

Articulación entre simulaciones, modelos y experimentos

Pío García - Marisa Velasco

Universidad Nacional de Córdoba

Abstract

En este trabajo avanzaremos en la elucidación de los procesos de articulación entre modelos, simulaciones y experimentos en las prácticas científicas contemporáneas. Defenderemos que la articulación es una característica central de las prácticas de simulación, que resulta indispensable para dar cuenta tanto del rol de las simulaciones como para realizar una evaluación epistémica y metodológica de sus resultados. Para esta tarea será necesario retomar parte de la bibliografía filosófica reciente sobre simulaciones computacionales a fin mostrar qué aspectos de la articulación son parte de estas caracterizaciones y qué aspectos (así como sus consecuencias) quedan invisibilizados en las mismas.

Introducción

El creciente uso de las simulaciones computacionales ha modificado las prácticas científicas en los últimos años y no es una tarea trivial especificar en qué consisten dichas modificaciones o de qué manera analizarlas.

Para algunos filósofos, el aporte de las simulaciones consiste en ampliar el ámbito de lo “tratable” matemáticamente (Cfr. Humphreys 2004). Para otros, las simulaciones han contribuido fundamentalmente a vincular teorías muy diferentes en un contexto de aplicación (Winsberg 2010). Nuestro objetivo en diversos trabajos ha sido identificar y analizar la manera en la cual las simulaciones computacionales colaboran en la producción de conocimiento científico al integrarse con otras prácticas científicas. En particular, hemos defendido que, en diversos contextos científicos, difícilmente pueda darse cuenta de los procesos de generación y validación de conocimiento sin una comprensión del papel de las simulaciones computacionales. Pero a su vez, sostenemos que el papel de las simulaciones computacionales no puede analizarse de forma aislada, sin tener en cuenta los procesos de articulación con otras prácticas. Evidentemente el que se dé esta articulación dependerá del contexto en el cual se construya y se implemente una simulación¹.

¹ En este trabajo vamos a considerar sólo estos tipos particulares de simulaciones.

En el presente trabajo vamos a avanzar en la caracterización de esta noción de articulación contrastándola con la propuesta de otros filósofos de la ciencia. Sugeriremos que la importancia de la noción de articulación, sólo se hace evidente cuando, las simulaciones se estudian en contextos en donde se dan *procesos de construcción* – de modelos, experimentos u otras prácticas. Estos procesos se suelen complejizar en tanto en muchos casos involucran la modificación misma de las simulaciones computacionales. Una forma distinta de resaltar el punto anterior es destacando que, si bien la relación entre *resultados* –nuevamente de diferentes prácticas científicas- constituye un buen indicio de la forma en la cual se retroalimentan las simulaciones con otras prácticas, con la noción de articulación queremos focalizarnos en la vinculación que se da en el *proceso mismo de generación de estas prácticas*.

Organizaremos nuestro trabajo de la siguiente manera: en primer lugar, presentaremos algunas de las formas en las cuales se ha discutido la relación entre simulaciones, experimentos y modelos. Este primer apartado nos servirá para enriquecer nuestra discusión acerca de la noción de articulación y puntualizar las diferencias con otras perspectivas. En segundo lugar, haremos referencia al problema de dónde hacer foco en el análisis de las prácticas científicas. Señalaremos que algunos de los ejemplos tratados por la literatura especializada tienen una riqueza que no ha sido suficientemente explicitada en su reconstrucción filosófica. Este último punto nos servirá para destacar la importancia de presentar, además de una reconstrucción de casos, una propuesta filosófica que ayude a comprender el rol epistémico de las simulaciones. Finalmente, ilustraremos muy brevemente estas ideas con algunos ejemplos.

Filosofía de las simulaciones: experimentos y modelos

En la literatura filosófica se ha discutido extensamente la relación entre simulaciones y experimentos (Guala 2002, Morgan 2008, Parker, Winsberg 2010). Podría suponerse que éste debe ser el ámbito donde plantear la noción de articulación, a partir de nuestra propuesta de destacar la relación entre simulaciones y otras prácticas, como los experimentos. Sin embargo, el tipo de análisis que queremos sugerir no va en la dirección planteada por Guala, Morgan, Parker o Winsberg². Veamos en qué sentido afirmamos esto.

² Al menos en los textos citados

La referencia a los experimentos en la literatura citada se puede describir, a grandes rasgos, de la siguiente manera. Para algunos la comparación entre simulaciones y experimentos tiene como objetivo revelar las consecuencias de una distinción ontológica entre estos. Así, este aspecto ontológico permitiría comprender las diferencias en la confiabilidad del conocimiento generado. Los aspectos *epistémicos* y *metodológicos* se suelen citar en relación – y muchas veces dependiendo de- los aspectos *ontológicos*. Este vínculo no es una característica menor, en tanto que la discusión está centrada en la *identidad* de las simulaciones y los experimentos.

