

## RUIDO

## *NOISE*<sup>1</sup>

HUGO LÓPEZ ARAIZA BRAVO  
Universidad Nacional Autónoma de México  
miunone@gmail.com

RECIBIDO: 03/02/2016

ACEPTADO: 15/07/2016

**Resumen:** La ciencia actual hace un uso extensivo de toda clase de instrumentos, herramientas y artefactos. Es necesario hacer un análisis más profundo de esta relación entre la ciencia y la tecnología de la que depende, más allá de la noción de techno-ciencia, que simplemente las une sin explicar los vínculos ni causalidades entre ellas. El concepto de “ruido” –los datos inútiles que resultan estorbos y que se lucha por eliminar desde la instrumentación– es muy útil para el análisis, pues pone de manifiesto la división epistemológica y ontológica que la tecnología hace por la ciencia incluso antes de la interpretación de resultados. En este artículo se explora cómo el ruido evidencia la relación entre tecnología y ciencia y pone en entredicho jerarquías como las que se establecen entre invención y descubrimiento o ingeniero y científico, sugiriendo que quizás ya sea momento de superarlas.

**Palabras clave:** tecnología, ciencia, instrumentación, ruido, descubrimiento, invención, ingeniería.

**Abstract:** Modern science uses extensively a variety of instruments, tools and artifacts. We need to do a more profound analysis of the relationship between science and the technology upon which it depends, well beyond the concept of techno-science, which simply fuses them without properly explaining their links and causalities. The notion of “noise” –the useless data that get in the way and must be eradicated by the instrumentation– is a useful one for such an analysis, since it shows the epistemic and ontological division drawn by technology even before science interprets its results. This article explores how noise puts in evidence the relationship between science and technology, and calls into question such hierarchies as the established between invention and discovery or engineer and scientist, suggesting that it may be time to get them over with.

**Keywords:** technology, science, instrumentation, noise, discovery, invention, engineering.

La ciencia actual no puede prescindir de sus instrumentos. Desde que Galileo inventó su telescopio, la necesidad de instrumentación adecuada para llevar a cabo experimentos y medir sus resultados ha crecido sin otro freno que la

---

<sup>1</sup> Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT clave IN403317 “Epistemología de la tecnología y el desarrollo del conocimiento científico”.

tecnología disponible. En la actualidad, hay proyectos de investigación que no sólo dependen por completo de su instrumentación, sino que han surgido a partir de ella.<sup>2</sup> Esto no es algo que pase desapercibido: al inscribirse a las publicaciones de la American Association for the Advancement of Science, se pide que se especifique con qué instrumentos se trabaja.<sup>3</sup> Es entonces de suma importancia comprender la relación entre la ciencia y la instrumentación, o entre el trabajo que realizan los científicos y sus instrumentos. Para comprender cabalmente esta relación, en este artículo analizaremos lo que se ha dado en llamar el “ruido”.

### **Ruido, interferencia, estática**

El “ruido” en la ciencia no se trata de un sonido incomprensible y molesto, pero se parte de esa analogía. Supongamos que queremos recibir una señal de radio para escuchar un programa específico, pero hay edificios altos en la zona que provocan interferencia. En ese caso, recibiremos un mensaje fragmentado por ruido, en el sentido más llano de la palabra. La señal se quebrará, y de lo que hayamos querido escuchar, tal vez sólo entendamos palabras sueltas, mezcladas con un montón de sonidos ininteligibles. Ahora imaginemos que, como científicos, nuestros experimentos no siempre se realizan en las condiciones ideales. Hay, por así decirlo, edificios altos que interfieren con la señal que queremos recibir. En un laboratorio, se le llama “ruido” a todo lo incomprensible y molesto que recibimos en vez de los resultados esperados.

La solución parece sencilla: hay que deshacernos de esa interferencia. Nos podemos mover a otra parte de la ciudad, en la que haya grandes espacios abiertos; o mejor, podemos subirnos al más alto de esos edificios y así obtener la mejor recepción. Eso en un laboratorio equivale a asegurarse, digamos, de que las muestras y el ambiente estén esterilizados (si se trabaja con material biológico) o de que el área esté aislada de radiación externa (si se trabaja con física de partículas). Pero no siempre podemos huir a un lugar carente de edificios altos que nos estorben. A veces tenemos que quedarnos en casa porque ahí está el radio, o la tele, o estamos atorados en un elevador y acudimos al celular precisamente porque queremos salir de ahí. Los científicos casi siempre están en esa situación. Hay organismos de los que no nos podemos deshacer

---

<sup>2</sup> Un excelente ejemplo de esto es el CERN. Entraremos a detalle en él más adelante.

<sup>3</sup> American Association for the Advancement of Science, Formulario de registro, <[https://pubs.aas.org/Promo/promo\\_setup\\_rd.asp?dmc=P0RFB1](https://pubs.aas.org/Promo/promo_setup_rd.asp?dmc=P0RFB1)>, (2 de octubre de 2013).

porque acabar con ellos conllevaría terminar con nuestra propia muestra, y hay radiación de la que no podemos huir. ¿Qué hacer entonces? Necesitamos el equivalente a mover la antena como enloquecidos o golpear el aparato hasta que se defina la imagen, lo cual implica modificar nuestros instrumentos (o sus parámetros) para que sólo detecten lo que nosotros queremos que detecten.

