

LIBERTAD

La libertad es no sentir miedo,
HELGA ROCÍO CALVO RIVERA

Una de las primeras cosas que necesita un sistema para aumentar su complejidad es tener autonomía para hacerlo. Debe tener una mínima libertad de elección para poder adaptarse a los problemas de su entorno y organizarse internamente de acuerdo a ello. Porque si no la tiene, así sea en grado mínimo, si las decisiones que toma son automáticas, entonces no tenemos un sistema independiente sino que es una pieza más del engranaje del universo. Pero, ¿qué es la libertad?

Podemos decir que la libertad es tener un gran abanico de posibilidades y poder elegir una de ellas. Esta es una definición sencilla e ingenua, y enseñada la refinaremos más. Pero está claro que quien no tiene opciones tampoco tiene libertad. Y quien, aun teniendo miles de opciones disponibles elige siempre la misma tampoco parece disfrutar de libertad. Si examinamos bajo esa óptica nuestro día a día, hay que reconocer que tenemos poca libertad ya que ejecutamos la misma rutina diaria de levantarnos cuando suena el despertador, aearnos, desayunar (probablemente lo mismo todos los días) e ir al trabajo o al estudio, y así sucesivamente en toda la jornada. Sufrimos de muchas restricciones físicas (no podemos volar por nosotros mismos), químicas, biológicas (no podemos dejar de comer y beber durante mucho tiempo, y menos de respirar o dormir) y sociales (hay que ir a trabajar). Desde luego hay pequeños momentos de libertad cuando decidimos de qué color va a ser la camisa que nos pongamos, o dónde vamos a viajar en vacaciones, pero calculando el porcentaje de esos instantes en el total de 24

horas diarias y 365 días del año, parece que somos poco libres. En este sentido, la libertad podría medirse en bits y eso es lo que haremos enseguida.

Por si eso fuera poco, los filósofos nos recuerdan que quizás no seamos libres en absoluto y que cuando creemos elegir entre un helado de fresa o uno de chocolate, nuestros genes tienen mucho que ver con ello, y la otra opción nunca la tomaríamos. También nos dicen que la libertad puede ser solo una ilusión, ya que el universo en el que vivimos sigue leyes físicas inexorables que posiblemente sean deterministas. Puesto que las decisiones las toma nuestro cerebro, que está formado por átomos, si el estado del universo volviera a repetirse, lo que ocurra a partir de allí también se repetiría. Y ello no deja ningún lugar a la libertad de elección.

A esto se le pueden añadir más matices: la interpretación actual de la mecánica cuántica que gobierna todos los fenómenos de este mundo incluye un componente estocástico ineludible²⁷, que podría ser la vía que nos devuelva la libertad. Sin embargo, a muchos filósofos eso no les sirve porque piensan que esos fenómenos estocásticos están decidiendo por nosotros. Creo que ese argumento tan pesimista es equivocado, pues por la teoría de juegos sabemos que en muchos casos nos conviene aleatorizar entre varias jugadas, con el objetivo de que el oponente no pueda predecirnos. Para ello se suelen emplear monedas o dados lanzados al aire. Y si finalmente logro ganar el juego, quien se lleva la recompensa soy yo. Y usé unos dados que son míos. No hay ninguna diferencia en que los dados estén implementados en el *hardware* mecánico cuántico de mi red neuronal. Son mis dados, son mis neuronas, y gracias a ellos he tomado decisiones.

Además, en cuanto comenzamos a estudiar estos temas nos damos cuenta de que unas definiciones dependen de otras: si no somos libres, si somos solo un engranaje más del universo, entonces no tiene mucho sentido creer que seamos inteligentes, ni mucho menos conscientes. Y todo es difuso: no hay una buena definición de inteligencia ni de libertad. Ni de consciencia, que parece ser una culminación de la inteligencia, pero tampoco nadie sabe definirla bien. A la vez que todo parece interrelacionado: para medir o entender objetos de mucha complejidad se requiere mucha inteligencia. Y para tener mucha inteligencia se requiere mucha complejidad. Para ser consciente se requiere ser libre. En definitiva, estos conceptos muestran dependencias mutuas, están interrelacionados y son difusos.

