \langle M_p^*, M^*, M_{pp}^*, GC^*, GL^*, I^*\rangle$, y además se concede que cada modelo potencial $x \in M_p\ y\ x^* \in M_p^*$ tiene la forma $x = \langle D_1, \cdots, D_n, A_1, \cdots, A_m, r_1, \cdots, r_p\rangle$ y $x^* = \langle D_1^*, \cdots, D_n^*, A_1^*, \cdots, A_m^*, r_1^*, \cdots, r_p^*\rangle$, una función $\omega$ en tales casos de correspondencia señalados tendría la forma:

a) $\omega: D_i \longmapsto Pot\left(D_j^*\right)$, o bien
b) $\omega: D_i \longmapsto \left(D_j^* \times \cdots^n \times D_j^*\right)$, para $n \in \mathbb{N}$

Además de estos casos de correspondencia, podría esperarse que en casos más complejos de reducción los dominios base de las teorías reducidas se correspondan con varios dominios básicos de la teoría reductora, o con algún/nos subconjunto/s de alguno/s de ellos, o incluso con algún dominio auxiliar. De modo que podrían establecerse relaciones que requieran que la función $\omega$ adquiera alguna de las siguientes formas:

c) $\omega: D_i \longmapsto \left(D_{j_1}^* \times \cdots^n \times D_{j_n}^*\right)$, para $n \in \mathbb{N}$ con $\left\{D_{j_1}^*, \cdots, D_{j_n}^*\right\} \subseteq \{D_1^*, \cdots, D_n^*\}$
d) $\omega: D_i \longmapsto \left(Pot(D_{j_1}^*) \times \cdots^n \times D_{j_n}^*\right)$
e) $\omega: D_i \longmapsto \left(Pot(D_{j_1}^*) \times \cdots^n \times Pot(D_{j_n}^*)\right)$
f) $\omega: D_i \longmapsto \left(D_{j_1}^* \times \cdots^n \times D_{j_n}^* \times A_{k_1}^* \times \cdots^n \times A_{k_m}^*\right)$, con $\{A_{k_1}^*, \cdots, A_{k_m}^*\} \subseteq \{A_1^*, \cdots, A_m^*\}$
g) $\omega: D_i \longmapsto \left(Pot(D_{j_1}^*) \times \cdots^n \times D_{j_n}^* \times Pot(A_{k_1}^*) \times \cdots^n \times A_{k_m}^*\right)$
h) $\omega: D_i \longmapsto \left(Pot(D_{j_1}^*) \times \cdots^n \times Pot(D_{j_n}^*) \times Pot(A_{k_1}^*) \times \cdots^n \times Pot(A_{k_m}^*)\right)$

Todas estas formas de la a) a la h) que pudiera tomar la función $\omega$ dependiendo del grado de complejidad que suponga la relación de reducción quedarían expresadas bajo la siguiente tipificación para dicha función:

$$\overline{\omega}(D_i) \in \tau_i \left( D^*_{j_1}, \cdots D^*_{j_n}, A^*_{k_1}, \cdots, A^*_{k_m} \right)$$

Finalmente, a partir de considerar una función proyección $\Pi$ y la función $\omega$ tipificada como $\overline{\omega}(D_i) \in \tau_i \left( D^*_{j_1}, \cdots D^*_{j_n}, A^*_{k_1}, \cdots, A^*_{k_m} \right)$, lo dicho informalmente acerca de los dos tipos de reducción ontológica puede formalizarse en las siguientes dos definiciones:

<u>Definición de reducción ontológica homogénea</u>

Sean $x$ y $x$* dos modelos tales que $x = \langle D_1, \cdots, D_n, A_1, \cdots, A_m, r_1, \cdots, r_p \rangle$ y $x \in M_p$ y $x^* = \langle D^*_1, \cdots, D^*_n, A^*_1, \cdots, A^*_m, r^*_1, \cdots, r^*_p \rangle$ y $x^* \in M^*_p$; y sean $\Pi_i$y $\Pi_j$ dos funciones proyección tales que $\Pi_i x$ es el *i*-ésimo conjunto base de $x$ y $\Pi_j x^*$es el *j*-ésimo conjunto base de $x$*, se afirmará que $\rho$ es un *vínculo reductivo homogéneo* de T a T* si y sólo si:

1) Para todo $x \in M_p$ y todo $x^* \in M^*_p$ ocurre que $x$*$\rho x$
2) Existe un $i, j \in \mathbb{N}$ con $1 \leq i, j \leq n$ tal que $\Pi_i x$ es el $i$-ésimo conjunto base de $x$ y $\Pi_j x^*$es el *j*-ésimo conjunto base de $x$* y $\Pi_i x \subseteq \Pi_j x^*$.

