

POR UNA NUEVA EPISTEMOLOGÍA*

Heinz von Foerster

Resumen

El presente trabajo es la expresión más acabada de una nueva corriente epistemológica que busca estudiar y comprender el paradigma de la complejidad en el campo de los saberes. El autor se manifiesta partidario de una epistemología constructivista que dé cuenta de sí misma, elaborada a la luz de un enfoque interdisciplinario. Al mismo tiempo, en este texto seminal se explican las tres dificultades básicas que enfrenta este proyecto epistemológico: la causalidad, la autorreferencia y la noción de realidad. Para el destacado físico austríaco, la complejidad de los saberes en el mundo moderno obliga a la construcción de una epistemología de la epistemología.

Lo primero que quisiera hacer es definir mi posición como constructivista mediante dos declaraciones que, en esencia, dicen lo mismo y que son consecuencia directa del título de mi ensayo. Ahora bien, el constructivismo es en sí mismo una epistemología, así que podría cambiar mi título a “Una epistemología de la epistemología”, lo cual quiere decir que es una epistemología que debe dar cuenta de sí misma. Pero no sólo la epistemología tiene que dar cuenta de sí misma, también el constructivista, claro está, debe dar cuenta de sí mismo. Y esta es una posición de algún modo inusitada e impopular, porque habitualmente en la familia de los científicos las gentes no desean dar cuenta de sí mismas. Quisieran hacerlo de alguna otra cosa, y a este dar cuenta de alguna otra cosa usualmente se le llama objetividad. ¡Esto no tiene nada que ver conmigo! Es un hecho.

La segunda declaración viene a ser como sigue: cada vez que surge la pregunta de si algo es inventado o descubierto, entonces el constructivista es identificable o será reconocido como aquel que tiende a responder: “Esa cosa ha sido inventada”. Mis amigos historiadores me dicen que esta posición puede ser rastreada hasta los filósofos presocráticos, pasando por el Renacimiento, Giambattista Vico y otras grandes cabezas.

Por supuesto que ustedes pueden leer esta historia, y creo que podrían estar muy familiarizados con esta posición. Sin embargo, me gustaría sólo destacar a un

* Este artículo apareció originalmente en el número 3 de *Cahiers de la Fondation Jean Piaget* con el título “A Constructivist Epistemology”. Una versión en español se publicó también en la *Revista Universidad de Guadalajara* (verano de 1994), de donde recuperamos esta traducción. Agradecemos tanto al autor como a la *Revista Universidad de Guadalajara* su autorización para reproducir este trabajo, el cual resulta fundamental para entender el debate actual sobre el tema tratado en este *dossier*. Traducción del inglés de Agustín Vaca.

pequeño grupo de gentes del siglo XIX, quienes se llamaron a sí mismas constructivistas y eran matemáticos que se separaron de la corriente principal de otras actividades matemáticas en dos puntos que identificaron su posición.

Los dos caballeros que tengo en mente, que representaron esta escuela de pensamiento, son el señor Kronecker, en Alemania, y el señor Brouwer, en Inglaterra. Ellos se denominaron constructivistas por dos razones. La primera es un punto puramente matemático —y aquí es donde entra la noción de constructivismo: aseveraron que un objeto matemático, el cual podía ser una prueba, un teorema, un número... sólo puede ser llamado a la existencia si puede presentarse una estrategia o modo o programa para la construcción del mismo. En este aspecto particular, fueron diferentes de la otra escuela formalista de matemáticos en Alemania, que sostenía que no era necesario presentar un construido para construir un objeto matemático; sólo es necesario mostrar que si uno asume que este objeto no existe, se cae en contradicciones. Esto significa generar un objeto mostrando que su ausencia genera contradicción. La escuela constructivista rechazó esta propuesta.

La posición epistemológica de estas dos gentes, que fueron una minoría extraordinaria en relación con el resto de matemáticos de ese tiempo —¡esencialmente dos personas!—, era que la gran cuestión en matemáticas es si estas fabulosas construcciones transparentes de relaciones y pruebas son descubiertas —es decir, descubrimos números, descubrimos relaciones—, o si son inventadas. Estos dos caballeros insistieron en que eran inventadas. Es absolutamente increíble ver el tipo de antagonismo que esto produjo. Por ejemplo, en ese tiempo había grandes alegatos en torno a cuáles eran los números dados por Dios, si los números naturales o los números reales. Y era, por así decirlo, un estado de gracia de la mente humana el que pudiera ver, o le fuera permitido ver, estas fabulosas estructuras celestiales que eran, por decirlo de alguna manera, dadas por Dios. Estos dos caballeros dijeron: “miren, somos nosotros los que las inventamos”. ¿Pueden ustedes imaginar el significado político de tal posición?

Claro que yo podría adoptar con toda facilidad la posición de estas gentes diciendo: “Si yo tengo que decidir si algo es descubierto o inventado, diré que ha sido inventado”. Al hacer esto, al haber inventado algo, soy yo el que está tomando la responsabilidad del invento. Aquí de nuevo, y esto es paralelo a mi declaración anterior de que si soy constructivista, tengo que dar cuenta de mí mismo y también tengo que responsabilizarme de mi invento. Resulta bastante claro que esta posición no es muy popular.