¿Problema resuelto? No en realidad. El problema apenas está saliendo a la luz. Al hacer la analogía con la señal de radio, televisión o teléfono, dimos algo por hecho: que esperábamos recibir un mensaje. ¿Y quién envía ese mensaje? Alguna persona en una antena lejana que preparó con mucho esmero el programa radiofónico o televisivo, o que está intentando llamarnos por el celular. Es decir, nosotros ya esperábamos obtener algo específico al encender el radio, la televisión o el celular; o por lo menos teníamos una idea bastante clara de cómo debía verse u oírse. ¿Qué pasa en el caso de los científicos? ¿Qué clase de mensaje están buscando? Lo que ellos buscan son resultados. Específicamente, resultados predichos. Y saben discernir entre un resultado correcto y uno incorrecto porque tienen una teoría que predice qué debería y qué no debería suceder bajo ciertas circunstancias. Es decir, saben exactamente qué mensaje quieren recibir; o con una mejor analogía: recorren el mundo moviendo frenéticamente la perilla de su radio, esperando sintonizar la estación que *debería* estar ahí.

### **Teorías y maneras de deshacerse de ellas**

Cuando más arriba dije que los científicos ya saben qué resultados buscan de sus experimentos, entré a un viejo problema tratado desde siempre por la filosofía de la ciencia: el de la contrastación empírica. La ciencia moderna es empírica en el sentido de que idealmente todas las hipótesis de sus teorías sean contrastables con la realidad tangible. A diferencia de la metafísica y gran parte de la filosofía natural que la precedieron, la ciencia moderna experimenta para ver si la teoría en realidad funciona. No depende de la razón ni de una buena argumentación ni de un sistema coherente: depende de si las cosas *en realidad* son así. Y ese “*en realidad*” exige que cualquier persona sea capaz de acceder a los mismos resultados en caso de duda.

La filosofía de la ciencia ha dado varias interpretaciones (o ha intentado normar) a esta exigencia de contrastación empírica. La más notable de ellas es la de Karl Popper, quien bautizó a su teoría “falsacionismo”.<sup>4</sup> Lo que Popper

---

<sup>4</sup> Cfr. Popper, Karl, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.

plantea es que no se puede comprobar definitivamente una teoría. Lo que sí se puede es “falsarla”: demostrar que es falsa. Pretende que todos los experimentos sean diseñados para intentar desbancar las teorías que contrastan (con la esperanza de no lograrlo, claro). De esta forma, en cuanto una teoría sea encontrada culpable de no pasar la prueba que se le imponga, deberá ser desechada.

Basta echar un ojo a cualquier laboratorio para saber que nadie se atiene a la ley de hierro popperiana (incluso basta con recordar los experimentos de la secundaria, que rara vez funcionaban a la perfección): los experimentos fallan todo el tiempo y no vemos una constante renovación de las teorías. ¿Por qué? Porque hay muchas razones para que un experimento no arroje los resultados deseados: 1) puede deberse a un error humano, 2) puede que haya habido una falla en los instrumentos, 3) puede que no se haya realizado bajo condiciones ideales y 4) sí, también puede que la teoría esté equivocada.<sup>5</sup> Críticos posteriores a Popper han hecho notar que los científicos son renuentes a tirar a la basura teorías que hasta entonces habían sido efectivas porque hacerlo tendría consecuencias en otras partes de sus disciplinas: una teoría está conectada con otras y son mutuamente dependientes. Además, apelan a lo que llaman “carga teórica de la observación”, lo que muy simplificado significa que cada uno ve las cosas como la teoría en la que cree dice que deberían verse.

Lo que tienen en común tanto Popper como sus detractores es que ambos ningunean el papel de la instrumentación. Popper pone como único requisito para que una teoría sea falsable el que su falsación sea lógicamente posible.<sup>6</sup> No le preocupa que no haya instrumentos disponibles o que los que haya sean inadecuados para realizar los experimentos requeridos. Quizás asuma que la tecnología eventualmente se pondrá al corriente con la ciencia; como si estuviera atrasada un par de siglos, pero fuera por la misma línea.<sup>7</sup> Sus detractores simplemente ignoran a la instrumentación: al hablar de observación, afirman que ésta se da al interpretar los resultados dados, independientemente de si la observación se haga a simple vista o a través de un microscopio.

---

<sup>5</sup> Para ser justos con Popper, parece que no era ajeno a esta dificultad: Incluso en *The Logic of Scientific Discovery* pide que la falsación sea repetida experimentalmente para ser válida: “Difícilmente nos inducirán a desechar una teoría –por falsada–, unos pocos enunciados básicos esporádicos; pero la daremos por tal si descubrimos un *efecto reproducible* que la refute”. *Ibid.*, p. 83.

<sup>6</sup> “El requisito de que la hipótesis falsadora ha de ser empírica, y, por tanto, falsable, quiere decir exclusivamente que debe encontrarse en cierta relación lógica con respecto a los posibles enunciados básicos; así pues, lo que exigimos atañe sólo a la forma lógica de la hipótesis”. *Idem*.

<sup>7</sup> Quizás también sea porque, como se verá en la nota 21, se dio cuenta del proceder tramposo al que la instrumentación puede prestarse.

Esto es un error no sólo por lo afirmado durante la introducción a este artículo, sino porque de las 4 razones que citamos anteriormente para que un experimento fallara, dos de ellas (la segunda y la tercera) son atribuibles a la instrumentación. Por lo tanto, puede asumirse que buena cantidad de los experimentos fallidos son “arreglados” mediante ajustes en la instrumentación. En estos casos entra en juego el ruido.

### **Instrumentos y lo que hacen por nosotros**

Hasta ahora hemos usado el término “instrumento” de una manera muy libre, asumiendo que todos entendemos lo mismo por esa palabra. Para poder continuar, sin embargo, sería sano hacer ciertas distinciones. Es común, por ejemplo, que todo lo que caiga dentro del término “tecnología”, sea tomado como un instrumento. Así, se entenderían por “instrumentos” algo tan cotidiano como una pipeta, una regla, un termómetro y cosas tan leviatánicas como el telescopio Hubble o el acelerador de partículas del CERN. Además de ser productos de la tecnología, todos ellos son utilizados por científicos en sus investigaciones. Pero no todos son instrumentos. Para aclarar el tema, utilizaremos una terminología que Adrien Barbaresi atribuye a Gilbert Simondon. Él distingue entre “herramienta”, “instrumento” y “aparato”.<sup>8</sup>

La herramienta se entiende como un objeto que funciona como mediador entre su operador y aquello sobre lo que incide. Es un objeto de acción. Su propósito es aumentar las capacidades del operador, funcionando como una extensión de su cuerpo. En los ejemplos anteriores, la pipeta es una herramienta: nos permite realizar una acción (el goteo de una sustancia) de una manera mucho más efectiva que si la hiciéramos con los dedos o con las propias manos.