La condición 1) exige que exista una efectiva relación de reducción entre los modelos potenciales de las respectivas teorías *T* y *T**. Mediante la condición 2) se exige básicamente que exista al menos un dominio básico en los modelos potenciales de *T* que sea subconjunto de un dominio básico presente en los modelos potenciales de *T**.

<u>Definición de reducción ontológica heterogénea</u>

Sean $x$ y $x$* dos modelos tales que $x = \langle D_1, \cdots, D_n, A_1, \cdots, A_m, r_1, \cdots, r_p \rangle$ y $x \in M_p$ y $x^* = \langle D^*_1, \cdots, D^*_n, A^*_1, \cdots, A^*_m, r^*_1, \cdots, r^*_p \rangle$ y $x^* \in M^*_p$; sean $\Pi_i$y $\Pi_j$ dos funciones proyección tales que $\Pi_i x$ es el *i*-ésimo conjunto base de $x$ y $\Pi_{j_n} x^*$es el $j_n$-ésimo conjunto base de $x$*, sea $\omega$ una función biyectiva y $\tau_i$ una tipificación se afirmará que $\rho$ es un *vínculo reductivo heterogéneo* de T a T* si y sólo si:

1) Para todo $x \in M_p$ y todo $x^* \in M_p^*$ ocurre que $x^*\rho x$
2) Existe un $i$, $j_1, \cdots, j_n, k_1, \cdots, k_m \in \mathbb{N}$, una función $\omega$ y una tipificación $\tau_i$ tal que $\Pi_i x$ es el $i$-ésimo conjunto base de $x$, $\Pi_{j_1,k_1}x^*, \cdots, \Pi_{j_n,k_m}x^*$son los $j_1, k_1, \cdots, j_n, k_m$-ésimos conjuntos base de $x$* y $\overline{\omega}(D_i) \in \tau_i\left(D_{j_1}^*, \cdots D_{j_n}^*, A_{k_1}^*, \cdots, A_{k_m}^*\right)$ y $\overline{\omega}(\Pi_i x) \in \tau_i\left(\Pi_{j_1,k_1}x^*, \cdots, \Pi_{j_n,k_m}x^*\right)$

La condición 1) exige lo mismo que la primera de las condiciones en la definición de reducción ontológica homogénea. Mientras que en 2) se exige que exista al menos un dominio básico en los modelos potenciales de *T* que pueda correlacionarse con uno o más de uno de los dominios de *T** en alguno de los modos previstos por la función $\omega$.

## 3 Reducción ontológica y subestructuras parciales escalonadas

En años recientes, Moulines ha propuesto un modo de mejorar la caracterización formal de cuatro tipos de desarrollo teóricos en las ciencias empíricas que él mismo distingue en: cristalización, evolución teórica, incorporación y suplantación con inconmensurabilidad parcial. Es con motivo de llevar adelante un tratamiento más adecuado de estas estructuras diacrónicas que Moulines introduce por primera vez en el aparato conceptual estructuralista la noción de *subestructura parcial escalonada* (MOULINES, 2011). A partir del tratamiento que hace de estos desarrollos teóricos valiéndose de las nociones de red teórica y subestructura parcial escalonada, en especial el de la incorporación teórica, Moulines concluye que la relación interteórica de reducción (al igual que la de equivalencia y la de aproximación) puede considerarse un subtipo especial de incorporación:

> No he demostrado formalmente este teorema, pero me parece plausible vistas las nociones en cuestión. La posibilidad de una prueba formal del teorema dependerá, en lo esencial, de la definición de reducción adoptada (pues la equivalencia y la aproximación son "variaciones" de la reducción). El problema estriba en que no existe todavía un consenso (ni entre estructuralistas ni entre no-estructuralistas) acerca de cuál es la elucidación formal más adecuada de la reducción interteórica. Ahora bien, si aceptamos que, sea cual sea la elucidación

> definitiva, un componente esencial de esta será lo que en Moulines (1984) denominé "reducción ontológica", entonces parece que la prueba del teorema será bastante directa, dado que la reducción ontológica se puede definir justamente en términos de lo que aquí llamo "subestructuras parciales escalonadas". (Moulines 2011, p. 24, nota 7)

En lo que sigue, se expondrán las definiciones que ofrece Moulines para precisar la noción de subestructura parcial escalonada y seguidamente se ensayará una versión de la reducción ontológica en términos de dicha noción.