Ante esta situación, podríamos invocar la ayuda de otras fuerzas para apoyar mi punto de vista. Podría citar, por supuesto, mucho de lo que dijo Jean Piaget a lo largo de su vida, pero probablemente ustedes lo saben de memoria. Sería mejor para ustedes —un poco más interesante— referirles algunas fuentes que tal vez no son tan populares en Europa. Y estoy pensando en un señor que, me llena de orgullo decirlo, fue un muy querido amigo mío, Gregory Bateson. Como ustedes saben, Gregory Bateson tuvo una notable variedad de publicaciones, y de vez en cuando le gustaba escribir apuntes de ideas en tono humorístico, en los cuales quería tratar asuntos importantes.

Una de sus presentaciones apareció en forma de diálogo entre un padre imaginario (pero se puede reconocer fácilmente quién es él) y una hija imaginaria (que es igualmente fácil reconocer quién es ella). Estos diálogos son llamados “metálogos”. Encontré uno, particularmente significativo para el asunto que aquí tratamos.

El metálogo se titula: “¿Qué es un instinto?” La hija va con el padre y le dice: “Papi, ¿qué es un instinto?”

Ahora bien, si uno de mis hijos me hubiera preguntado lo que es un instinto, yo hubiera caído fácilmente en la trampa de darle una definición lexicográfica. Hubiera estado muy orgulloso de saber lo que es un instinto. Le hubiera dicho: “Sí, un instinto es el comportamiento innato de bla-bla-bla...”

Bateson no hace eso. Él sabe muy bien que uno puede encontrar una definición lexicográfica en el diccionario, así que él da otra respuesta.

Hija: “Papi, ¿qué es un instinto?”

Padre: “Un instinto, querida, es un principio explicativo”.

Pueden ustedes observar que él no da una definición de diccionario, porque quiere señalar lo que sucede si alguien, en un diálogo, invoca la noción de instinto.

Es decir, cuál es la política del uso de instinto en un diálogo. Él quiere dejar claro que se trata de un asunto político, y no de uno de definición. ¿Por qué alguien invoca el instinto en un diálogo? La hija, por supuesto, no está satisfecha con esta respuesta.

Hija: “¿Pero qué es lo que explica ese principio explicativo? ¿Qué es lo que explica?”

Padre: “Cualquier cosa, casi absolutamente todo, cualquier cosa que quieras que explique”.

La hija, por supuesto, no se contenta con eso. Por favor, noten que si algo explica cualquier cosa, puede que no explique nada.

Hija: “No seas tonto, eso no explica la gravedad”.

Padre: “No, y eso es porque nadie quiere que el instinto explique la gravedad. Si lo quisieran, lo explicaría. Sencillamente podrían decir que la luna tiene un instinto cuya fuerza varía inversamente al cuadrado de la distancia, etcétera”.

Hija: “Pero esas son tonterías, papi”.

Padre: “Sí, seguramente. Pero fuiste tú la que mencionó el instinto, no yo”.

Hija: “Muy bien. Pero entonces, ¿qué es lo que explica la gravedad?”

Padre: “Nada, querida, porque la gravedad es un principio explicativo”.

Hija: “¡Ah!, ¿quieres decir que no se puede sustituir un principio explicativo por otro? ¿Nunca?”

Padre: “Mmm... casi nunca, eso es lo que Newton quiso decir con ‘hypotheses non fingo’”.

Hija: “¿Y qué significa eso?”

Ahora pasaré más rápido por este diálogo. Sin embargo, quisiera llamar la atención hacia la insistencia del padre en hablar acerca de aseveraciones y no acerca de hechos, porque, claro, un hecho sólo entra en cualquier cosa de la que hablemos, cuando realmente se habla de él. Observen cómo el padre persiste en hacer siempre referencias a aseveraciones, a dichos.

Hija: “¿Qué significa eso?”

Padre: “Tú sabes lo que son las hipótesis. Cualquier aseveración que liga dos declaraciones descriptivas es una hipótesis. Si dices que hubo luna llena el 1° de febrero y que hubo otra el 1° de marzo, y luego unes de alguna manera estas dos observaciones, la aseveración que las une es una hipótesis”.

Hija: “Sí... y sé lo que significa ‘non’. Pero, ¿qué es ‘fingo’?”

Padre: “Bueno, ‘fingo’ es una palabra del bajo latín que quiere decir ‘hacer’. Forma un sustantivo verbal, ‘fictio’, del cual obtenemos la palabra ‘ficción”.

Hija: “Papi, ¿tú crees que Sir Isaac Newton pensó que todas estas hipótesis fueron inventadas como los cuentos?”

Padre: “Sí, eso precisamente”.

Hija: “¿Pero que él no descubrió la gravedad con una manzana?”

Padre: “No, querida, la inventó”.

Con esto, ustedes ven que cuentan con el apoyo de otros campos del pensamiento, y pensé que podrían alegrarse al ver que no estamos solos. Es evidente que al mantener esta posición, particularmente vista desde la plataforma de la ciencia ortodoxa, hay algunas dificultades para dejar este punto bien claro. Y tales dificultades tienen algo que ver con ciertas tradiciones en el seno de las cuales crecimos y que por eso se consideran más o menos como cosas ya sabidas y muy rara vez son puestas a prueba.