El instrumento, en cambio, es un objeto que aumenta las capacidades perceptivas. Nos permite o bien detectar datos que de otra manera no podríamos percibir (como un microscopio) o bien medir,<sup>9</sup> como la regla y el termómetro.

---

<sup>8</sup> Cfr. Barbaresi, Adrien, “Denksätze zur Philosophie der Technik”, Hamburg, Easterhegg, 2011, pp. 8-9. Él cita a Simondon, Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier-Montaigne, 1969, pp. 88-89; pero no he encontrado su referencia. Quizá esto se deba a que trabajé con una edición posterior (la de Aubier de 1989). De cualquier manera, la distinción resulta útil y la seguiremos utilizando.

<sup>9</sup> Hay un salto entre percibir y medir. Al percibir simplemente se recibe información cualitativa: el agua está caliente o está fría. También puede haber una comparación: el agua de este vaso está más caliente que la del otro. Al medir, en cambio, esta comparación se da contra un modelo estandarizado: el agua tiene una temperatura de 50°C. Los grados Celsius ya están fijos y sirven como moneda de cambio entre las diferentes temperaturas.

Vale la pena hacer hincapié en el carácter esencialmente activo de una herramienta contrapuesto al de un instrumento, que es más bien pasivo. Querer utilizar un instrumento para algo que no sea recabar datos probablemente producirá el deterioro del mismo (pensemos en utilizar una regla como cuchillo o un termómetro como clavo). Sin embargo, hay que ser cuidadosos: el instrumento sí puede influir en el objeto estudiado. Al introducir un termómetro para saber la temperatura del agua, ya afectó su temperatura, es decir, cambió la característica estudiada (la temperatura del agua). Por otro lado, es difícil imaginar que el telescopio óptico en el Hubble influya en las nebulosas que fotografía.

En último lugar, se encuentra el aparato. Éste sirve también como actor, pero su diferencia radica en que produce un fenómeno. Yo insistiré en que este fenómeno es radicalmente nuevo. Tomemos por caso el motor de Faraday. En 1821, Faraday construyó un aparato que produjo por primera vez lo que ahora se conoce como “rotación electromagnética”. Conectó dos contenedores llenos de mercurio a una batería. En uno puso un imán fijo en el centro y colgó un alambre encima de él, de tal manera que quedara parcialmente inmerso en el mercurio sin tocar el imán. El otro extremo quedaba inmerso en el mercurio del otro contenedor. Ambos contenedores estaban conectados a una batería voltaica, cerrando así el circuito. Al pasar corriente por el circuito, el alambre giraba alrededor del magneto. Este aparato sirvió como fundamento tanto para el motor como para el generador eléctrico. En nuestros ejemplos anteriores, el acelerador de partículas del CERN sería un aparato.

## **Invención y descubrimiento**

En la sección anterior anuncié que defendería que un aparato produce un fenómeno radicalmente nuevo. Continuemos con el motor de Faraday. Lo que hay que preguntarnos es si existe en la naturaleza algo que produzca una rotación electromagnética. Es claro que en nuestra vida cotidiana no encontramos tales cosas: los únicos ejemplos de magnetismo con que contamos son carentes de electricidad (las rocas magnéticas), y los de electricidad carecen de magnetismo (los relámpagos). Si agrandamos la perspectiva, podemos pensar que la Tierra tiene un campo magnético. Y, de hecho, se cree que éste no proviene de una propiedad permanente, como en la magnetita, sino de un efecto dinamo producido por la rotación de materiales ferrosos en estado líquido por debajo de la corteza. Así que no es propiamente un motor de Faraday, sino su contrario: un electroimán. Hay, sin embargo, dos problemas con este caso. El primero, y más

grave, es que esta explicación del origen del campo magnético terrestre se mantiene en hipótesis (si bien es la más aceptada), pues hasta ahora los modelos propuestos no coinciden con los datos. El segundo es que, para que el fenómeno fuera el mismo, el hierro en rotación debería estar electrificado, y no parece haber una fuente eléctrica debajo de la corteza terrestre. Independientemente de estas dificultades, el caso de la Tierra es significativo por otra razón: se propuso esa solución al enigma *después* de que ya existían tanto los motores eléctricos como los dinamos y los electroimanes. La tecnología precedió a la explicación de la naturaleza.

Esta discusión entre si el motor de Faraday produjo un fenómeno nuevo o si simplemente reprodujo –sin saberlo–<sup>10</sup> un fenómeno ya existente puede formularse de otra manera: ¿Faraday *inventó* la rotación electromagnética o la *descubrió*? En el primer caso, Faraday sería el padre del fenómeno: éste se habría generado en su mente y la construcción del motor sería su nacimiento. En el segundo, Faraday sería como Colón: asumió que, dado el conocimiento con el que contaba, si seguía cierto camino iba a llegar a algún lado, y llegó (aunque quizás no exactamente a donde pensaba). Desafortunadamente, no tenemos registro de su propósito, así que no podemos resolver de esa manera la cuestión. Pero hemos sentado un precedente para entrar en una distinción que se antoja problemática: ¿Cuál es la diferencia entre descubrir e inventar?

