

El problema de la representación de la naturaleza: las entidades naturales dentro los modelos de experimentación

Mónica María Márquez*

Resumen: Los sistemas de experimentación en laboratorio involucran entidades naturales que son estandarizadas aludiendo a su alta transformación, en sucesivos procesos de purificación y selección (Kohler, 1994). Karin Knorr-Cetina (1999) se refiere a entidades homogéneas singulares llegando a constituir unas totalmente diferentes de aquellas entidades naturales. Márquez (2007) describe esto como un proceso de abstracción donde se reduce la complejidad a características elegidas y como consecuencia son representaciones idealizadas que corresponden a caracteres seleccionados y abstraídos del individuo como tal. Son formas estandarizadas de entidades vivas que tienen una función inferencial: desde los datos obtenidos en el individuo estandarizado en condiciones de laboratorio hacia los organismos que están por “fuera del laboratorio” derivándose datos que serán utilizados en las inferencias. Hans Jorg Rheinberger (1997) afirma respecto al problema de la experimentación y respecto a la representación de la naturaleza, que un modelo de representación sucede a otro, en una cadena que nunca llega a referirse a una realidad natural como tal. Este artículo expone el problema que existe en la representación de la naturaleza que pretende la ciencia. Se concluye que las inferencias que de las teorías se derivan sobre la realidad estarían restringidas por un modelo de representación que es parte de otro modelo dentro del laboratorio y en este sentido no darían cuenta de una realidad natural como referente.

Palabras-clave: representación de la naturaleza; experimentación-laboratorios; entidades naturales; modelos de representación en cadena

The problem of the representation of nature: natural entities within models of experimentation

Grupo Filosofía y Ciencia Episteme Universidad del Valle, Cali, Colombia. E-mail: monikammarquez@gmail.com

Abstract: Laboratory experimentation systems involve standardized natural entities alluding to their high transformation in successive purification and selection processes (Kohler (1994). Karin Knorr Cetina (1999) refers to singular homogeneous entities, coming to constitute in some different of those natural entities. Márquez describes this as a process of abstraction. She claims that to choose characteristics reduces the complexity and thus, idealized representations that correspond to selected and abstracted characters of the individual as such. They are standardized forms of living entities that have an inferential function: from the data obtained in the standardized individual under laboratory conditions to the organisms that are “outside the laboratory”, deriving data that appear in the inferences. Concerning the experimentation and representation of nature, Hans-Jorg Rheinberger (1997) considers that one model succeeds another, in a chain that never refers to a natural reality as such. This article exposes the problem that exists in the representation of nature that science claims. It concludes that the inferences derived from the theories about reality would be restricted by a representation model that is part of another model within the laboratory. In this sense, they would not account for a natural reality as a reference.

Key-words: representation of nature; experimentation-laboratories; natural entities; chain representation models

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas experimentales están conformados desde su concepción epistémica como un aparato de producción de conocimiento que involucra técnicas, instrumentos tecnológicos, personal científico, y seres vivos utilizados en la experimentación como tipos de modelos para inferir lo que ocurriría a una amplia población similar encontrada por fuera del laboratorio.

El caso más típico sería el ratón de laboratorio, utilizado desde hace siglos como uno de los primeros modelos que permitían inferir similitudes respecto al comportamiento del ser humano en muchos aspectos fisiológicos y patológicos, con lo cual se hizo muy popular en la industria farmacéutica por ejemplo, para probar el efecto de fármacos primero en ratones que en humanos, y de esta manera puede tener un porcentaje de seguridad en la aplicación de diferentes componentes químicos que van entrando en los laboratorios de investigación.

Según Angela Creager (2002) los “organismos modelo” han constituido una estrategia de investigación que ha caracterizado en forma

creciente la biología del siglo XX, siendo parte del desarrollo de grandes proyectos tecnológicos como el secuenciamiento del genoma de muchas especies, lo cual ha sido un factor importante para utilizarlos. Sabina Leonelli (2007), enfatiza en que estos han desempeñado un papel epistémico ya que ellos mismos son el objeto de estudio, y a su vez, los productores de información y datos, utilizados para la construcción de modelos y teorías sobre los fenómenos biológicos para elaborar grandes bases de datos “Big data”.