Ahora quisiera proponer el siguiente programa de acción. Primero expondré tres dificultades básicas ante las que usualmente nos encontramos: la autorreferencia, la circularidad de la noción que ofrecí en mis dos declaraciones, y la noción de invento más bien que de descubrimiento.

Quisiera exponer primero estos tres puntos. Enseguida me ocuparé de algunos de los aspectos sobresalientes del funcionamiento del sistema nervioso central, porque si entendemos que sucede en el sistema nervioso central, podemos entender qué dificultades debe superar un punto de vista constructivista y, al mismo tiempo, cuáles son los aspectos sobresalientes del punto de vista constructivista.

Enseguida expondré dos puntos más:

1. La noción central que yace debajo del punto de vista constructivista: la clausura.
2. La noción de constructivismo en el contexto social.

I

Empezaré ahora con la parte número uno: las dificultades básicas que deben ser superadas por el constructivismo. Quisiera presentar tres de ellas.

La primera tiene algo que ver con nuestra cultura occidental y su preocupación por una forma particular de estrategia explicativa. Esa forma particular de estrategia explicativa se llama causalidad. Este recurso a una estructura causal en las explicaciones, sigue haciéndose una y otra y otra y otra vez, a pesar de la advertencia de Ludwig Wittgenstein: “La creencia en la causalidad es superstición”.

Me gustaría señalar en qué descansa esta noción de causalidad. Si ustedes se remontan hasta Aristóteles, verán que descansa esencialmente en la imitación de un silogismo que los griegos llamaron Barbara, el cual tiene la forma siguiente:

Todos los hombres son mortales (1ª premisa)
 Sócrates es hombre (2ª premisa)
 Sócrates es mortal (conclusión)

Ahora bien, esta es exactamente la forma en que se argumenta la causalidad. La primera premisa, “Todos los hombres son mortales”, ha tomado la posición de ley natural en el terreno de la física o de las ciencias naturales. Ley natural: todos los hombres son mortales. Enseguida una observación. Aquí está un caso, el caso de Sócrates. Ustedes lo investigan. Resulta que él es un hombre. Puesto que hay una ley natural que dice que todos los hombres son mortales, Sócrates es mortal. Esta es la estructura de la causalidad, que está modelada siguiendo precisamente el silogismo Barbara.

Veamos ahora la premisa fundamental que dice: “Todos los hombres son mortales”. Usualmente esto se acepta sin cuestionamiento. Pero esta hipótesis se verifica sólo muy parcialmente, puesto que todos estamos aquí sentados y estamos vivos. Y no cabe duda de que somos hombres. Así, de los ochenta mil millones de gentes que alguna vez estuvieron vivas, cinco siguen estándolo. Entonces, la hipótesis de que todos los hombres son mortales sólo se verifica en un 95%, y probablemente la rechazaría la mayoría de los periódicos si ustedes intentaran publicarla. De ahí que si la sentencia de que todos los hombres son mortales fuera verdadera, el silogismo no podría ser dicho, porque sólo puede decirse eso cuando todos están muertos.

Quisiera llamar la atención sobre lo que sucede si la seriedad de estas cosas se toma demasiado seriamente.

Por supuesto, otro aspecto que se niega en la argumentación habitual del modo de la causalidad, es el de que puede referirse a sí misma. Esto significa causalidad circular, que “a” es la causa de “b” y “b” la causa de “a”. Si ustedes examinan la literatura, esto será rechazado por estar absolutamente en contra de cualquier forma apropiada de argumentación y de razonamiento, y en contra de la regla de inferencia. Me propongo apretar más el lazo circular y argumentar que podemos encontrarnos ante un estado de cosas en el que “a” sea la causa de “a” —en el que algo se cause a sí mismo—, y éste será el punto esencial al que volveré más tarde.

Me gustaría dar un ejemplo de la dificultad para aceptar este punto. James Watt estaba presentando su idea nueva sobre un motor de vapor ante la Academia Real. El funcionamiento era muy sencillo. Un cilindro, un pistón y una válvula que permite al vapor entrar a una parte del cilindro cuando el pistón está en reposo, empuja al pistón a la otra parte, cerrando así la primera válvula y abriendo la segunda cuando el pistón es empujado al final del cilindro. Las válvulas son manipuladas por la misma rueda, la cual es guiada por el pistón. Los profesores de la Academia preguntaron: “¿Por la misma rueda?”, y él contestó: “Sí, señor”. Ellos replicaron: “No va a funcionar porque usted nos ha dado un argumento circular”. Y James Watt se marchó y puso a funcionar su máquina de vapor en su propio laboratorio.

Quisiera llamar la atención sobre el hecho de que no siempre es tan sencillo generar situaciones en las que “a” es la causa de “a”. Sin embargo, me gustaría referirme a un caso particular en el que se puede ver claramente que hay sólo ciertas situaciones en las que sin duda la relación de un sistema operativo se regenera a sí mismo por medio de su propio funcionamiento, su propio estado. La primera vez que pude encontrar dónde se veía esto claramente fue en De Broglie, quien, en 1905, hizo la propuesta sobre la naturaleza ondulatoria de las partículas. Como ustedes recordarán, en ese tiempo se llevaban a cabo experimentos que hacían aparecer a las partículas como si también tuvieran un carácter ondulatorio, porque si uno fuera a interpretar estos experimentos, parecía como si una partícula, junto con otra, formaran una interferencia de tal manera que pudieran anularse mutuamente, como dos ondas que están en fases opuestas.