Hasta ahora tenemos dos propuestas:

1) El *invento* es radicalmente nuevo, mientras que el *descubrimiento* ya estaba ahí –aunque ignorado por los humanos–. En ese sentido, las carabelas no existían en la naturaleza antes de ser inventadas, pero América sí estaba en donde está ahora antes de que Colón la descubriera.

2) El *invento* es ideado por su autor, quien supera ciertas dificultades para su realización; el *descubrimiento* es tan sólo sospechado, a veces incluso surge de manera completamente accidental. Quienquiera que haya inventado las carabelas tuvo planos muy claros acerca de cómo quería su navío, con un propósito acerca de sus funciones; pero Colón se lanzó al poniente esperando encontrar las Indias (y hay que hacer hincapié en su esperanza, que no era certeza), y se le atravesó América.

Cada una de estas distinciones está cargada hacia un lugar diferente. La primera distingue entre invención y descubrimiento a partir del objeto: él era el que existía o no existía. La segunda lo hace a partir del sujeto: su actitud en el momento de la invención o el descubrimiento es lo que define a qué actividad se refiere. La disponibilidad de datos nos empuja a preferir la primera, pues no

---

<sup>10</sup> Porque en eso sí hay consenso: Faraday no estaba intentando replicar nada que ya hubiera visto.

siempre conocemos las intenciones ni los estados mentales de los agentes, por lo que la segunda nos llevaría a la mera especulación. Sin embargo, quiero mostrar que ambas distinciones coinciden, aunque parezcan estar en polos opuestos. Para ello una anécdota.

Un amigo matemático exclamó un día, después de haber trabajado un par de horas sobre sus papeles, que por fin había descubierto una nueva prueba para el teorema en el que se ocupaba. Yo le hice notar que las matemáticas eran un lenguaje como cualquier otro, por lo que decir que se descubría una prueba nueva era tanto como decir que se descubría un poema al escribirlo por primera vez. Él me contestó que claro que los poemas se descubren, pues al trabajar con el lenguaje se cuenta con una cantidad finita de elementos y sólo hay que encontrar la combinación adecuada de ellos. Entonces me di cuenta de que la distinción entre *invención* y *descubrimiento* se hace a partir de una decisión metafísica: el que inventa piensa que su producto no existiría de otra manera (que depende por completo de su inventor), mientras que el que descubre piensa que las posibilidades son finitas (o son infinitas, pero contamos con el tiempo suficiente para probarlas) y por lo tanto todo sucede eventualmente. Es interesante ver cómo la segunda explicación era preferida por un científico, mientras que la primera era la del humanista.

En ese caso, para saber si Faraday descubrió o inventó la rotación electromagnética tendríamos que tomar una decisión acerca de nuestra concepción del mundo. Tal vez incluso no habría que tomarla, sino que diríamos una u otra cosa dependiendo de lo que creyéramos inconscientemente. Esta solución, aunque no es muy satisfactoria, es digna de consideración, como lo veremos más abajo.<sup>11</sup>

## ¿Y el ruido?

No nos hemos salido del tema. Esta pequeña tangente sirve para enriquecer nuestra exposición anterior. Eludamos de momento la cuestión metafísica y, volviendo a los objetos que se utilizan en la investigación científica, digamos que la diferencia entre instrumento y aparato es que el primero descubre y el segundo inventa. En ese caso, para asegurarnos de que la investigación científica nos

---

<sup>11</sup> Además, parece que nos adentramos en otro problema complejo: el de la distinción entre lo natural y lo artificial. Quien opta por la invención cree que los humanos podemos crear cosas independientes de la naturaleza (cree en una diferencia tajante entre lo natural y lo artificial). Quien opta por el descubrimiento cree que los humanos formamos parte de la naturaleza y, por lo tanto, todo lo que lleguemos a crear ya estaba en ella *a priori* (cree que la dicotomía natural-artificial es estorbosa).



mostrará cosas que en efecto están ahí y no cosas que sólo estaban en la mente de los investigadores, la regla de oro debería ser la siguiente: *no usar nunca un aparato como si fuera un instrumento*. De lo contrario, no habría diferencia entre la ciencia moderna y, digamos, el teatro: se idea un argumento, se escribe y se representa; pero eso *nunca* quiere decir que la gente real se comporte como los personajes dramáticos.

¿Cumple la ciencia moderna con esta regla? No. Tomemos nuestro ejemplo de aparato: el acelerador de partículas del CERN.<sup>12</sup> El CERN es una instalación gigantesca, que ocupa territorio en dos países y cuenta con el apoyo económico de otros dieciocho. Fue creado con el propósito de investigar la física de partículas y resolver preguntas sobre cómo era la materia justo después del Big Bang y por qué se comportó de modo que ahora es como es y no de otra manera.<sup>13</sup> El problema es obvio: el Big Bang, en teoría, se dio hace trillones de años, y ya no lo tenemos a la mano como para sacarle una muestra, ponerla bajo el microscopio y resolver nuestras dudas. Si queremos estudiar sus condiciones, tenemos que *recrearlas*. El CERN es, por lo tanto, una simulación. Está construido basándose en las teorías más sólidas de la física especulativa y busca probar sus hipótesis. Se aceleran partículas subatómicas hasta hacerlas colisionar una contra otra y se observa el resultado (más partículas subatómicas, pero diferentes). Así se han logrado producir y observar muchas de las partículas postuladas por la teoría: los antinúcleos, el antihidrógeno, los quarks, los gluones, el bosón de Higgs, etc. Es interesante que la historia del CERN se resume a la historia de los aparatos e instrumentos que ha utilizado: desde los años 50 se ha realizado un proceso de mejoramiento constante, con aceleradores cada vez más poderosos. Al mismo tiempo está la historia paralela de los detectores, pues de nada sirve producir una partícula si no se la puede “observar”. Estos detectores también están basados en la misma teoría, ideados a partir del comportamiento que se espera de las partículas producidas. Entonces, para comprobar o refutar una teoría, se construye un aparato basado en ella, se produce un fenómeno que ella predice y que se detecta con un instrumento diseñado a partir de la teoría misma. ¿No hay ahí una petición de principio? Ciertamente lo parece. Pero lo importante, por el momento, está en la historia de los detectores: mientras más avanzan, mejores son los resultados obtenidos. Esta mejoría se debe a que los nuevos son más sensibles, lo que quiere decir que

---

<sup>12</sup> Por comodidad, a partir de ahora sólo lo llamaré “CERN”, pero hay que tomar en cuenta que el acelerador de partículas no es lo único que ahí se encuentra. Toda la información al respecto fue tomada de <<http://home.web.cern.ch/about>>.