En el contexto de las discusiones mencionadas, también se ha sugerido que la relación entre simulaciones y experimentos se puede comprender a través algún tipo de *sustitución*. Ya sea porque se estima que habría una cierta equivalencia ontológica entre simulaciones y experimentos – una cuestión difícil de defender- o porque habría alguna forma de establecer una paridad en cuanto a *funciones metodológicas* o en sus *creenciales epistémicas*.

Una estructura similar encontramos en la discusión que se focaliza en la relación entre simulaciones y modelos. En una visión extrema, las simulaciones podrían ser vistas como – o reducidas a -un tipo de modelo. Sólo habría que especificar y clasificar qué tipos de modelos estarían involucrados en la construcción, implementación y aplicación de una simulación para dar cuenta de esta práctica. Es más, esta sería una razón por la cual, para algunos, no habría nada nuevo en la discusión acerca de simulaciones (Frigg xxx). Sería sólo una forma distinta de hablar de modelos.

Ahora bien, permítasenos destacar las diferencias que queremos marcar, con un esquema que acentúe algunos aspectos de las perspectivas presentadas. Si bien estos *análisis comparativos* pueden ser importantes para entender determinadas facetas de lo que son las simulaciones, nuestro foco de interés está centrado en la manera en la cual simulaciones, modelos y experimentos se van constituyendo en un proceso de interacción recíproca. Para alcanzar este fin, la perspectiva de *comparación* o de *sustitución* no es, en principio, de ayuda, porque aquí se suele suponer que cada una de estas prácticas adquiere su *identidad* por medio de un proceso cuasi autónomo. Sólo después de haberse constituido como tal, una simulación, un modelo o un experimento puede comenzar a relacionarse con las otras prácticas. Y si bien esta forma de ver las relaciones da cuenta de algunos procesos de construcción de conocimiento científico, tomar a este punto de vista como exclusivo no permite comprender el papel que habitualmente tienen las simulaciones en la producción de conocimiento. Dicha *visión*

restrictiva tampoco permite comprender el vínculo íntimo que hay entre *recursos metodológicos* y *aspectos epistémicos* presente en la integración de estas prácticas – esto es, cuando *efectivamente* se da un proceso de articulación. Una perspectiva acorde con nuestra propuesta exige un cambio en el foco de análisis de las simulaciones y una explicitación de los vínculos entre aspectos metodológicos y epistémicos. Veamos a continuación el primer punto.

Contextos y perspectiva de análisis

Hay algunos filósofos que han sugerido que el primer paso para poder estudiar a las simulaciones convenientemente es explicitando *un punto de vista particular para el análisis filosófico*. A su vez este primer paso se ha complementado con una discusión acerca de la relevancia que tendría la consideración de los *contextos* apropiados. Aquí podríamos citar a Humphreys quien ha sugerido que para comprender el aporte de las simulaciones computacionales a la ciencia contemporánea hay que evaluar el tipo de “*unidad de análisis*” utilizada para la indagación filosófica. La *plantilla computacional* es la unidad de análisis propuesta por este filósofo. Así como otras perspectivas filosóficas se han centrado o en las teorías o en los modelos o en los paradigmas, dice Humphreys, la filosofía de las simulaciones – más en general la filosofía de la ciencia computacional- debería considerar a las plantillas computacionales.

La propuesta de Humphreys acerca de las plantillas computacionales está vinculada con la relevancia de los *contextos* que se consideran. Los tradicionales contextos de justificación y de descubrimiento quedarían desplazados, en la propuesta de Humphreys, por el *contexto de construcción y el de ajuste*. Esta es una perspectiva que ha retomado, con otro lenguaje, Winsberg, para identificar y destacar la inclusión de estrategias pragmáticas – por medio de atajos computacionales- en el diseño y ajuste de simulaciones computacionales. La inclusión de los contextos mencionados de construcción y ajuste le permiten a Humphreys presentar algunas de las ventajas de su “unidad de análisis”. Las plantillas computacionales pueden entenderse, entre otras cosas, a partir de un conjunto de supuestos ontológicos y de una “intención original”. El ajuste posterior de las plantillas no es pragmático – en el lenguaje de Humphreys esto quiere decir no arbitrario- debido a la existencia de estos supuestos-guía cristalizados en las plantillas computacionales. Los supuestos ontológicos y las intenciones originales permiten encauzar la modificación de las plantillas cuando su aplicación no es exitosa o cuando su ámbito de aplicación cambia.