Dada la definición clásica de conocimiento la justificación de estos sistemas modelo descansaría en la validez de los individuos experimentales, parte fundamental pues los individuos que se utilizan para evaluar todo tipo de procesos biológicos construyen un modelo de representación con el que conforma un aparato epistémico que justifica inferencias a partir de los datos que estos individuos proveen en los laboratorios.

2 LA ESTANDARIZACIÓN DE ENTIDADES NATURALES EN EL LABORATORIO

La mosca *Drosophila* es utilizada por sus “genes Hox”, relacionados con patrones de desarrollo en metazoos superiores, genes que han servido para explicar la morfogénesis normal en humanos y algunos defectos de nacimiento (Bier & McGinnis, 2003). En estos casos la inserción dirigida de genes determinados o la selección de ciertas características del organismo, serían las maneras de tal utilización. Para Robert Kohler (1994) los organismos en los laboratorios son parte de lo que llama la “cultura material” de los espacios experimentales. La mosca *Drosophila* es parte esencial en las acciones de rediseño, se construyen objetos distintos, objetos “estándar”, que para el desarrollo de las investigaciones son fundamentales. Además, su propuesta contiene una visión de los sistemas experimentales como aquellos sistemas tecnológicos que transforman los objetos; creándose objetos nuevos en el espacio experimental. Kohler se refiere al rediseño ligado a la modificación material del objeto a través del análisis del caso *Drosophila*, uno de los organismos modelo más importantes a utilizar en el mapeo genético a principios del siglo XX. Encontrar el diseño es un plan de acción que el científico se plantea y sigue de manera ordenada y sistemática para lograr que el objeto final contenga un diseño previamente establecido.

De manera que el proceso comienza con los organismos aun extraídos del espacio afuera del laboratorio experimental, y al ingresar al laboratorio, son una población diversa. Los comportamientos y características fisiológicas en los individuos iniciales muestran un abanico de heterogeneidad en las respuestas, lo cual se evidencia en el proceso de estandarización, que de acuerdo a las características seleccionadas, unos serán eliminados de la población para continuar con cada vez una población más reducida y estandarizada. En este proceso de selección de individuos, la información de la variabilidad de la población representaba antes de entrar al laboratorio se disminuye a unos individuos. El foco está puesto en un solo carácter y en unas pocas características escogidas. Joan Fujimura se refiere a que estabilizar las formas materiales para poder trabajar en el laboratorio implica que: “Esos animales son considerados por tener la misma constitución genética, homogénea”. (Fujimura, 1996, p. 29).

Por otro lado, una consecuencia es que de esta población muchos individuos serán eliminados, morirán algunos, o se descartarán, de manera que la estandarización no es una acción técnica por si sola, sino que implica decisiones del científico para eliminar individuos siguiendo ciertos criterios establecidos. El científico se hará preguntas respecto al fin tecnológico, es decir, el “para qué” del diseño: “La construcción de *Drosophila*, (...) fue como la construcción de cualquier tecnología de laboratorio, involucró una elección de fórmulas de diseños de órganos” (Kohler, 1994, p. 87). De manera tal que Kohler describe este rediseño con ciertas etapas: 1) En primer lugar estaría el rediseño genético, que se realiza a partir de formas silvestres, concebido con un plan que se sigue para insertar genes. 2) En segundo lugar, y como una consecuencia de este plan estaría la modificación física que se genera a partir de reconfigurar el genoma; este rediseño deriva en formas estabilizadas, que serían los organismos estándar (refiriéndose a la producción de un organismo homogéneo y diseñado de acuerdo a los planes de los investigadores). 3) En tercer lugar estaría el fin tecnológico de tales organismos, los cuales no se pueden entender sin el fin para el cual son diseñados. Esto muestra que lo que él llama “organismos estándar” es porque han sido reconstruidos:

Han sido reconstruidos genéticamente a través de generaciones de selección y mejoramiento en criaturas cuya apariencia genética y comportamiento es ampliamente diferente a la de sus ancestros naturales (Kohler, 1994, p. 6)

Lo que plantea aquí Kohler nos lleva a lo que constituye el alejamiento que estos individuos mantenidos en confinamiento tienen respecto a los individuos que están por fuera del laboratorio y hacia los cuales se dirigen las inferencias. Estandarizarlos, son diferentes a los individuos espontáneos que están por fuera del laboratorio y en este proceso de estandarización se va reconfigurando la materialidad de los mimos pasando de un organismo en condiciones controladas de laboratorio, a un individuo modificado en alguna característica que además se va seleccionando, y finalmente, se llega a una población homogenizada. El control, tanto en las condiciones en la experimentación biológica, por ejemplo, que los individuos crezcan a cierta temperatura y humedad, condiciones de alimentación conlleva al grado correspondiente de diferencias en su comportamiento respecto a las poblaciones naturales y espontáneas.