27 Aunque hay otras interpretaciones, como la de David Bohm de variables ocultas, pero que no concuerda con los resultados experimentales. Y otra donde lo estocástico no es tal, sino caos determinista.

Y no solo es que los filósofos debatan si somos libres o si esa libertad es apenas una ilusión y nuestro comportamiento está completamente determinado. Es que ni siquiera sabemos si vivimos en un mundo real o en una simulación. Si viviéramos en una simulación el concepto de libertad se volvería más endeble, pues unos hipotéticos seres que viviesen por fuera del simulador podrían mirarnos, mirar nuestro estado interno y saber absolutamente todo sobre nosotros. Ni tampoco sabemos si pueden existir seres más inteligentes o más conscientes que nosotros, o si después de la consciencia puede aparecer algún otro nuevo fenómeno más sofisticado. Ello se puede ver como una carencia nuestra, o sea, que somos incapaces de definir y entender estos conceptos. Pero también se puede ver como algo más fundamental y ese es el enfoque que se seguirá en este libro: son conceptos relativos unos a otros. En el correspondiente capítulo veremos que la inteligencia es relativa: podemos decir que un ente es más inteligente que otro. Pero no es fácil dar una medida absoluta de inteligencia de un ente, sin referirlo a otro u otros.

Con la libertad pasa algo parecido aunque no es exactamente lo mismo. Cuanta más libertad tenga un ente respecto a otro, más capacidad tendrá de manipularlo. Por ejemplo, un humano puede atar una zanahoria delante de la cabeza de un burro con el objetivo de que camine sin parar atado a una noria para que dé vueltas y saque agua²⁸. Mientras que el burro no puede manipular al humano. Al menos no tan fácilmente, pues se sabe que los bebés humanos intentan manipular a sus padres para atraer más atención, cuidados y comida. Y algunos animales domésticos también lo hacen. Pero un adulto humano que haya leído libros de psicología evolutiva puede evitar estas manipulaciones.

Manipular significa tener capacidad de predicción de lo que el otro va a hacer en función de diversas circunstancias, y ofrecerle la entrada adecuada para obtener el comportamiento deseado. El ente manipulado no se da cuenta de ello y, por tanto, cree que ha usado su libertad para tomar una decisión que cumpla sus objetivos (comerse la zanahoria, en el caso del burro) mientras que realmente está trabajando para cumplir los objetivos del otro (sacar agua para el humano). En este sentido, tener libertad significa que nadie pueda predecir lo que vas a hacer (Wolfram, 2002, p. 751). Tu comportamiento puede ser incluso determinista, pero si nadie puede predecirte, entonces nadie puede manipularte. En resumen, eres libre.

28 Al objeto que se coloca delante del burro (la zanahoria o lo que sea) en el latín de la Roma clásica se le llamaba "manípulo".

Esta es una definición positivista y funcionalista, de la libertad. Es una definición poco esencialista, poco filosófica, más científica e ingenieril. Por ejemplo, el físico teórico Lee Smolin (2013, p. 148) también indica que “libertad” significa que no se puede deducir el comportamiento de una persona (o de una partícula) a partir de su pasado.

Y cualquier otra elucubración al respecto no tiene ningún sentido, sobre todo porque no se puede verificar, no es falsable, ni tampoco se puede implementar computacionalmente.

Recuadro 2: Definición positivista de la libertad

Un ente es tanto más libre cuanto menos se pueda predecir su comportamiento.

La libertad es entonces relativa a otro, al que te mira, al que quisiera manipularte. Y es de grado, porque pueden predecirte un 15%, un 27% o un 95% de las veces. Por cierto que esto tiene mucha relación con la “ley de la variedad requerida” de Ashby (1956), que se podría formular hoy en estos términos: la complejidad de un sistema debe ser mayor o igual a la de su entorno, si quiere controlarlo, entenderlo o adaptarse a él.