Para nuestra propuesta, el *contexto de construcción y ajuste* son aspectos centrales, pero de una manera distinta a la sugerida por Humphreys. Y esta perspectiva distinta está motivada por un cambio en el “foco de análisis”. Nosotros, más que proponer una nueva “unidad de análisis”, queremos cambiar la perspectiva de análisis para caracterizar fenómenos del proceso de construcción de simulaciones que no suelen mostrarse con otras perspectivas – o cuando se adopta un punto de vista más abstracto como el propuesto por Humphreys. Este cambio parece algo menor – en relación con una propuesta de unidad de análisis- pero tiene consecuencias importantes en el tipo de problemas que pasa a formar parte de la investigación filosófica de las simulaciones computacionales. Como decíamos al final de la sección anterior, nos interesa no sólo el proceso por el cual se construye una simulación, sino el papel que suele tener, en este proceso, la relación con otras prácticas, como la experimentación o la modelización. El que esta relación haya sido vista como un proceso *posterior* de ajuste, no deja lugar a un análisis de la riqueza que está contenida en el *trabajo metodológico* y de *ponderación epistémica que conduce construcción de las simulaciones*.

En este punto hay que destacar que estas cuestiones han aparecido en la presentación de casos por parte de filósofos. En ejemplos discutidos en artículos recientes por parte de Nancy Nersessian (CITA) se pueden ver algunos de los aspectos que queremos señalar con la noción de articulación. No es casual que estas cuestiones aparezcan cuando, como en el caso del artículo de Nersessian, se siga una metodología de análisis de inspiración etnográfica para la investigación de un proceso de construcción y ajuste de hipótesis. Como se ha dicho a propósito de otras discusiones filosóficas, muchas veces las relaciones constitutivas y las cuestiones procesuales/metodológicas de los contextos de indagación quedan invisibilizadas en la publicación final de un *paper* científico.

Por esta razón la adopción de un punto de vista adecuado, aunque en este caso parezca en principio trivial, tiene consecuencias de peso para el tipo de análisis filosófico que se pretenda hacer.

Si bien no es nuestra intención aquí presentar un análisis de casos, permítasenos ilustrar algunas de estas ideas con ejemplos esquemáticos. De paso esta presentación breve nos va a permitir aclarar en qué sentido vemos un vínculo estrecho entre recursos metodológicos y epistémicos.

Aspectos metodológicos y epistémicos

Decíamos más arriba que estábamos interesados en caracterizar instancias de nuestra propuesta de articulación. Una de las formas en las cuales se pueden explicitar recursos metodológicos -en un contexto de construcción- es a través de la identificación de las estrategias pertinentes. Nos referimos aquí a estrategias de búsqueda, de exploración o de indagación habitualmente utilizadas en un contexto de descubrimiento (en ocasiones este tipo de estrategias son llamadas heurísticas). Se podría avanzar, entonces, en la caracterización de una noción de articulación identificando aquellas estrategias que permitan relacionar aspectos metodológicos con los epistémicos³. Con este objetivo, presentaremos algunas instancias puntuales del trabajo llevado adelante por el grupo de investigación de Mariscal, Leiva y colaboradores sobre nanopartículas metálicas.

(Tenemos que destacar y agradecer la ayuda de Alexis Paz, uno de los colaboradores de este grupo de investigación, quien nos ha ayudado a comprender diferentes aspectos del caso citado).

En uno de los *papers* publicados recientemente por este grupo, Mariscal (2011), se elige un tipo de simulación –basada en métodos Montecarlo- que se corresponde con el cariz exploratorio de la investigación. Luego, hay un apartado en donde se tiene especial cuidado en la elección de los parámetros con información experimental relevante. La arquitectura del *paper* está montada sobre la idea de relacionar experimentos con simulaciones. De esta manera, la estrategia general más obvia y evidente que se puede plantear es a partir de la comparación de los *resultados* experimentales y de la simulación. Tal como se dice en las conclusiones de Mariscal de 2011, el ser capaz de “reproducir (por medio de una simulación) un número de morfologías obtenidas experimentalmente” permite a su vez *confiar* en la simulación mencionada. A partir de las conclusiones citadas se podría pensar que la cuestión central, en este tipo de investigación, es *cómo los experimentos pueden validar o garantizar los resultados de una simulación*. Y justamente la literatura filosófica ha reconocido que la ponderación de las credenciales epistémicas de las simulaciones suele ser una de las razones por las cuales se vinculan dichas simulaciones con experimentos.

³ Creemos además que este tipo de análisis permitirá asimismo un enriquecimiento de aquellos aspectos que deberían considerarse para caracterizar a las heurísticas, habitualmente asociadas con contextos acotados de resolución de problemas en psicología e inteligencia artificial.

Pero si cambiamos la perspectiva de análisis se podrían plantear otros tipos de estrategias metodológicas – a partir de la cuales caracterizar una noción de articulación.