<sup>13</sup> Una de las preguntas básicas, por ejemplo, es por qué la naturaleza prefiere a la materia sobre la antimateria.

muestran cosas donde el anterior no registraba nada.

Y es aquí donde vuelve el ruido a escena. No es completamente cierto que las versiones anteriores no registraran nada; frecuentemente el problema era el contrario, esto es, que registraban demasiado. A veces incluso sucede que la nueva versión, con su sensibilidad aumentada, también registra demasiado. Lo que hay que hacer en esos casos es ajustar el instrumento. Hacer, en otras palabras, que sólo detecte lo que queremos que detecte.

### Las cucharas

Hay un término en la jerga de laboratorio que describe la actividad de manipular el experimento para obtener los resultados deseados: “cucharear”. El que cucharea busca la calificación fácil, o que el patrocinador no le retire los fondos, o la fama súbita por un descubrimiento imposible. Los párrafos anteriores fueron escritos con el propósito de crear ese efecto. En realidad, no es que los científicos del CERN actúen de mala fe; hay que darles crédito a los ciudadanos europeos y la manera en la que cuidan el buen uso de sus impuestos. El problema de fondo no es que sean una superorganización de charlatanes coludida para drenar a la gente de su dinero y construirse juguetes gigantes para divertirse con ellos. Sería demasiado cinismo. El problema es que no siguen la regla de oro arriba propuesta: *no usar nunca un aparato como si fuera un instrumento*. De hecho, la dificultad estriba en que seguirla es mucho más difícil de lo que pensábamos, si no es que imposible (o impráctico).

Habíamos quedado en que un aparato produce un fenómeno nuevo (inventa), mientras que un instrumento simplemente detecta y/o mide un fenómeno existente (descubre). Analíticamente, la distinción funciona, pero un vistazo a la realidad basta para convencernos de que la frontera es porosa. Prescindamos de nuevo de las decisiones metafísicas a las que apelamos al final de la sección “Invención y descubrimiento” y centrémonos en los instrumentos. Davis Baird afirma que lo usual es decir que un instrumento extrae información de una muestra, pero luego pide precaución, pues esa extracción de información (a lo que nosotros llamábamos “detectar” y “medir”) se divide en partes: primero el instrumento interactúa con la muestra, *produciendo un fenómeno* que, posteriormente, el experimentador lee como información.<sup>14</sup> ¿Entonces también los instrumentos producen fenómenos? Eso nos metería en problemas. Probemos

---

<sup>14</sup> Baird, Davis, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, Berkeley, University of California Press, 2004, p. 68.

con nuestros dos ejemplos anteriores: la regla y el termómetro. El método de medición con una regla es sencillo: se la pone al lado de la muestra y se compara la longitud de ésta con la escala dibujada en la regla. No hay nada nuevo ahí, sólo la lectura de quien mide, que es lo que dota de significado al hecho de poner los dos objetos juntos. El termómetro, en cambio, sí presenta una novedad: la escala dibujada en él no se lee por sí misma. Si así fuera, todas las reglas servirían como termómetros, sólo sustituyendo centímetros por grados. Pero no es así, ya que antes de poder hacer la lectura, el termómetro tiene que convertir la temperatura en longitud. Lo que se lee en la escala es la longitud alcanzada por el mercurio dilatado. Entonces, la dilatación del mercurio nos sirve como fenómeno intermediario entre el fenómeno estudiado y la lectura. Ahora bien, así formulada, la sustitución de un fenómeno por otro suena bastante irresponsable, pero hay que reconocer que se eligió la dilatación del mercurio por una serie de características que la hacían confiable.<sup>15</sup> De todos modos tenemos que el termómetro no se limita a compararse con la muestra para medir (como lo hace la regla), sino que produce un fenómeno. La pregunta entonces es si esta característica lo convierte en aparato.

Había defendido que el fenómeno producido por un aparato es radicalmente nuevo. Hay que ver si el mercurio se dilata fuera del cautiverio. La respuesta es que sí. De hecho, todas las cosas se dilatan, simplemente se eligió el mercurio por su fiabilidad. Aunque es cierto que no vemos charcos de mercurio dilatándose y contrayéndose al salir a pasear por el parque, sabemos que eso es algo que el mercurio hace por sí solo.<sup>16</sup> *Mutatis mutandis*, es fácil entonces imaginar la defensa del CERN: si hay partículas elementales colisionando en algún lugar del universo, o que lo hicieron al principio de los tiempos, ¿por qué no recrearlo en un laboratorio, donde todo es más controlado y medible? Sería como meter el mercurio en su jaula de vidrio previamente graduada: tomamos un fenómeno que sabemos de antemano que funciona y lo controlamos de tal manera que podamos extraerle información. Pero hay dos diferencias fundamentales:

1) El termómetro produce un fenómeno para medir otro. El CERN, en cambio, mide el mismo fenómeno que produce. Mientras que el termómetro utiliza la teoría de la dilatación para medir la temperatura de una muestra (sólo su temperatura, no qué tanto se dilata), el CERN utiliza la física de partículas tanto para producir sus fenómenos propuestos como para medirlos. Aquí es importante

---

<sup>15</sup> Entre ellas se encuentran que es estable a temperatura ambiente y, sobre todo, que es constante: siempre se dilata igual ante la misma temperatura.