Tenemos un sujeto y queremos saber si es libre. El método a seguir es relativamente sencillo: le enfrentamos varias veces a un proceso en el cual el sujeto puede realizar dos acciones para resolverlo (A y B). Si observamos que toma la acción A algunas veces y la acción B otras veces, entonces es un indicador de que tiene libertad. Si el número de veces que elige A es idéntico al de veces que elige B , entonces maximiza la cantidad de información de la pregunta “¿elegirás A ?” y, con ello, maximiza su libertad.

Pero primero hay que superar algunas objeciones. Si el proceso es de tipo supervivencia, es decir, la acción A le permite seguir vivo mientras que la acción B lo mata, es de esperar que tome únicamente la acción A muchas más veces que la B , dado que la evolución lo habrá entrenado así. Con un resultado semejante no podemos deducir que es libre, sino que la evolución cableó sus respuestas para optimizar su supervivencia. Conforme el proceso no sea tan drástico (por ejemplo, en vez de vivir/morir, el proceso le permite decidir obtener comida/no comida, obtener mucha/poca comida, o cosas similares) la probabilidad de tomar la decisión equivocada va a ir en aumento, también por razones evolutivas. Por último, si el proceso ofrece dos opciones ninguna de las cuales afecta en lo más mínimo la supervivencia del ente, es de esperar que no haya habido allí ninguna presión evolutiva. Si el individuo elige cada opción A y B con igual probabilidad entonces podemos decir que es libre.

De todos modos, esto hay que elaborarlo más. Si el individuo toma las decisiones en el orden *ABABABAB* tampoco podemos decir que es libre a pesar de que el 50% de las veces elige *A* y el otro 50% elige *B*, debido a que hay una periodicidad que permite predecir lo que va a hacer. Y entonces para saber si el individuo es libre hay que verificar que no haya repeticiones ni ningún tipo de correlación entre sus respuestas. Desde esta perspectiva vemos que la libertad es indistinguible de una variable estocástica y hay que someterla a las mismas pruebas con que verificamos un generador de números al azar.

Ya que la complejidad la estamos midiendo con la fórmula de la entropía, tiene sentido modelar la libertad por medio de la información mutua: a mayor información mutua, menor libertad. Recordemos como se define la información mutua. Partamos de dos variables discretas que pueden tomar un conjunto de valores:

$$\begin{aligned} X &\in \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \\ Y &\in \{y_1, y_2, \dots, y_m\} \end{aligned} \quad \text{Ec. 6}$$

La información asociada a un evento x_i de una variable X y que ocurre con probabilidad $p(x_i)$ es:

$$I(x_i) = \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i)} \right) \quad \text{Ec. 7}$$

Y ya habíamos visto en el capítulo anterior que la cantidad de información de toda la variable X , llamada entropía de X es:

$$H(X) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i)} \right) \quad \text{Ec. 8}$$

Entonces la información mutua entre un valor concreto de X y otro de Y es:

$$I(x_i, y_j) = \log_2 \frac{p(x_i, y_j)}{p(x_i)} \quad \text{Ec. 9}$$

Y la información mutua media entre las dos variables X y Y es:

$$I(X, Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i, y_j) \log_2 \left(\frac{p(x_i, y_j)}{p(x_i)p(y_j)} \right) \quad \text{Ec. 10}$$

Por ejemplo, si las dos variables fueran independientes entonces

$$p(x_i, y_j) = p(x_i)p(y_j) \quad \text{Ec. 11}$$

Por lo que la información mutua entre ellas valdrá cero.