De Broglie sugirió la explicación siguiente: en el átomo hay electrones que circulan alrededor del núcleo, y aquéllos no pueden girar alrededor de éste a una distancia cualquiera. Las distancias y los radios estaban predeterminados para ocupar espacios particulares. Si se trata de una onda, entonces sólo puede ser ocupado un radio en particular, esto es, cuando el principio de la onda coincide con el final.

Tenemos un modelo ondulatorio estable sólo cuando coinciden las condiciones inicial y final. Estos son los requisitos para la autorreproducción. Si se está un poco fuera de ellos, entonces las ondas se cancelan unas a otras y el electrón desaparece. Así, sólo hay unos cuantos círculos estables en los cuales el electrón puede encontrarse. Estos son los estados en los que las condiciones iniciales coinciden con las finales. Fue la verdad en cada tramo del camino.

Pasaré ahora a la siguiente dificultad, que es una herencia antigua con respecto de la autorreferencia. Siempre se había sostenido que las aseveraciones autorreferenciales conducían a paradojas. Las paradojas no deben dejarse ver en ningún discurso científico, por culpa de una regla aristotélica que dice que las proposiciones deben ser verdaderas o falsas. Y luego, usualmente se le ha añadido un *tertium non datum*. No hay una tercera posibilidad.

Por supuesto que tengo que dirigir esta cuestión a mí mismo, ya que mi “primerísima” declaración dice que la epistemología constructivista tiene que dar cuenta de sí misma. Una cosa autorreferencial, o una constructivista, tiene que dar cuenta de sí misma. Es una aseveración autorreferencial. Les daré un ejemplo típico de la naturaleza paradójica de la autorreferencia, como habitualmente se le llama, y después uno de una situación autorreferencial en la que surgen condiciones estables.

El primero es un ejemplo histórico y me gustaría contarle en esa forma. Puede ser contado, claro, de muchas otras formas. Tiene que ver con la formulación russeliana de que el conjunto de todos los conjuntos no se contiene a sí mismo.

En el pueblito hay un barbero. El barbero rasura a la gente, como se supone que lo hacen los barberos. Todavía más, el barbero rasura sólo a las gentes que no se rasuran ellas mismas. Y esto es bastante claro. ¿Por qué tendría él que rasurar a las gentes que se rasuran ellas mismas? Y aquí llegamos al meollo. ¿Qué se supone que haga el barbero consigo mismo? Si él no se rasura, entonces debería rasurarse porque es

una de las gentes que no se rasuran a sí mismas. Pero cuando él se rasura, es una de las gentes que se rasuran a sí mismas y, en consecuencia, no debería rasurarse él mismo. Esto quiere decir que la condición del no rasurar produce la condición del rasurar, y la condición del rasurar produce la condición del no rasurar. Esto significa que tenemos aquí, si se me permite hablar en el lenguaje de las computadoras, un verdadero *flip-flop*.¹ El caso “a” produce “b”, “b” produce “a”, y éste es un estado de cosas muy apreciable en las computadoras, porque un circuito que hace *flops* y permanece ahí, usualmente se saca de la máquina y se tira. Así, a nosotros nos gustan los sistemas que hacen *flip-flop*. Lo único que quería era darles un breve panorama de cómo se había visto a una paradoja todavía en los tiempos de Russell, a finales del siglo pasado, y cómo la manejamos hoy en nuestra tecnología, donde estados biestables están completamente integrados. Sin embargo, me gustaría dar un ejemplo en el que no sólo se da la biestabilidad, sino que hasta pueden surgir estados estables. Permítanme hacer la proposición siguiente. Escribo aquí una aseveración autorreferencial que todavía no está completa: “Esta frase tiene... letras”.

El problema aquí es llenar el espacio con el número que haga que la frase sea verdadera.

Les daré una solución. Pero también hay una segunda solución, y voy a dejar que la encuentren ustedes mismos. Es una adivinanza muy divertida. La primera solución es 31. Si ustedes llenan el espacio con treinta y uno, entonces “esta frase tiene treinta y una letras”, indudablemente tiene 31 letras.

Soluciones para cosas tales son llamadas valores de *eigen*, porque *eigen* es la palabra alemana para “sí mismo”. Es el valor que satisface esta aseveración autorreferencial, produce estabilidad, a menos que desechen la aseveración, se vire a otro valor de *eigen*. La frase que dice algo acerca de sí misma, no tiene biestabilidad; del infinito conjunto de números posibles, del 0 al infinito, ha tomado una forma discreta; de la totalidad de posibilidades, ha tomado una propiedad discreta. La discreción de la apariencia de los valores de *eigen* es un punto muy importante, como lo es el de los valores de *eigen* de función recursiva, como lo veremos más adelante. Estas son funciones que se resuelven a sí mismas a través de sus valores de *eigen*.