3 DE ORGANISMOS A SUSTANCIAS EN KNORR CETINA

Como lo afirma Karin Knorr Cetina (1999) el laboratorio es un espacio donde sucede el cambio de organismos y los individuos son configurados y reconfigurados, y no exclusivamente cuando son modificados genéticamente, también cuando solo son seleccionados y homogeneizados en sus características a través de eliminación de unos individuos y otros no, como especímenes enrarecidos, que pueden ser entendidos en los procedimientos como el caso de los ratones de laboratorio:

Cientos de razas y subrazas de ratones son etiquetadas en términos de una nomenclatura “estandarizada” que revela detalles de su historia y sus características. (Knorr Cetina, 1999, p. 142)

De manera que una consecuencia de los individuos que son tomados como modelos en el laboratorio caso del ratón de experimentos, se convierten con el paso del tiempo en solo datos acumulativos que llevan a las poblaciones a constituir una homogeneidad en lo que constituyen como productores de respuestas en sus características luego que

son sometidos a experimentos. Son como lo dirá Knorr Cetina esfuerzos por disciplinar a los animales salvajes cuando están en el laboratorio, y esto es precisamente ya la diferencia al nombrarlos, los animales por fuera del laboratorio son animales salvajes, o en estado natural, mientras que los que han permanecido por décadas reproduciendo en las condiciones controladas de un laboratorio, bajo condiciones de temperatura y humedad constantes, se convierten en algo diferente, especímenes enrarecidos que ya incluso no pueden volver a sus estados naturales afuera porque morirían:

Animales a través de estrictos regímenes de mejoramiento y estandarización, son también nuevos tipos de organismos, cosas vivientes nunca consideradas por la historia natural, las cuales ahora tienen el laboratorio como el medio ambiente natural. (Knorr Cetina, 1999, p. 142)

El problema que abre toda esta discusión sobre la estandarización en el laboratorio de animales experimentales es aún más drástico y se traslada al campo de la filosofía, ¿son esas nuevas entidades animales u organismos?

Es decir, en este proceso de ir quedándose solo con algunas características útiles para la investigación, por ejemplo, el color de ojos que tendrá la mosca *Drosophila* después de cada cruce, nos lleva a pensar en que se trata de un proceso de abstracción, un método que nos permite relacionarnos con el conocimiento que puede producir algo, y que finalmente se convertirá en datos.

Para Knorr Cetina se han reducido a cosas, que llevan una etiqueta, un nombre simplificado, y que se han reducido a “esencias genéticas”: “La vida es drásticamente reducida y sujeta a optimización temporal”. (Knorr Cetina, 1999, p. 143).

De manera, de entidades biológicas se va pasando a sustancias, a esencias genéticas, a fragmentos, a cosas distintas a lo que fueron antes en su forma natural, y que el concepto de vida, es reducido a lo que el organismo pueda hacer en el laboratorio, a lo que queremos que haga, tal como una unidad de producción, que engrana en una lógica investigativa que lleva a la construcción de modelos inferenciales de la realidad que ocurre allá afuera del laboratorio a partir de este tipo de abs-

tracciones que se hace de los individuos que permanecen en el laboratorio. En este sentido, Knorr Cetina, se refiere a los organismos como sitios de producción

La estandarización es una actividad que involucra una relación entre las metodologías, instrumentos, técnicas y el organismo, y convierte al individuo biológico una sustancia del mismo:

El ADN y otros materiales genéticos han sido transformados en sustancias aisladas que pueden ser cortadas en fragmentos, analizados, reorganizados y usados como los materiales base para futuros procesos de producción. La noción de “sustancia” se refiere a la materia física de la cual la cosa consiste. (Knorr Cetina, 1999, p. 153)

Son para Knorr Cetina, elementos “idénticos” que son usados como agregados. Las sustancias producidas son “uniformes”. Los productos son uniformes, la heterogeneidad ha sido reducida en un número de aspectos como las unidades producción, en herramientas e instrumentos, en las capacidades científicas, en ciclos recurrentes de producción y purificación:

Por ejemplo, solo un número reducido de clases de unidades de producción—unas pocas razas de bacterias, unas pocas líneas celulares, unas especies de animales, y solo unas pocas razas de estas especies son usadas en el laboratorio. (Knorr Cetina, 1999, p. 154)

Mas lo interesante del enfoque de Knorr Cetina es que todo esto que ocurre en la manera de experimentar y hacer ciencia tiene que ver con el intereses o compromiso con ciertos conceptos que finalmente son los que van a transmitirse en los informes de resultados y los propuestos de las investigaciones, como el concepto de “pureza” que es la condición ideal a la que debe llegar todo experimento en laboratorio para poder ser considerado como fuente confiable de conocimiento que se va construyendo a partir de estas entidades transformadas.

Todo este proceso de abstracción estaría también acorde con la búsqueda de conceptos que en la ciencia son valorados como la pureza, aquello que no es contaminado y que puede representar una esencialidad de lo que sería algo. Knorr Cetina, alude a:

Conceptos que rondan la episteme e intereses de un tipo de conocimiento a estructurar a partir de querer desarrollar individuos y cosas

más puras cada vez: La materia física debe tener varias cualidades: uniformidad, pureza, y existencia de masa. (Knorr Cetina, 1999, p.153)

4 SISTEMAS MODELO E IDEALIZACION COMO UN MODO DE REPRESENTACION DE LA REALIDAD

La manera como se conciben estos individuos utilizados en el laboratorio se transforma en objetos idealizados, que no guardan relación con los individuos en su estado natural. De esta manera describe Hans-Jorg Rheinberger la idealización:

Modelos son para usar el lenguaje de laboratorio objetos “ideales” de investigación en dos aspectos: primero ellos son particularmente bien apropiados para la manipulación experimental. Este es el sentido práctico de ideal. Segundo, ellos son objetos idealizados en el sentido de que ellos son en algunos aspectos, estandarizados, reducidos, purificados, aislados, contractuados, y entidades monofuncionalizadas, que pueden ser sujetos a modificaciones. (Rheinberger, 1997, p. 109)

Se propone que esta idealización entre el individuo inicial y las sustancias o subproductos en los cuales se convierte, constituye un proceso de modelación por abstracción de lo que es el sistema natural. De manera que el modelo de representación funciona por abstracción de caracteres que irán idealizando al objeto o entidad en cuestión en una serie de gradaciones que lo convierte en una abstracción de datos seleccionados finalmente. Estas etapas de abstracción serían: 1) individuos en condiciones controladas de crecimiento, 2) individuos que se les han hecho modificaciones genéticas, 3) poblaciones homogenizadas en relación a una o varias características 4) poblaciones estandarizadas 5) fragmentos de individuos estandarizados tal como (ADN, proteínas etc.) (Márquez, 2007).

En este proceso de abstracción se pasaría de un organismo inicial a uno en el que ya solo están presente caracteres que sirven como datos para extrapolar a otros sistemas naturales: si solo una característica fenotípica interesa, por ejemplo el color de ojos, llega entonces a abstraerse esta característica del total que conforman al individuo o entidad biológica, estamos abstrayendo de la materialidad constituyente solo aquello que nos sirve para hacer inferencias y de tal sería un proceso de abstracción, en una serie de etapas o grados de abstracción

porque si más allá en el sistema modelo interesa ya el ADN mismo que se separa o aísla del individuo como tal, entonces el proceso de abstracción avanza, hasta encontrarnos con cosas, no con entidades.

Lo que es inherente a los laboratorios como todo ese aparato de experimentación y su nivel de correspondencia con los procesos naturales afuera estaría cuestionada de acuerdo al nivel de abstracción al que se hubiese llegado por las mismas metodologías que lo experimental en el laboratorio y la manera de estudiar los fenómenos ha conducido.