Subestructuras parciales escalonadas

La noción de subestructura parcial escalonada descansa, a su vez, en las nociones de *componente*, *subestructura parcial* y *conjunto escalón*, las cuales son presentadas por Moulines del siguiente modo (MOULINES, 2011, p. 17):

> Sea $S = \langle A_1, \cdots, A_n \rangle$ una estructura con $m$ dominios $D_1, \cdots, D_m$ y $n$-$m$ relaciones (con $n > m$) $R_{m+1}, \cdots, R_n$. Sea $S'$ una estructura. Sea $A$ un dominio o una relación.
>
> Def. D.3.1: $A$ es un *componente* de $S$ ($A \mathrel{\hat{\in}} S$) si y sólo si existe un $i$ tal que $1 \leq i \leq n$ y $A = A_i$

En otras palabras, $A$ es un componente de una estructura siempre que pueda identificarse con algún dominio o relación de dicha estructura.

> Def. D.3.2: $S'$ es una *subestructura parcial* de $S$ ($S' \mathrel{\hat{\in}} S$) si y sólo si para todo $A'$ que sea componente de $S'$, existe al menos un $A$ tal que $A$ es componente de $S$ y $A' \subseteq A$.[3]

Es decir, para que una estructura sea subestructura parcial de otra es necesario y suficiente que todos sus componentes (sean estos dominios o relaciones) se identifiquen total o

[3] La definición original que aparece en Moulines 2011 de subestructura parcial afirma que $S'$es una *subestructura parcial* de $S$ ($S' \mathrel{\hat{\in}} S$) si y sólo si todo $A$ que sea componente de $S'$es también componente de $S$. Sin embargo, en conversaciones personales Moulines ha preferido modificarla por aquella mencionada en el texto dado que, considerando la definición de "ser componente", esa definición resulta demasiado fuerte para captar la noción de subestructura.

parcialmente con al menos uno de los componentes de aquella respecto de la cual es subestructura.

Para definir la noción de conjunto escalón, Moulines establece previamente una operación conjuntista, $\Theta$, consistente en aplicar sucesivamente un número finito de veces las operaciones "*Pot*" y "$\times$" (conjunto-potencia y producto cartesiano) a cierto/s conjunto/s previamente dados comenzando siempre por *Pot*. De modo que:

Def. D.3.3: $A$ es un *conjunto-escalón* sobre $B_1, \cdots, B_m$ si y sólo si $A \in \Theta(B_1, \cdots, B_m)$.

De un modo más simple, $A$ es conjunto-escalón sobre ciertos conjuntos $B_1, \cdots, B_m$ siempre que $A$ sea uno de los n-tuplos resultantes de la operación $\Theta$ sobre $B_1, \cdots, B_m$; es decir, siempre que $A$ sea un n-tuplo cuyos elementos sean alguno de los conjuntos $B_1, \cdots, B_m$, algún subconjunto de $B_1, \cdots, B_m$, o el conjunto vacío (dado que la operación $\Theta$ supone aplicar producto cartesiano y conjunto-potencia).

Finalmente, teniendo a la base las definiciones anteriores, la noción de subestructura parcial escalonada se define mediante:

Def. D.3.4: $S$ es una *subestructura parcial escalonada de* $S^*$ ($S\ \eta\ S^*$) si y sólo si para toda $S_i$ que sea subestructura parcial de $S$, existe al menos una $S_k^*$ que es estructura parcial de $S^*$ tal que $S_i$ es un conjunto escalón sobre $S_k^*$ ($S_i \in \Theta(S_k^*)$).

Es decir, una estructura $S$ será considerada subestructura parcial escalonada de otra $S^*$, siempre que toda subestructura parcial suya pueda ser considerada uno de los elementos del conjunto resultante de aplicar la operación $\Theta$ sobre alguna subestructura parcial de $S^*$.

### 3.1 Reducción ontológica en términos de subestructuras parciales escalonadas

En el análisis informal de la reducción ontológica homogénea, se la caracterizaba como un tipo de relación de identidad a nivel ontológico entre los dominios de las teorías que participan de una relación de reducción, la cual a su vez podía ser total o parcial. Dicha relación de identidad es considerada total cuando algún dominio base de la teoría reducida es identificado con algún dominio base de la teoría reductora; y es parcial cuando un dominio base de la teoría reducida es identificado con un subconjunto propio de un dominio base de la teoría reductora.