<sup>16</sup> Evidentemente necesita que algo más lo caliente, pero me refiero a que no requiere interferencia humana para ello.

recordar que el acelerador de partículas (el aparato) está equipado con sus propios detectores (los instrumentos), de manera que funcionan como uno solo.

2) El mercurio del termómetro se comporta de una manera confiable; su dilatación ha sido observada y corroborada con anterioridad. Los detectores del CERN se estrenan sobre las muestras que se busca medir. Lo que es más, se define la fiabilidad del detector dependiendo del éxito del experimento: se dice que cada vez hay mejores instrumentos porque cada vez arrojan mejores resultados (es decir, es cada vez más frecuente que arrojen los resultados esperados).

Es en la segunda diferencia donde entra en todo su vigor el ruido. Al trabajar con partículas elementales, el CERN es especialmente susceptible a la interferencia. La razón es muy simple: todas las cosas están hechas de partículas elementales, así que ¿cómo lograr que el CERN detecte solamente aquéllas con las que se trabaja? Para eso cuenta con todo un sistema de aislamiento que le permite trabajar en condiciones de vacío.<sup>17</sup> Por eso, también, sus instrumentos deben ser ajustados para dar el contraste suficiente que permita una lectura. Es decir, los detectores del CERN deben distinguir (o permitir que su lector distinga) entre un dato relevante y un dato que estorba.<sup>18</sup>

### Lo que existe y lo que estorba

Hemos llegado al fondo de la cuestión: el ruido es un asunto de distinción entre los datos deseados y los que estorban. Como apuntábamos antes, el ruido no se da cuando no hay datos, sino cuando hay tantos datos que no sabemos cuáles son relevantes y cuáles no. Se necesita entonces establecer una manera de distinguirlos.

Imaginemos una plática en un bar concurrido. No sólo oímos la voz de la persona con la que hablamos, sino también la música del lugar; el sonido de los vasos, platos y cubiertos al entrecocar; los pasos de los que van al baño; los pasos de los que bailan; las conversaciones de las otras mesas e incluso el tráfico y la lluvia de afuera. Para seguir nuestra plática, tenemos que ignorar el resto y sólo concentrarnos en la voz. Este tipo de filtro suele ser inconsciente,<sup>19</sup> pero se

---

<sup>17</sup> Para una historia acerca de cómo se logró el vacío en los aceleradores de partículas, *vid. ibid.*, pp. 58-60.

<sup>18</sup> Para una exposición sencilla de cómo se leen los datos en el CERN (específicamente en la búsqueda del bosón de Higgs), *vid.* <<http://www.youtube.com/watch?v=IqAWqwh3Etw>>.

<sup>19</sup> Hay quienes carecen de él por problemas de desarrollo. Recuerdo que mi hermano menor reprobó buena parte de su primaria hasta que fue ingresado en terapia auditiva: no lograba escuchar sólo a la

vuelve consciente a mayor dificultad. Es una cuestión de decisión entre cuáles de todos los datos que llegan queremos oír y cuáles no. Todos los aparatos e instrumentos que lidian con ruido están ajustados para realizar esta distinción,<sup>20</sup> sólo que les cuesta mucho más trabajo que a nosotros. Para continuar con el ejemplo, imaginemos que no estamos presentes en el bar concurrido; tenemos una grabación. Esto nos da la ventaja de poder regresar y escuchar alguna parte de nuevo cuantas veces deseemos, pero viene con la desventaja de no poder atribuir ningún sonido a su fuente por corroboración visual. También tenemos otro problema: la persona que queremos oír habla en mandarín, pero nosotros no dominamos el idioma; sólo tenemos una idea general de cómo *debería* sonar el mandarín. Puede que distinguir entre la voz deseada y los trastes, pasos, tráfico y lluvia no sea muy difícil; pero las demás conversaciones del bar son otra historia. Para acercar todavía más nuestra analogía, diremos que el resto de los parroquianos hablan en cantonés, un idioma que tampoco dominamos y que además se parece bastante al mandarín. Lo que tenemos que hacer es buscar alguna característica fonética del mandarín que no se encuentre en el cantonés, o viceversa. En esa situación se encuentran los instrumentos del CERN: tienen una grabación<sup>21</sup> de un bar en China y buscan entre todos los sonidos a la única persona que habla mandarín. Y lo que es más importante: no saben mandarín, sólo tienen una idea general de cómo debería sonar si lo escucharan. Ni siquiera están seguros de que alguien hable mandarín.

Quiero hacer todavía una última observación. Ya una vez que se superan las dificultades de la distinción, quien ha ajustado su instrumento elimina el ruido. Esto, en el peor de los casos, significa que en la grabación del bar, la voz que habla en mandarín se escucha mucho más clara que el resto, sobresale. En el mejor de los casos, significa que en la grabación del bar sólo se escucha la voz que habla mandarín; todo lo demás –incluidas las otras voces– ha desaparecido. Trabajar con ruido no es simplemente saber qué datos son relevantes y cuáles no, se trata de asegurar que los otros no estorben, y eso, en última instancia, lleva a tratar de eliminarlos. Trabajar con ruido es decidir qué existe y que estorba. Lo que estorba se elimina o se ignora: lo que estorba deja de existir.

---

maestra.

<sup>20</sup> No pongo “decisión”, porque ésta en realidad la hace quien lo ajuste.

<sup>21</sup> En realidad no, pero pueden repetir el experimento cuantas veces lo deseen, similar a como podríamos volver a escuchar una grabación las veces necesarias.