Y, en el otro extremo, si X y Y son la misma variable ($X=Y$) entonces:

$$p(x_i \wedge y_j) = \begin{cases} 0 & \text{si } i \neq j \\ p(x_i) & \text{si } i = j \end{cases} \quad \text{Ec. 12}$$

Por lo que la información mutua $I(X,X)$ valdrá lo mismo que $H(X)$:

$$I(X, X) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i)} \right) = H(X) \quad \text{Ec. 13}$$

Para terminar, recordemos las definiciones de entropía conjunta y entropía condicionada entre dos variables:

$$H(X, Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i \wedge y_j) \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i \wedge y_j)} \right) \quad \text{Ec. 14}$$

$$H(X|Y) = \sum_{j=1}^m p(y_j) \sum_{i=1}^n p(x_i|y_j) \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i|y_j)} \right)$$

De donde se deduce que:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X) = H(X) + H(Y) - H(X, Y)$$

Tal y como aparece en la figura 29.

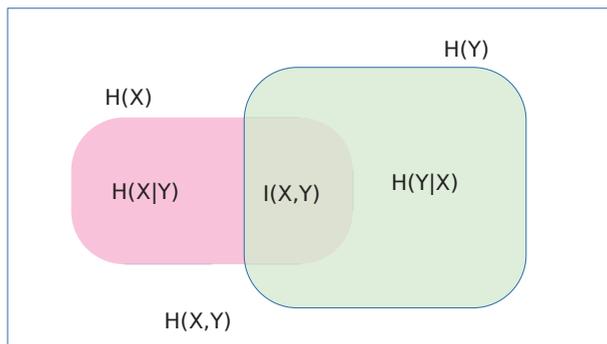


Figura 29. Relaciones de entropía de dos eventos

En la figura 30 vemos cómo es la interacción entre dos agentes sencillos X y Y . Cada uno tiene su propia complejidad, medida por la entropía $H(X)$ y $H(Y)$. La intersección de ambas es la información mutua $I(X, Y)$. Recordemos que es simétrica $I(X, Y) = I(Y, X)$. Entonces la libertad $L(X)$ y $L(Y)$ es la parte de la complejidad no compartida con el otro agente, es decir, lo que el otro agente desconoce y no puede predecir.

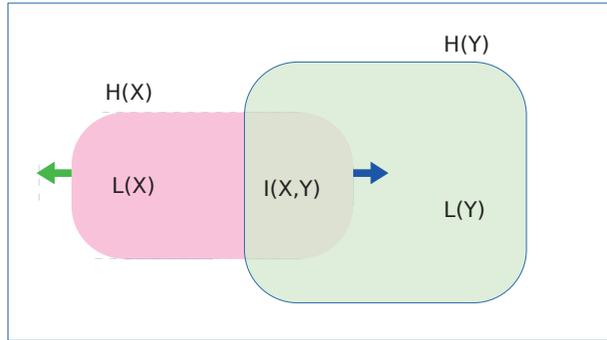


Figura 30. La complejidad de dos agentes sencillos

Siendo:

$$\begin{aligned} L(X) &= H(X) - I(X, Y) = H(X|Y) \\ L(Y) &= H(Y) - I(X, Y) = H(Y|X) \end{aligned} \quad \text{Ec. 15}$$

En la misma figura se indica cómo puede aumentar su complejidad el agente X : puede ser aumentando su libertad (flecha verde) o aumentando su inteligencia medida como capacidad de predicción del otro (flecha azul). O ambas, claro está. Y la situación es análoga para el agente Y .

De este modo, si tenemos un mundo con un conjunto de cuatro agentes $\{X, Y, Z, W\}$, la libertad de cada uno de ellos se puede medir como la intersección de su entropía con el complemento de la unión de la entropía de los demás:

$$L(X) = H(X) \cap (H(W) \cup H(Y) \cup H(Z))^c \quad \text{Ec. 16}$$

En la figura 31 puede verse un ejemplo, donde se indica la libertad de X como la zona rayada. Allí también se muestra la información mutua que tiene cada pareja de agentes.

Esta definición de libertad es fácil de entender y calcular, pero no es muy exacta. Únicamente valdría para agentes muy sencillos, de tipo reactivo, donde solo importan sus salidas, es decir, que no tengan estados internos o al menos que no tengan introspección. Solo así se cumple que lo que uno sabe del otro es lo que el otro sabe de uno. Ya que solo hay un lugar donde expresar la información que cada agente tiene (su salida), entonces son visibles tanto los comportamientos propios como las predicciones del comportamiento del otro.