Ahora bien, la reducción es una relación establecida a nivel de los modelos potenciales y, en términos formales, todo modelo potencial $x$ es una estructura ( $x = \langle A_1, \cdots, A_n \rangle$ con $m$ dominios $D_1, \cdots, D_m$ y $n$-$m$ relaciones (con $n \geq m$) $R_{m+1}, \cdots, R_n$). Así, se sigue inmediatamente que un conjunto determinado $D_i$ es un dominio básico en los modelos potenciales de una teoría si y sólo si $D_i \,\hat{\in}\, x$. Por otro lado, tal como Moulines lo hace notar, cualquier conjunto que sea componente de una estructura $S$ puede ser considerado trivialmente como una subestructura parcial de $S$, dado que todo conjunto $A$ puede ser convertido trivialmente en una estructura $\langle A, \emptyset \rangle$, donde $\emptyset$ es la relación vacía. De manera que todo dominio básico $D_i$ que sea componente de un modelo potencial $x$, puede ser trivialmente considerado una subestructura parcial de éste. A su vez, $D_i$ podrá ser considerado un conjunto-escalón sobre otro u otros dominio/s perteneciente/s a otra teoría, digamos $D_j^*$, siempre que $D_i$ sea uno de los pares ordenados resultante de la operación $\Theta$ sobre $D_j^*$; es decir, siempre que $D_i$ sea un par ordenado cuyos elementos del par sean $D_j^*$, o bien un subconjunto de que $D_j^*$, o incluso el conjunto vacío[4].

De modo que, formalmente hablando, para que la relación de identidad (total o parcial) mencionada antes se cumpla, lo único que parecería requerirse respecto a los dominios es que $D_i \in \Theta(D_j^*)$; dado que si $D_i \subseteq D_j^*$, entonces $D_i$ es conjunto-escalón sobre $D_j^*$. A su vez, visto que los dominios $D_i$ y $D_j^*$, en tanto que componentes de los modelos, pueden considerarse trivialmente como subestructuras parciales de éstos, la definición de la relación de reducción ontológica homogénea en términos de subestructuras parciales escalonadas podría tomar la siguiente forma:

Sean $x$ y $x^*$ dos modelos tales que $x = \langle D_1, \cdots, D_n, A_1, \cdots, A_m, r_1, \cdots, r_p \rangle$ y $x \in M_p$ y $x^* = \langle D_1^*, \cdots, D_n^*, A_1^*, \cdots, A_m^*, r_1^*, \cdots, r_p^* \rangle$ y $x^* \in M_p^*$, se afirmará que $\rho$ es un *vínculo reductivo homogéneo* de T a T* si y sólo si:

1) Para todo $x \in M_p$, existe un $x^* \in M_p^*$ tal que $x^* \rho x$ y $x \eta x^*$.

[4] Considerando la definición de conjunto escalón, sería formalmente posible que uno de los elementos del n-tuplo sea el conjunto vacío. Sin embargo, para que el análisis de una reducción ontológica en particular se ajustara a este escenario formal, deberíamos contar con un caso de supuesta reducción ontológica en el que a uno de los dominios de la teoría reducida no le correspondiera ningún dominio en la teoría reductora. Aunque seguramente resultaría discutible considerar un caso tal como un caso genuino de reducción ontológica, no sería menos interesante analizar cómo conceptualizar esa relación.

Esta definición, sin embargo, resultaría más fuerte de lo necesario. Dado que, para que la reducción ontológica se cumpla se estaría exigiendo que la relación de identidad se cumpla para todos los dominios de los modelos de $T$, pues eso se desprendería del hecho de que $x$ debe ser subestructura parcial escalonada de $x^*$; es decir, que toda subestructura de $x$ debe ser conjunto-escalón sobre alguna subestructura de $x^*$.

Alternativamente, la definición de la reducción ontológica homogénea más apropiada para capturar la caracterización informal de dicha relación en estos términos podría prescindir de la noción de subestructura parcial escalonada, pero hacer uso de la noción de conjunto-escalón. Esta versión conllevaría modificar mínimamente la segunda condición en la definición dada originalmente por Moulines por esta:

2') Existe un $i, j \in \mathbb{N}$ con $1 \leq i, j \leq n$ tal que $\Pi_i x$ es el $i$-ésimo conjunto base de $x$ y $\Pi_j x^*$es el $j$-ésimo conjunto base de $x^*$ y $\Pi_i x \in \Theta(\Pi_j x^*)$.