Al respecto Knorr Cetina se refiere a esto en términos de las formas que se usan estas entidades biológicas en el laboratorio y el papel que juegan como modelos de representación de realidad:

La clonación incrementa la uniformidad del material base y lo hace disponible en grandes cantidades. Como con la clonación del ADN, los resultados finales de la clonación celular son productos de un sistema de producción. Ellos son cepas analizables, uniformes y purificadas de material. Esos materiales, sin embargo, son usados simultáneamente para derivar información acerca de procesos biológicos “naturales”, de acuerdo con el carácter para lo que sirve como modelo para esos procesos. (Knorr Cetina, 1999, p.150)

Si un sistema biológico que es cerrado en su manera de funcionar como modelo, es decir, al clonar individuos con características deseadas de esta manera sea cada vez más restringido y se seleccionen individuos de esa pequeña población que será utilizada para evaluar una característica, no es posible que se le pida que derive información sobre procesos que ocurren de manera natural en los ambientes y condiciones distintas.

5 RHEINBERGER Y LOS ESPACIOS DE REPRESENTACIÓN

Quando se hace referencia a modelos, y en el caso de los laboratorios a todo tipo de individuos que hacen parte de estos, es una idea común que estamos haciendo una representación como modelo de lo que ocurre en la naturaleza, sin embargo, lo primero que es importante es detenernos en el mismo hecho de lo que significa ser modelo de, lo cual nos conducirá a comprender algo que sucede en estos casos y es que dicha representación constituye cadenas de modelos.

Los modelos son según la sabiduría tradicional una representación de lo que ocurre “allá afuera en la naturaleza”, sin embargo, en los modelos experimentales se llega a una conclusión paradójica. Esto sucede como él lo argumenta por la manera en que construimos los sistemas de representación y la manera como justificamos estos espacios, pues si la naturaleza es aquello que ya en sí mismo ha sido transformado tanto que es un sistema diferente donde las células y partes de estas crecen en fragmentos entonces:

La naturaleza en sí misma llega a ser real, en un sentido científico y tecnológico, como un modelo. Así, “sistemas in vitro” bioquímicos pudieran ser modelos para “procesos in vivo”. (...) la gran necesidad de representación en términos de modelación implica que la evidencia no mediada está excluida. El proceso de modelación es uno de ida y vuelta entre diferentes espacios de representación (Rheinberger, 1997, p. 108).

Una de las consecuencias importantes y que se presenta es que este proceso es que los individuos son menos similares a sus parientes que se encuentran por fuera del laboratorio, entonces ¿Qué tan válidas son pues el sistema de inferencias que se realizan a partir de los datos extractados de los organismos modelo en la experimentación del laboratorio hacia un espacio externo en el cual los organismos son diferentes, de alta complejidad determinada por la relación del organismo y los procesos permanentes de adaptación y cambios con el entorno?

Realizar inferencias sobre fenómenos naturales representa ya un primer problema que aborda Rheinberger (1997) respecto a la naturaleza:

Naturaleza como tal no es un referente para el experimento. Es más un daño. Es un constante intento de intrusión. Si las células son fraccionadas, las células no fraccionadas han sido excluidas del espacio de representación. (Rheinberger, 1997, p. 109)

Los espacios de representación son pues aquellos lugares que elegimos dentro de la construcción de un aparato científico para construcción de conocimiento y en tanto una representación sigue a la otra, de un modelo a otro, se trata como lo dice Rheinberger de una cadena de representaciones que nunca alcanza a esa naturaleza como la realidad última, más bien se trataría de aceptar que siempre estamos haciendo representaciones de algo que pensamos es lo que es la naturaleza, pero

no es así. Los fragmentos que en el laboratorio se mantienen sea proteínas, líneas celulares, de algo que una vez fuera un individuo completo, no estamos haciendo una correspondencia con aquello que se encuentra por fuera de los laboratorios.

Si esto es así, la justificación del conocimiento estaría siendo cuestionada en este tipo de sistemas de representación que son tan utilizados en la ciencia actual como son las ciencias experimentales y de laboratorio. Finalmente, este desplazamiento de la representación quedaría descrito de la siguiente manera:

Consecuentemente, tenemos que concluir que el punto de referencia de un sistema controlado experimentalmente resulta ser otro sistema controlado experimentalmente. El punto de referencia de un modelo es otro modelo. (Rheinberger, 1997, p. 109)

Una consecuencia es que se hacen poco a poco diferentes a los organismos afuera, de manera que como modelos de representación serían no tan excelentes o eficientes modelos, es decir, poco pueden decir ya de cómo ocurren efectivamente los procesos de manera natural o espontánea. Esto para líneas celulares, pero igual para un organismo superior como un ratón, se sigue pidiendo que en algún punto conecte con los procesos reales afuera del laboratorio:

Los biólogos moleculares siempre han mantenido que resultados de sus investigaciones en los sistemas modelo deben en algún punto ser reconectados con los procesos en animales y plantas reales. (Knorr Cetina, 1999, p.151).