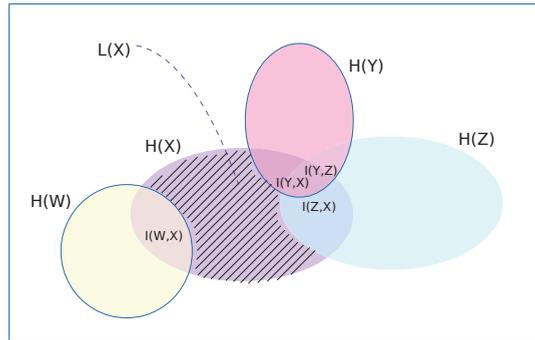


Figura 31. La libertad que tiene X respecto a los otros tres agentes Y, Z, W es la zona rayada

Pero con agentes más sofisticados esto no tiene por qué ser así. Lo que el agente X puede predecir del agente Y no tiene por qué coincidir con lo que el agente Y puede predecir del X. La predicción no es simétrica. Esto ocurre con los agentes que tienen cerebros, con memoria, estados internos y capacidad de introspección. En este caso, el comportamiento propio se refleja en su salida, mientras que la predicción del comportamiento del otro se mantiene oculta, como un estado interno (que puede servir para alimentar un modelo interno del otro o para tomar decisiones futuras). Y con ello se logra que la capacidad de predicción de cada uno de ellos sea distinta a la del otro.

Una vez que la predicción del otro se mantiene oculta como estado interno, entonces la propia libertad se puede ahorrar como si fuera dinero en una cuenta bancaria, para usarla después. Para ello hay que pensar en los eventos externos como causas que producen cambios en mi estado interno, que voy acumulando como una memoria histórica, y que no se reflejan inmediatamente en un comportamiento observable por otros agentes. En algún momento del futuro usaré esas memorias de eventos históricos como disparadores de acciones externas, que parecerán estocásticas para otros agentes externos siempre que se de alguna de estas condiciones:

- Que los agentes externos tengan menos memoria que yo.
- Que los agentes externos no hayan observado todos los eventos que yo he observado.
- Que los eventos observados por mí sean tantos que resulte en un problema combinatorio grande tratar de predecir a partir de ellos las acciones que realizaré en un futuro.

Estas condiciones son muy fáciles de cumplir en cuanto yo tenga cierta capacidad de memoria, y por ello es que los animales son muy difíciles de predecir. Como decía graciosamente René Dubos, *bajo condiciones*

controladas estrictamente en un laboratorio, un animal hace lo que le da la gana. En general, cuando un agente deja de ser reactivo porque tiene memoria, su libertad aumenta exponencialmente respecto a la cantidad de bits de esa memoria. La memoria que permanece oculta a los demás aumenta exponencialmente la libertad de cada individuo, pues con un bit se tienen dos posibilidades de actuar, con dos bits, cuatro posibilidades, con tres bits, ocho, y así sucesivamente.

Los procesos estocásticos generan eventos sin causas, lo cual es funcionalmente equivalente a decir que generan eventos cuyas causas no son computables. O que sí lo son, pero el tiempo necesario para computarlas es mayor que el que tomó para que ocurriera el evento, es decir, son eventos que no se pueden anticipar en tiempo real. En este sentido, el universo puede ser determinista, pero los eventos que produce no se pueden anticipar. De modo que existe la posibilidad de ser libres. Al respecto Dennett (1992, p. 140) compara la suerte de ganar una lotería normal, donde primero se venden los billetes y luego se extrae el número ganador, con una lotería invertida, donde primero se extrae el número ganador, que se guarda oculto en una caja fuerte, y después se venden los billetes. Matemáticamente ambas loterías son equivalentes y nadie se debe sentir estafado en el segundo juego. Después Dennett da otro paso: el número ganador se generó y se guardó en la caja fuerte antes de empezar el universo. En este caso, nuestra historia es determinista, pero eso no nos debe hacer sentir incómodos, pues sigue siendo equivalente matemáticamente a los dos casos anteriores, y nadie tiene oportunidad de sacar partido de ello.