En lo que respecta a la reducción ontológica heterogénea, cualquiera sea el grado de complejidad que suponga la correspondencia entre los dominios para la relación de reducción podría ser capturada mediante una función que tome la forma:

$$\omega: D_i \longmapsto \Theta\left(D^*_{j_1}, \cdots, D^*_{j_n}, A^*_{k_1}, \cdots, A^*_{k_m}\right)$$

De manera que, la definición de la reducción ontológica heterogénea en estos términos conllevaría simplemente modificar la condición 2) original por:

2') Existe un $i$, $j_1, \cdots, j_n, k_1, \cdots, k_m \in \mathbb{N}$, una función $\omega$ tal que $\Pi_i x$ es el $i$-ésimo conjunto base de $x$, $\Pi_{j_1,k_1} x^*, \cdots, \Pi_{j_n,k_m} x^*$son los $j_1, k_1, \cdots, j_n, k_m$-ésimos conjuntos base de $x^*$ y $\omega(\Pi_i x) = \Theta\left(\Pi_{j_1,k_1} x^*, \cdots, \Pi_{j_n,k_m} x^*\right)$.

## Conclusiones

Lo presentado hasta aquí supone ser conclusiones parciales acerca de la posibilidad de mejorar la definición de reducción ontológica a partir de un reciente refinamiento del aparato conceptual estructuralista. En tanto que parciales deben seguir analizándose. Son varias las cuestiones que pueden considerarse líneas de investigación que se desprenden de lo visto en el presente trabajo; las mismas serán el punto de partida para análisis futuros.

**REFERENCIAS**

ADAMS, E. **Axiomatic foundations of rigid body mechanics**. Ph. D. Dept. of Philosophy, Stanford University, 1955.

ADAMS, E. The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of its Laws from Those of Particle Mechanics. En HENKIN, L.; SUPPES, P. & A. TARSKI (eds.). **The Axiomatic Method**. Amsterdam: North-Holland, 1959, pp. 250-265.

BALZER, W. **Empirische Theorien: Modelle, Strukturen, Beispiele**. Vieweg, Braunschweig, 1982.

BALZER, W. Incommensurability, Reduction and Translation. **Erkenntnis**, v. 23, n. 3, pp. 255-267, 1985.

BALZER, W.; MOULINES, C. U. & J. D. SNEED. **An architectonic for science. The structuralist program**. Dordrecht: Reidel, 1987.

BUTTERFIELD, J. Emergence, Reduction and Supervenience: A Varied Landscape. **Foundations of Physics**, v. 41, n. 6, pp. 920-959, 2011a.

BUTTERFIELD, J. Less is Different: Emergence and Reduction Reconciled. **Foundations of Physics**, v. 41, n. 6, pp. 1065-1135, 2011b.

DÍEZ, J. A. & C. U. MOULINES. **Fundamentos de filosofía de la ciencia**. 3ra ed. Barcelona: Ariel, 2008.

DIZADJI-BAHMANI, F.; FRIGG, R. & S. HARTMANN. Who is Afraid of Nagelian Reduction? **Erkenntnis**, v. 73, n. 3, pp. 393-412, 2010.

KEMENY, J. G. & P. OPPENHEIM. On Reduction. **Philosophical Studies**, v. 7, n. 1-2, pp. 6-19, 1956.

MOULINES, C. U. Ontological Reduction in the Natural Sciences. En BALZER, W.; PEARCE, D. A. & H. J. SCHMIDT (eds.). **Reduction in Science: Structure, Examples, Philosophical Problems**. Dordrecht: D. Reidel, pp. 51-70, 1984.

MOULINES, C. U. Cuatro tipos de desarrollo teórico en las ciencias empíricas. **Metatheoría**, v. 1, n. 2, pp. 11-27, 2011.

NAGEL, E. The Logic of Reduction in the Sciences. **Erkenntnis**, v. 5, n. X, pp. 46-52, 1935.

NAGEL, E. The Meaning of Reduction in the Natural Sciences. En STOUFFER, R. C. (ed.). **Science and Civilization**. Madison: University of Wisconsin Press, pp. 99-135, 1949.

NAGEL, E. **The Structure of Science. Problems in the Logic of Explanation**. New York: Harcourt, Brace & World, Inc., 1961.

NIEBERGALL, K.-G. Structuralism, model theory and reduction. **Synthese**, v. 130, n. 1, pp. 135-162, 2002.

VAN RIEL, R. & R. VAN GULICK. Scientific Reduction. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (Spring 2019 Edition), ZALTA, E. N. (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/scientific-reduction/>.