Me gustaría pasar ahora a la tercera dificultad: la noción de realidad, la cual se remonta hasta Platón, esencialmente. El ejemplo que Platón da está tomado de un diálogo entre Sócrates y Glauco en su discusión sobre la república posible. Si quisieran leer esto por ustedes mismos, está en el libro séptimo de la *República*. Ustedes encontrarán que, a fin de demostrar algo a Glauco, Sócrates usa la muy famosa metáfora o parábola de la cueva. No se las diré, porque generalmente todo mundo la conoce. Sólo les presentaré lo que sigue. De manera usual, la metáfora de la cueva ha sido utilizada para demostrar la noción de realidad. Es decir, que lo que vemos no es la realidad, sino sólo las sombras de otra cosa, de la cual nunca podremos formarnos siquiera una idea. Recuerden ustedes esas gentes encadenadas al piso que sólo ven, sobre las paredes, las sombras danzantes de cosas que se están formando atrás de ellas, y que las gentes no pueden ver. Sostengo que Sócrates no quiso demostrar por ese medio la noción de realidad. Creo que Sócrates quería mostrar a Glauco algo muy diferente. Quería mostrarle lo siguiente: entre los ciegos, el tuerto va a dar

al manicomio porque ve más que los otros. Esto es lo que Sócrates quería demostrar. El refrán dice que en tierra de ciegos, el tuerto es rey. No, el tuerto entre los ciegos va a dar al manicomio porque, si ustedes leen esta historia, verán que de entre los encadenados sacan a un hombre, se le permite ver lo que está sucediendo atrás de las paredes. Está fascinado, regresa y se le encadena otra vez, y enseguida él les cuenta a sus vecinos: “He visto esto; hay gente allá atrás y estas son sombras”. Ellos le contestaron: “Ya sabemos”. Recomendaría que se leyera eso. Por desgracia, la otra versión ha sobrevivido, es decir, la de que Sócrates quería decirnos que lo que vemos no es la realidad: detrás de esa cosa hay algo más real, lo cual nunca conoceremos.

II

Pasaré ahora a la segunda parte. Les daré una versión abreviada del funcionamiento del sistema nervioso central, trazando su evolución en dos palabras. Si examinamos organismos multicelulares muy primitivos, como las esponjas y las hidras, y organismos multicelulares mucho más primitivos, veremos que hay órganos pequeños en sus superficies, destacándose un poco a través de la superficie. Estos pequeños órganos tienen una capacidad sensorial hacia la salinidad, composición química, temperatura, etcétera, en tanto que las células contráctiles, llamadas motorones independientes, no están conectadas al sistema. Si tal efecto independiente es expuesto a una salinidad en particular, se contrae. Cuando tiene lugar este cambio sensorial, se contrae y cambia toda la superficie del animal. Así, cuando hay un cambio sensorial, también hay un cambio en la superficie motora. Todo el animal se aleja de la región. Pero cuando se aleja de la región, los sensores experimentan un cambio de sensación. Este es el nudo sensomotor básico, que es la base del desarrollo de una epistemología cognoscitiva.

La segunda etapa en desarrollo es la separación entre sensación y acción, lo cual quiere decir que uno puede percibir una sensación en una parte mientras la acción tiene lugar en otra. La fibra que hace esto posible es una fibra motora degenerada.

Ahora, viene lo esencialísimo en la organización del sistema nervioso central: cuando no sólo la acción y sensación están separadas, sino cuando entre estas dos partes se diseminan otros sensores que son llamados internunciales, los mensajeros.

El internuncial recibe ahora señales de varios sensores. El internuncial integra estas señales y luego actúa en el otro extremo, en el extremo del motor. Ahora bien, cuando esta separación de la actividad de los sensores y los motores se ve interrumpida por un elemento que es integrador, ahí tienen ustedes las primeras etapas de la computación. Computación en el sentido de *computare* en latín: considerar en conjunto. *Computare* —no me refiero tan sólo al sentido numérico— es una integración, un *computare*. De nuevo, cuando ustedes dividen cualquiera de estos sensores diferentes, encuentran una secuencia de pulsos eléctricos o señales.

De acuerdo con una regla muy sencilla, la intensidad de los estímulos podría estar representada por la frecuencia de estos pulsos. Si sólo hay un poco de excitación, habrá una frecuencia más lenta de pulsos.

La regla, pues, es muy sencilla y clara. La intensidad de los estímulos está representada por la frecuencia de la descarga, lo cual lleva a un teorema muy importante: el principio de la codificación indiferenciada. De acuerdo con este principio, la actividad de una célula nerviosa codifica sólo la intensidad de la perturbación, y no la naturaleza del agente físico que la produjo.