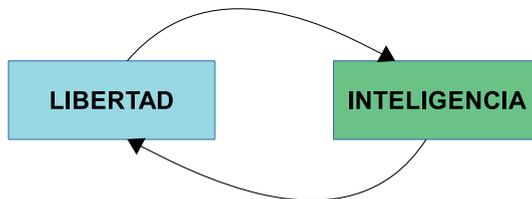


Figura 32. Bucle de realimentación positiva

En resumen, la libertad es evitar ser predicho y, como veremos más adelante, la inteligencia es predecir. Son dos conceptos complementarios y graduales. A la vez, el aumento de uno facilita el aumento del otro, por lo que conforman un bucle de realimentación positiva (Figura 32).

Desde luego que los niveles básicos de inteligencia no requieren libertad, pues la inteligencia puede verse como un proceso de búsqueda de óptimos y hay muchos algoritmos deterministas para ello. Pero la libertad sí se requiere cuando se desea lograr un nivel de inteligencia mayor.

Problema 4: Bar "El Farol"

En una pequeña ciudad hay un bar muy conocido al que todo el mundo desea ir el viernes en la noche. Lo malo es que el bar es pequeño, y si todo el mundo va, lo pasa mal porque no hay espacio. Concretamente, si menos del 60% de la población va al bar, entonces ellos lo pasan mucho mejor que si se hubieran quedado en casa. Por el contrario, si más del 60% de la población va al bar, entonces lo pasan peor que si se hubieran quedado en casa.

Cada una de las personas actúa independientemente (no se llaman por teléfono ni coordinan de ninguna manera). Y toman la decisión de ir o no ir de forma síncrona, en el mismo instante de tiempo.

¿Cuál es el mejor algoritmo que pueden usar para maximizar su disfrute?

¿CÓMO CONSEGUIR LIBERTAD?

La libertad se consigue siendo impredecible. Y el procedimiento matemático más rápido para ello es usar secuencias numéricas estocásticas, es decir, generadas al azar.

Lo malo del azar es que es totalmente impredecible, incluso para el sujeto que quiere gozar de libertad, con lo cual las acciones que genere a partir de ello pueden ser contraproducentes o incluso peligrosas para su propia supervivencia. Pero hay un fenómeno similar al azar aunque controlable: es el caos.

Los sistemas biológicos funcionan en el filo del caos, entre el orden y el desorden. Eso ha supuesto siempre un misterio, pero ahora es fácil de entender: la evolución u otros procesos han llevado a los sistemas biológicos al caos para lograr el máximo de libertad. Hay varios estudios del cerebro que muestran ese caos (Mejías, 2015). El médico neurofisiólogo colombiano Rodolfo Llinás nos contaba que el movimiento que notamos en la punta de los dedos cuando extendemos el brazo es el caos que se propaga por músculos y nervios desde el cerebro (todos tenemos ese temblor aunque no suframos de Parkinson), y que el movimiento más rápido que puede hacer el cuerpo es precisamente el de ese temblor. De modo que el caos nos permite realizar acciones a la más alta velocidad. Por otro lado, el caos es impredecible a largo plazo, pero predecible a corto plazo. Es incluso fácilmente controlable si conoces sus parámetros y los puedes variar. Es decir, el propio sujeto que genera el fenómeno caótico puede, en teoría, controlarlo. Pero los entes externos no lo tienen tan fácil. En ello radica el concepto de la libertad humana: mi caos lo controlo yo, y nadie más. Por supuesto luego viene la pregunta de quién es ese "yo", pero aquí no vamos a resolverla y lo dejaremos para el capítulo de la consciencia.