Así, por ejemplo, en el artículo de Mariscal 2011, la intención, como ya dijimos, es lograr una mayor *comprensión del proceso de crecimiento* de las nanopartículas metálicas. Pero esta mayor comprensión está ligada, como los mismos autores reconocen, a un objetivo “tecnológico”: lograr un control más adecuado y “reproducible” de la *forma* de dichas nanopartículas. “Control” y “reproducibilidad” son, entonces, los dos valores “tecnológicos” que motivan la investigación. Además, estos valores guían el tipo de estrategia utilizada para los experimentos y las simulaciones, así como la manera en la cual cada una de estas, vistas como procesos y actividades, se va constituyendo. De manera genérica se podría reconstruir una *estrategia metodológica reticular*, que permite identificar *apoyos* – o alguna forma de validación o justificación- e *indicios*, claves o pistas de por dónde seguir la investigación-. Tanto lo primero como lo segundo –*apoyos* e *indicios*- tienen, en principio, un carácter metodológico. Pero a través de esta estrategia reticular *se logra un objetivo epistémico, a saber un proceso plausible de crecimiento de las nano estructuras* – una “mayor comprensión del proceso” en palabras de los autores. Esta estrategia se puede caracterizar como “reticular” puesto que la *dirección* o el *sentido* del “apoyo” o de los “indicios” de por dónde continuar, suele variar dependiendo del momento del proceso de articulación.

Un patrón reticular similar que articula experimentos con simulaciones puede verse si ahora la perspectiva cambia al *proceso de investigación más amplio*. Además, este cambio de perspectiva puede mostrar en qué sentido decimos que la dirección del apoyo o de los indicios a seguir pueden cambiar. En principio, es claro el aporte de los experimentos a la confiabilidad de la simulación. La semejanza en los resultados “permite” que se puedan proponer mecanismos de crecimiento de las partículas. Pero una vez logrado este sustento provisorio, el papel de la simulación puede ser otro. La confiabilidad en las simulaciones computacionales logradas por este equipo de investigación motivó la *ampliación* de su campo de aplicación y la *postulación* de otros procesos *distintos*. Mariscal y colaboradores han explorado desde hace tiempo la alternativa de generar nanopartículas metálicas por medio de un proceso alternativo original: los choques. Aquí es importante recalcar, en primer lugar, que el proceso propuesto para la construcción de nanopartículas es muy diferente a lo que se venía

haciendo hasta ese momento –*agregación o acumulación*. En segundo lugar, hay que resaltar que la propuesta de un nuevo proceso de generación de nanopartículas no fue un “salto al vacío” o una *mera* corazonada afortunada. La investigación con estas simulaciones computacionales estaba motivada en el grado de confianza que se tenía en esta herramienta. El paso siguiente era explorar esta alternativa en un espacio experimental. Y efectivamente se pudo construir, experimentalmente, una nanopartícula metálica adecuada por medio de choques (Cfr. Yakaman). Bajo una descripción se podría decir que aquí *las simulaciones motivaron diseños experimentales*. Pero esta descripción dejaría de lado las relaciones de apoyo mutuo y la generación de indicios cruzados entre procesos interventivos y simulaciones. La comprensión generada a partir de estas prácticas y la propuesta tecnológica subsiguiente sólo parece posible a partir de su articulación.

Consideraciones finales

Nuestra hipótesis de trabajo particular, que ha motivado este trabajo, es que la contribución de las simulaciones computacionales debería ponderarse a partir de su incorporación al repertorio de estrategias científicas más tradicionales. Dicho de otra manera: para poder entender el aporte epistémico de las simulaciones computacionales a la investigación científica, al menos en algunas áreas, resulta indispensable comprender antes la *integración metodológica* de estas simulaciones en las prácticas de modelización o de experimentación. En este trabajo hemos llamado a esta integración metodológica “articulación”. Esto es, una estructura de construcción y apoyo reticular en la cual hay una dinámica de interacción entre distintas actividades científicas. Asimismo queremos destacar con este término, que aquellos focos de análisis tradicionales como modelos, experimentos e incluso simulaciones computacionales, se constituyen, en algunos contextos particulares, a partir de una dinámica de interacción previa. No estamos defendiendo una disolución de los límites entre simulaciones, experimentos y modelos, sino que proponemos una visibilización de los procesos, estrategias y recursos metodológicos involucrados en la construcción, justificación y modos de uso de las mencionadas prácticas. Finalmente, queremos destacar que la articulación a la cual nos referimos aparece con mayor claridad cuando, además del *resultado*, incorporamos al análisis *el proceso y las actividades involucradas en la constitución de los modelos, experimentos y simulaciones*.