De manera pues que se hace referencia al problema de conexión entre estos dos tipos de sistemas, en dos espacios: el experimental y el de afuera del laboratorio, y se supone que el modelo experimental de individuos homogenizados permite hacer inferencias respecto al resto de individuos afuera, pero resulta que allí afuera los individuos están sujetos a otras condiciones. Se trata de poblaciones que están en distintas condiciones y espacios, lo cual profundiza el problema de los modelos de representación científica.

6 CONCLUSIONES

Lo experimental es lo que ocurre en el espacio donde estas entidades naturales están siendo manipuladas y con las que se experimenta.

En estos espacios hacen que las entidades naturales que presentaban variaciones constantes afuera, dentro del laboratorio está la estandarización de una entidad natural, en un conjunto de actividades llevadas a cabo en un laboratorio que pretenden homogenizar los organismos utilizados en la experimentación. La estandarización es pues parte de un conjunto de técnicas, en este caso pertenecientes a las biotecnologías.

Desde esta perspectiva los organismos experimentales, aquellos que se producen en los laboratorios, son objetos de naturaleza diferente, son artificializados, se ha perdido la relación de similitud del organismo natural afuera del laboratorio con su pariente espécimen.

Respecto a las inferencias de los datos de los sistemas modelo a los sistemas naturales y sus fenómenos relacionados, donde la distinción entre dos espacios, a saber, el laboratorio experimental y el espacio externo, describen particulares realidades epistémicas. Fuera del laboratorio las entidades vivientes tienen otras, otras dinámicas relacionales en condiciones de complejidad mayor dada su existencia en un nicho y entorno. Fenómenos naturales estarían cuestionados en su manera de modelarse en el laboratorio.

El problema entonces pasa al problema de la representación y los modelos que utilizamos para establecer inferencias y finalmente para proponer teorías científicas. Si nos damos cuenta estamos tratando con un problema de envergadura porque se trata de definir cual modelo me sirve para proponer ciertas hipótesis que experimentalmente puedan en la ciencia con el experimento proveer nuevo conocimiento científico.

Siendo así, el modelo experimental no abarcaría toda la complejidad de caracteres que los individuos en el exterior del laboratorio estarían presentando. De tal forma, que las inferencias que de las teorías se derivan sobre la realidad estarían restringidas por un modelo de representación que es parte de otro modelo dentro del laboratorio y en este sentido no darían cuenta de una realidad natural como referente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIER, Ethan; MCGINNIS, William. Model organisms in the study of development and disease. Pp: 25-45, *in*: EPSTEIN, Charles J.; ERICKSON, Robert P.; WYNHAW-BORIS, Anthony Joseph

- (eds.). *Molecular basis of inborn errors of development*. Oxford: Oxford University Press. 2003.
- CREAGER, Angela N. H. *The life of a virus: Tobacco mosaic virus as an experimental model, 1930-1965*. Chicago: The University of Chicago Press. 2002.
- FUJIMURA, Joan. *Crafting science: a sociohistory of the quest for the genetics of cancer*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1996.
- KELLER, Evelyn Fox. *Making sense of life: explaining biological development with models, metaphors and machines*. Cambridge, MA.: Harvard University Press. 2002.
- KNORR CETINA, Karin. *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Cambridge: Harvard University Press. 1999.
- KOHLER, Robert E. *Lords of the Fly: Drosophila genetics and the experimental life*. Chicago: The University of Chicago Press. 1994
- LEONELLI, Sabina. *Weed for thought: using Arabidopsis thaliana to understand plant biology*. Amsterdam, 2007. Tesis doctoral. Vrije Universiteit.
- MÁRQUEZ, Monica. Idealization and model organisms. *Memories of the Meeting of the International Society for the History, Philosophy and Social Studies of Biology*. Exeter: ISHPSB. July 25-29, 2007.
- RHEINBERGER, Hans-Jorg. *Toward a history of epistemic things*. Redwood City: Stanford University Press. 1997.

Data de submissão: 11/03/2020

Aprovado para publicação: 01/07/2020