## Los tramposos

He tomado al CERN como ejemplo porque es una violación flagrante a la regla de oro formulada arriba: *no usar nunca un aparato como si fuera un instrumento*. Es además útil porque es un proyecto tan vasto que permite distinguir, dentro de sí mismo, entre aparato (el acelerador de partículas) e instrumentos (los detectores/medidores). Sin embargo, no hay que olvidar nunca que funcionan como uno solo. El CERN no viola la regla de oro en el uso, sino desde su concepción. Dicho de otro modo, no es un aparato usado como si fuera un instrumento, sino que es ambas cosas, aparato e instrumento, a la vez. Si tomamos el ejemplo de la conversación en el bar, los operadores del CERN no encuentran la grabación ni la consiguen, sino que la producen. El CERN como aparato (su acelerador de partículas) produce la grabación que el CERN como instrumento (sus detectores) analiza. Volvamos por fin a la cuestión metafísica. La regla de oro estaba formulada bajo la idea de que un instrumento descubre, mientras que un aparato inventa. La ciencia moderna presenta sus resultados como descubrimientos, por lo que sería poco ético que utilizara un aparato para obtenerlos. Sin embargo, vemos que lo hace, y no sólo en casos aislados. Los científicos se percatan aunque sea inconscientemente de la dependencia que tienen hacia la tecnología que utilizan en su investigación.

Quizá uno de los mejores ejemplos sea la consabida naturaleza dual de la luz. En el s. XIX, la teoría corpuscular llevaba un siglo sin oponentes, debido, sobre todo, a que Newton la había propuesto. Thomas Young hizo, en 1803, el famoso experimento de la doble rendija: al hacer pasar un haz de luz por una doble rendija hacia una pantalla, lo que se proyectó en ella fueron varias franjas a distancias regulares, en vez de sólo dos. Lo explicó mediante la refracción y la interferencia de las ondas. Fue el renacer de teoría ondulatoria, pues la corpuscular no podía dar cuenta de esa observación. Otro siglo pasó, hasta que en 1914 Robert Millikan experimentó con el efecto fotoeléctrico: al alumbrar ciertos metales, éstos adquieren carga (emiten electrones); sin embargo, la emisión de electrones no depende de la intensidad de la luz, sino de la frecuencia: por más intensa que fuera una luz de baja frecuencia (roja, por ejemplo), no lograría cargar el metal. Einstein lo explicó por medio de fotones, paquetes de energía que incidían individualmente sobre los átomos; esta individualidad explicaba que el aumento de intensidad no funcionara. Tanto los resultados de Young como los de Millikan eran coherentes con las teorías que apoyaban e incompatibles con las rivales, lo que obligó a un cambio de paradigma en la física: el paso de la física clásica a la cuántica, en la que la dualidad de la luz no es problemática.

El ejemplo me gusta porque muestra cómo dos teorías científicas (la óptica ondulatoria y la corpuscular), ambas coherentes, fueron incapaces de acordar un solo experimento crucial, sino que cada bando produjo uno que le diera la victoria – y para hacerlo tuvieron que desarrollar los instrumentos y aparatos necesarios. Su unión en la electrodinámica cuántica no zanjó la cuestión, sino que la llevó a nuevos límites: mediante un aparato que emite un solo fotón a la vez y un instrumento que lo detecta se ha logrado ver el experimento de la doble rendija desde el punto de vista corpuscular, y el uso de un láser permite vencer la limitante del efecto fotoeléctrico y volverlo compatible con la teoría ondulatoria. La tendencia en el campo es modificar la teoría de acuerdo a lo que la tecnología pueda producir.

Regresemos brevemente a Popper. Él acusaba a quienes ajustan sus instrumentos de hacer modificaciones *ad hoc* y, por lo tanto, de proceder tramposamente.<sup>22</sup> Pero no hay que olvidar que los instrumentos se inventan, no crecen en los árboles. Se inventan con un propósito (obtener buenos resultados). Si quisiéramos acusar de “trampa” y de modificaciones *ad hoc*, sería ingenuo limitarnos a los ajustes de los instrumentos, pues están diseñados desde un principio para evitar el ruido (sólo que a veces no lo logran a la primera). La trampa no sólo está en ajustarlos o no ajustarlos, sino en su diseño mismo, que permite –exige– el ajuste. El falsacionismo de Popper, llevado al extremo, ni siquiera permite el uso de instrumentos. Por eso lo ignoraron, porque su noción misma de “trampa” es inadecuada. ¿No sucederá lo mismo con la regla de oro que formulamos arriba?

Yo diría que sí. La regla de oro no se sigue no porque sea impráctica ni porque seguirla implicaría cancelar proyectos que han costado millones del erario público durante décadas. No se sigue porque, sin hacerlo explícito, la ciencia actual ya no reconoce una diferencia entre invención y descubrimiento. La existencia del ruido obliga a los científicos a decidir con qué datos quieren trabajar y, por lo tanto, dotar a eso de existencia y relegar al resto al olvido. Pero sobre todo hay que reconocer que esa distinción *se hace con los aparatos*. No tenemos otra manera de hacerla, y exigir que sólo se utilicen instrumentos que no produzcan fenómenos nuevos, o incluso que no produzcan ninguno, sólo nos limitaría al tipo de conocimiento que se obtiene de instrumentos tan primitivos como una regla. La ciencia actual produce conocimiento a partir de los aparatos e instrumentos que usa; a partir de su tecnología.<sup>23</sup> Es importante hacer hincapié en

---

<sup>22</sup> Cfr. Popper, Karl, *op. cit.*, p. 77.