Cuando una acción se lleva a cabo en esa región, el sistema ha cambiado. La razón del cambio no sólo es la actividad nerviosa, sino también los cambios en el sistema endocrino. Es una computadora nueva y diferente. Siempre que la computadora ha computado, ésta ha cambiado. Es la noción de una máquina de Turing; es la noción de una máquina no trivial; es la noción de autómatas generales. Podemos preguntar cuántos de estos autómatas generales tenemos, por ejemplo, en el cerebro. Hay cerca de 10^{10} ó 10^{11} de neuronas en nuestro cerebro. Muchas de ellas tienen miles de aferentes, millones de aferentes. Así, ustedes tienen 10^{18} de aferentes en el cerebro. Esto quiere decir que pueden ver con toda claridad que lo que sucede aquí en la superficie —en lo que creemos que es nuestra superficie— puede ser prácticamente ignorado en comparación con lo que ustedes internamente hacen con el cerebro. Sin duda hay una buena diferencia (10^{10}) entre los dos. Pero, ¿cómo puede permanecer estable ese sistema? Sin duda esta es una pregunta muy interesante, porque aquellas personas que trabajan con sistemas de mudos de retroalimentación múltiple tienen una gran dificultad para evitar que esa cosa explote.

¿Cómo fue que pensamos en estas cosas de la manera como lo hacemos hoy en día?

No iré más allá del tiempo de Johannes Müller, el gran neurofisiólogo alemán, que fue el primero en enunciar el principio de la codificación indiferenciada. En ese tiempo no existía la noción de las neuronas individuales, sino la de que todas las fibras nerviosas estaban conectadas a otras fibras nerviosas, como si fuera un gran sistema de plomería. La noción de computación no existía en absoluto. Era un sistema trivial. El neurofisiólogo español Santiago Ramón y Cajal fue el primero que hizo preparaciones en las que uno podía ver claramente que no era un sistema de plomería, sino fibras individuales que terminaban sobre otra fibra igual a través de un espacio. Desde entonces fue aceptada la hipótesis neuronal.

Más tarde fueron considerados ciertos aspectos de la computabilidad de esos puntos, y más y más gente se interesó en el problema de lo que significa si realmente podemos computar en tal punto, o computar en el sistema nervioso central. En 1943, apareció un ensayo absolutamente maravilloso, un ensayo de McCulloch y Pitts titulado “Un cálculo de ideas en la actividad nerviosa”, en el que demostraron que todas estas cosas podían ser consideradas como operadores dentro de un cálculo proposicional.

Más tarde, sin embargo, en los años cincuenta y al final de esta década, la gente empezó a ver críticamente las dos cosas:

- a) el teorema McCulloch-Pitts y
- b) el principio de codificación indiferenciadora.

¿Era posible decir algo sin ninguna ambigüedad? Conocemos demasiados ejemplos en los que la ambigüedad es la esencia de una expresión lingüística, y las dudas con

respecto de si tales cosas pueden ser expresadas sin ambigüedad darían sólo un resultado; pero si ustedes toman todas las ambigüedades, por supuesto que pueden producir miles de resultados y no sabrían cuál de ellos es el correcto. Así, el teorema de McCulloch-Pitts fue considerado interesante pero sin importancia.

La otra cosa que la gente estaba observando, el principio de codificación indiferenciadora, había estado arrumbado por ahí durante 120 años sin despertar sorpresa alguna. Dijeron: “¿Qué, una neurona sólo codifica la intensidad y no da ninguna pista sobre lo que causó la actividad?” “¿Yo no recibo ninguna idea de frío y calor, luz y oscuridad, color, sonido porque todo lo que tengo en mi sistema es un *beep-beep-beep*, independientemente de lo que lo causó?” “¿Cómo es que yo experimento la riqueza del universo, los colores, el sonido, la música, la gente y todo eso?” “¿Cómo hacemos eso?” Nadie supo la respuesta.

Este era el estado de cosas que en las ciencias del cerebro era llamado el descubrimiento del cerebro gris. Nada hay que llegue desde el exterior, sino un *beep-beep-beep*, y ahora la cuestión es: ¿cómo podemos dar cuenta de la construcción de las experiencias que nosotros vemos? Y esto, por supuesto, es el principio de la noción del constructivismo.

Primero, me gustaría dar unas cuantas pistas en torno a la resolución de ese problema, y esas pistas ya habían sido recolectadas por varias gentes que se estaban dedicando a problemas de esa clase. Mencionaré sólo una: el matemático francés Henri Poincaré. Él estaba particularmente interesado en la noción de la experiencia del espacio. Y se preguntó cómo experimentamos el espacio al experimentar estímulos en dos superficies: las dos retinas de los ojos. Así, se sentó y dijo: “¿Podemos construir la noción de espacio a partir de las proyecciones bidimensionales de algo en nuestras retinas?” Llegó a la conclusión de que, en principio, es imposible computar la noción de espacio sólo con estas representaciones. Sin embargo, resolvió el problema diciendo: “Si al sistema bidimensional de recepción le es permitido moverse y puede correlacionar sus movimientos con el cambio de percepción, entonces la noción de espacio puede ser computada”. Para esa argumentación usó la noción de grupo de desplazamientos. Esto empezó la nueva perspectiva a la que me referiré en un momento. Antes de eso, me gustaría abordar este muy peculiar estado de cosas: el que este principio de codificación indiferenciada estuviera arrumbado por cerca de 120 años, sin que nadie hubiera notado el significado de lo que estaba diciendo. Me gustaría asentar que la razón para no entender lo que este principio decía era que el paradigma esencial, la epistemología esencial, hasta hace muy poco, no era el problema de cómo observar, sino de cómo dar cuenta de lo observado. Esto significa que el paradigma prevaleciente era el de una epistemología de sistemas observados y no el de una epistemología de sistemas observadores. Ciertas cosas cambian radicalmente con el punto de vista constructivista. Y lo que cambia radicalmente es que algunas propiedades que se suponía que radicaban en las cosas, de hecho radican en el observador.

Daré unos cuantos ejemplos. Puede ser muy divertido. Si alguien dice: “Ay... esto es muy aburrido”, ustedes saben, por supuesto, que él es el aburrido... no es la cosa la que es aburrida. Él es el aburrido y, en consecuencia, él cree que las cosas son aburridas. O si ustedes le muestran una imagen a alguien y le preguntan: “¿Es esto

obsceno?” Y él dice: “Sí, es una imagen obscena”. Ustedes saben algo sobre la persona, pero nada sobre la imagen. Les daré otra interpretación más científica. Por ejemplo, tomen las dos famosas yuxtaposiciones de necesidad y casualidad. Normalmente uno se refiere a ellas como si fueran externas. Pero yo someto a su consideración, desde un punto de vista constructivista, la propuesta de que la necesidad surge de la posibilidad de hacer deducciones infalibles, y que la casualidad surge de la incapacidad para hacer inducciones infalibles. La casualidad surge de la imposibilidad de hacer inducciones infalibles.

Daré un último ejemplo: el caso de Pavlov y sus experimentos sobre el reflejo condicionado.

Pavlov fue uno de los experimentadores que llevaron a cabo los más detallados reportes de laboratorio. Estos describían el estado de cosas hasta en sus últimos detalles. Así, si ustedes los leyeran, podrían repetir los experimentos absolutamente con todos sus detalles.

G. Kornosky, psicólogo experimental polaco, se dijo a sí mismo: “Repitamos el famoso experimento por el que Pavlov demuestra el reflejo condicionado”. Como ya ustedes saben, el reflejo condicionado funciona de la siguiente manera: si observan que un estímulo particularmente significativo, como el enseñar comida a un perro, produce salivación y asocian eso a un estímulo neutro, como el tañido de una campana, pueden retirar el estímulo significativo y dejar que el estímulo neutro genere la salivación. Eso es el reflejo condicionado.

G. Kornosky repitió el experimento: tenía un perro, la carne, etcétera. La única diferencia fue que le quitó el badajo a la campana. Cuando el asistente llegó tañendo la campana, no hubo sonido y el perro salivó. Así, Kornosky llegó a la conclusión de que el tañido de la campana era un estímulo para Pavlov, pero no para el perro.

III

La parte número tres, la noción de clausura, está en el centro de la noción del nudo sensoriomotor. Me gustaría advertir que la noción de clausura se ha usado en tres campos distintos. Originalmente procede del campo de la termodinámica, y distingue a los llamados sistemas termodinámicamente cerrados de los sistemas termodinámicamente abiertos. Cuando examinamos organismos vivos, la noción de un sistema termodinámicamente cerrado se vuelve más bien irrelevante, porque si ustedes ponen en una envoltura anabática (una envoltura que no permite pasar la energía), cualquier organismo viviente —un gato, un perro, un ser humano, una cucaracha— moriría en unos cuantos minutos y ya no tendrían ningún sistema viviente.

El siguiente campo en el que se usó la clausura es el álgebra. En la clausura algebraica se hace la distinción entre dos cosas: los elementos (por ejemplo, los números naturales) y los operadores (el operador más de la suma). Ahora bien, si tienen una clausura algebraica, es un requisito que, si operan sobre algunos de los elementos con un operador, el resultado será de nuevo un elemento de ese sistema. Si dicen más 2,3, lo cual sería un modo operador de poner una suma, saben que es 5, y el 5, por supuesto, también es un número natural. Así, los números naturales, en

cuanto elementos, y el operador de la suma forman sistemas algebraicos cerrados. Por ejemplo, si aplican el operador de la multiplicación encontrarán también una multiplicación. Ésta no destruirá la clausura del sistema. Pero si fueran a agregar una operación que es la resta, por ejemplo 3,5, lo cual sería 3 menos 5, no encontrarían ningún elemento en los números naturales. No hay números negativos. En consecuencia, el operador de la sustracción no es un operador que pudiera ser incluido en un sistema algebraico en el que los números naturales son los elementos. Claro que ustedes pueden generar elementos nuevos, estos son los números negativos y luego uno los menciona como los enteros en los que el operador de la sustracción está todavía cerrando, o es aún un operador que está dentro del sistema cerrado.

Pasaré ahora a la tercera noción, la de clausura sistémica. Esto es cuando consideramos que un sistema es cerrado. Existen varias categorías para examinar el todo: primero, la noción conceptual; segundo, las consecuencias filosóficas; tercero, el formalismo posible. Por último, quisiera someter a su consideración una crítica de lo que sucede si ustedes sostienen la noción de clausura sistémica. Creo que lo que es significativo para nosotros es que, en los últimos diez años, algunos biólogos que estaban examinando organismos vivientes, observaron que las operaciones de una célula, por ejemplo, la mitocondria reptando por los filamentos del DNA para producir mensajeros del RNA, que luego programan la producción de las proteínas, y así sucesivamente, eran equivalentes a las operaciones algebraicas, puesto que estaban produciendo componentes que eran elementos del sistema. Así, identificaron esta operación con la noción de autopoiesis.