<sup>23</sup> No estoy hablando aquí de tecnociencia. Este término se utilizó para designar investigaciones como el Proyecto Manhattan, en las que el objetivo era refinar la teoría para producir la mejor tecnología. En los casos que he analizado no hay tal combinación de objetivos científicos y tecnológicos. Los

el término “producir”, porque es la descripción más adecuada de su hacer: ni inventa ni descubre, produce conocimiento. En la producción, invención y descubrimiento se empalman, pues su frontera es tan porosa, tan sospechosamente metafísica, que se vuelve necesario derogarla. Como dice Davis Baird al respecto de los aceleradores de partículas, éstos son importantes porque “nos *revelan y crean* una parte nueva del mundo”.<sup>24</sup> Hay que hacer énfasis en que son ambas.

## Los otros

Hasta ahora he hablado exclusivamente de los científicos. Ellos son los que usan tanto aparatos como instrumentos y herramientas. Sin embargo, al reconocer la necesidad de sustituir el binomio “invención-descubrimiento” por su síntesis de “producción”, tenemos que dar un paso atrás para examinar todo ese equipo que estábamos dando por hecho. Si la ciencia actual es interdependiente de la tecnología que usa para su investigación, ¿no es importante saber quién, y cómo, desarrolla esa tecnología? Claro que lo es. Y quien la desarrolla normalmente son los ingenieros.<sup>25</sup> Para darnos una idea *ad populum* de la influencia que tienen en la producción de conocimiento, bastan los datos de empleo en el CERN: ahí trabajan diez veces más ingenieros que físicos.<sup>26</sup> Es decir que cuando hablábamos de todo el equipo utilizado en el CERN para la investigación, estábamos invisibilizando el trabajo de la mayoría de su población. Esto es grave. Y no por razones de clase ni de democracia, sino porque asumíamos como dado algo que en realidad es el producto final de todo un proceso que aún no se ha comprendido cabalmente: la creación de tecnología por parte del ingeniero.

Ya habiendo derogado la frontera entre invención y descubrimiento hay que derogar también una jerarquía que ésta sostenía: la de ponderar, en el campo científico,<sup>27</sup> al descubrimiento sobre la invención. El conocimiento científico actual se produce, y esta producción, al depender totalmente de la tecnología, ya no se realiza únicamente por los científicos. Tras bambalinas hay ingenieros desarrollando toda la tecnología que forma parte de la investigación, avanzando

---

científicos del CERN tienen objetivos meramente teóricos, independientemente de las aplicaciones tecnológicas que alguien quiera derivar de ellos.

<sup>24</sup> Baird, Davis, *op. cit.*, p. 50. La traducción y el subrayado son míos.

<sup>25</sup> También hay científicos, pero no es éste su propósito principal; sólo lo hacen cuando se ven obligados a ello.

<sup>26</sup> CERN, “Engineering”, <<http://home.web.cern.ch/about/engineering>>.

<sup>27</sup> Sucede lo contrario en las artes, por ejemplo.



siempre a la par de ésta y con una retroalimentación tan absoluta que nos hacía sospechar de petición de principio. Los ingenieros también están produciendo conocimiento. Si no reconocemos esto y comenzamos a estudiar su hacer desde esa perspectiva, quedaremos ciegos a una parte indispensable de la investigación científica (y tecnológica, habría que añadir) actual y que es lo que en última instancia hace posible el desarrollo espectacular de las dos.

## Conclusiones

A lo largo de este trabajo hemos visto cómo el ruido y las maneras de lidiar con él inciden en la investigación científica. Hemos visto que los datos no se presentan en estado puro, sino que hay que tratarlos primero. Hay que filtrarlos. Y al hacer eso se decide de antemano con qué datos se quiere trabajar y cuáles se dejarán de lado, incluso llegando a eliminarlos.

Un primer impulso sería denunciar esta práctica como una petición de principio y formular una regla de oro para evitarla. Sin embargo, hacer esto condenaría la investigación científica actual, en vez de intentar comprenderla. Después de todo, es una denuncia demasiado obvia como para que los científicos mismos no la hubieran ya tomado en cuenta. El camino a seguir es, más bien, derogar la frontera entre la invención y el descubrimiento y comenzar a estudiar la investigación científica como producción de conocimiento. Hacer esto, además, implicará por fin reconocer la gran producción de conocimiento que realizan no sólo los científicos que experimentan, sino los ingenieros que diseñan los aparatos, instrumentos y herramientas necesarios para su experimentación.

De este modo, el estudio de la ciencia actual se verá enriquecido con una parte que le es fundamental: el estudio de su tecnología. Al incluirla, quizá podamos empezar a descifrar no sólo la importancia de su interacción sino el por qué para la ciencia es tan de vital importancia el desarrollo de la tecnología que siempre la acompaña.

## Bibliografía

American Association for the Advancement of Science, Formulario de registro, <[https://pubs.aaas.org/Promo/promo\\_setup\\_rd.asp?dmc=P0RFB1](https://pubs.aaas.org/Promo/promo_setup_rd.asp?dmc=P0RFB1)>, (2 de octubre de 2013).

Baird, Davis, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, Berkeley, University of California Press, 2004, 273 pp.

- Barbaresi, Adrien, “Denkansätze zur Philosophie der Technik”, Hamburg, Easterhegg, 2011, 16 pp.
- Cham, Jorge y Daniel Whiteson, “The Higgs Bosson Explained” (entrevista animada), s. l., PhDTV, 2012, <<http://www.youtube.com/watch?v=IqAWqwh3Etw>>, (2 de octubre de 2013).
- CERN, “About CERN”, s.l., s. f., <<http://home.web.cern.ch/about>>, (2 de octubre de 2013).
- “Engineering”, <<http://home.web.cern.ch/about/engineering>>, (25 de octubre de 2014).
- Popper, Karl, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962, 451 pp.
- Simondon, Gilbert, *Du mode d’existence des objets techniques*, Alençon, Aubier, 1989, 333 pp.