Autopoiesis significa la hechura de uno mismo. Hay definiciones extraordinariamente precisas al respecto. Daré primero una implicación filosófica de la noción de autopoiesis o de la noción de autorreferencia, o de dar cuenta de uno mismo. Si ustedes tienen un sistema autopoietico que genera su propia norma de control, entonces es autónomo. Autónomo quiere decir que él establece sus propias reglas, sus propias leyes. Pero cuando se tiene autonomía, se tiene la responsabilidad en ese organismo. Él es responsable de su acción y, en consecuencia, a partir de la noción de autopoiesis, vía autonomía, vía responsabilidad, se tiene una base para la noción de ética.

Pasaré ahora a la siguiente subdivisión y a la idea de clausura sistémica, y esta es una cuestión de si uno puede encontrar un formalismo más rígido, más riguroso, en el cual estas nociones que acabo de presentar puedan ser demostradas y estudiadas desde un punto de vista formal. Sin duda, existe un formalismo muy elegante que está hecho a la medida para la noción de autorreproducción y de autorreferencia. Este aparato formal es conocido como la teoría de la función recursiva. La esencia de este aparato, y ustedes verán de inmediato por qué puede aplicarse tan bien a nuestra noción, es que una función está determinada o es definida por lo siguiente: si un operador está actuando sobre la función, la función está siendo generada. Esto es una especie de operación de *bootstrapping*.² Efectúen alguna función, y esa operación, que está determinada, produce la función. Estamos hablando de la definición de una función a través de un operador, y la maquinaria matemática que permite la computación de estas cosas se llama funciones recursivas.

Me gustaría terminar la presentación de la clausura con una observación. Si ustedes ven más de cerca esta noción de sistema cerrado, y particularmente la noción de sistema cerrado de autopoiesis, encontrarán que sólo existe este sistema. No hay lugar para nada más en esta representación. El cargo de solipsismo se le puede hacer a una teoría que considere esto como la única entidad computadora.

En consecuencia, me gustaría generar un contexto social. Si tal sistema está computando algo que se parece mucho a otro sistema de su misma clase, entonces tiene las posibilidades siguientes. Ustedes pueden decir: “Es mi imaginación”. Pero también pueden argumentar: “Este otro sistema puede tenerme, es su imaginación”.

Si ustedes abrazan este principio, sucede algo peculiar. El universo, que era un asunto completamente interno, ahora es externado constructivamente al decir nosotros que el otro es como yo soy. El “tú” es el “yo”. Eso significa que me estoy viendo a través de los ojos del otro. Quisiera completar. Creo que es una metáfora importante, la cual debo a un amigo mío de Viena, el neuropsiquiatra Víctor Frankel. Fue capturado con su familia por los nazis en 1938. Sobrevivió al holocausto. Fue liberado de Bergen-Belsen en 1945 y regresó a Viena. En ese tiempo, su peso estaba entre los 48 y los 52 kilos. Lo volví a encontrar en la capital austriaca e inmediatamente estableció su cátedra de neuropsiquiatría en la Universidad de Viena. Había muchos casos que atender, casos de un dramatismo profundo, por supuesto, que surgieron con la experiencia de la Segunda Guerra Mundial y de los campos de concentración. Por ejemplo, estaba el caso de un señor que regresó con su esposa de uno de los campos de concentración, ambos lo sobrevivieron; estaban felizmente de regreso en Viena y todo era muy agradable, pero la esposa había contraído una enfermedad y, alrededor de seis meses después de ser libres, ella murió. El marido era un hombre deshecho. Perdió absolutamente toda esperanza y no quería hablar con nadie. La gente intentó convencerlo de que hiciera esto y lo otro. El rechazó todo. Por fin lo persuadieron de que viera a Víctor Frankel. Así lo hizo y tuvieron una charla. Al final de esta charla, Frankel le propuso lo siguiente: si Dios me diera el poder para crear una mujer que fuera una réplica exacta de su esposa, con su misma forma de hablar, que supiera todas las bromas, todas las experiencias cotidianas que tuvieron juntos, de tal suerte que usted no fuera capaz de notar diferencia alguna; usted podría probarla con una cosa o con la otra, sería idéntica a su esposa; si yo tuviera ese poder, ¿le gustaría que lo hiciera? El hombre permaneció ahí por un momento y contestó: “No”. Se estrecharon las manos y se marchó. El hombre, por supuesto, estaba en funciones otra vez. Cuando supe eso, fui con Frankel y le pregunté qué estaba sucediendo. El contestó: “Cada uno de nosotros nos vemos a nosotros mismos a través de los ojos del otro. Cuando ella murió, el estaba ciego. Pero cuando se dio cuenta de que estaba ciego, pudo ver”.

NOTAS

¹ *Flip-flop* es un circuito electrónico que es cambiado de un estado estable a otro, y de tino inestable a otro estable, mediante un pulsador. (N. del T.).

² *Bootstrapping* es una técnica para cargar un programa en una computadora por medio de unas cuantas instrucciones iniciales que permiten la introducción del resto del programa desde un lector. (N. del T.).