A su vez, como puedes ver en el libro anterior, este fenómeno se logra fácilmente incluso en una ecuación tan simple como:

$$f(x) = 4\lambda x (1-x) \quad \text{Ec. 17}$$

Esta ecuación es muy sencilla pues solo tiene una variable (x), dos constantes (4λ y 1), dos multiplicaciones y una resta. Sea como sea, tiene muy pocos bits de complejidad. Ni siquiera requiere computación completa para su cálculo. Por eso es que pensamos que la libertad es muy fácil de alcanzar a poco que aumente la complejidad de un sistema (Figura 33).

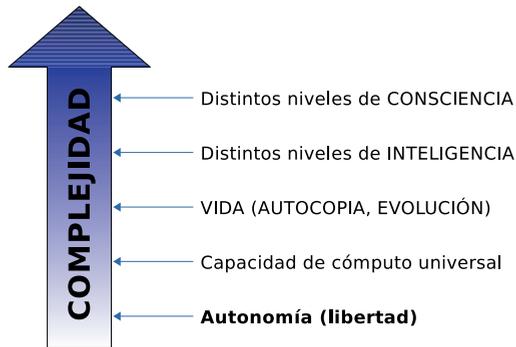


Figura 33. Con muy pocos bits de complejidad se consigue impredecibilidad, o sea, libertad

La libertad es como un banco: puedo ahorrar, es decir, acumular bits de libertad. Y posteriormente puedo gastarlos. Porque la libertad puede disminuir. Los bits de libertad que un sujeto tenga almacenados los va usando y se consumen conforme toma decisiones. Si se han agotado por completo, entonces para un observador externo será muy fácil predecir las acciones de ese sujeto. Por suerte, también se puede ganar libertad en el proceso de recibir información del entorno. Supongamos que tengo una cantidad pequeña, muy pequeña, pero significativa de libertad, concretamente 1 bit, y estoy entrando a una tienda futurista donde puedo comprar accesorios cerebrales como ampliaciones de memoria y cosas así. Me ofrecen un módulo que sirve para tomar decisiones libremente, con una capacidad de 3 bits. Usando mi bit de libertad, puedo decidir si lo compro o no lo compro. El bit de libertad con el que entro a la tienda lo voy a consumir tomando una decisión: si decido no comprar, me quedarán 0 bits de libertad, mientras que si decido comprar me quedarán $3-1=2$ bits de libertad. En este segundo caso habré aumentado mi libertad. Es importante entender que esa tienda futurista ya existe. Se llama colegio, universidad, biblioteca, Internet y cualquier otro sitio donde se puedan aprender cosas nuevas. Es decir, la libertad puede

amplificarse. Si se tiene algo de libertad, se puede conseguir más libertad todavía. Únicamente si no se tiene absolutamente nada de libertad es imposible amplificarla.

Los experimentos de Carnevale *et ál.* (2012) parecen indicar que así es. Allí se muestra también la subjetividad de la libertad: cuando es posible medir la aleatoriedad interna del sistema, entonces el sistema se vuelve predecible, es decir, carece de libertad. Podemos saber lo que la persona va a hacer antes de que ella misma lo sepa.

Por supuesto, también existe la posibilidad de usar la libertad para reducirla. Así ocurre en las adicciones al alcohol o las drogas y en cualquier proceso donde se dañe el propio cuerpo o la mente o se disminuya la futura libertad de acción.

Para terminar, un poco más de filosofía. Según Gribbin (2006, p. 113) hacen falta infinitas cifras decimales para calcular trayectorias caóticas. Para ello se requiere un computador infinitamente grande. Obviamente, el computador más grande que cabe dentro del universo es el propio universo. Eso significa que aunque el universo sea determinista, en la práctica ignora su propio futuro y eso es lo que genera libertad no solo en los seres humanos y los seres vivos, sino también en los procesos físicos considerados a largo plazo.

LIBERTAD Y EMERGENCIA

La libertad también puede darse debido a la emergencia. Si recordamos el capítulo anterior, cuando hay emergencia aparece una ontología, con nuevos objetos y nuevas reglas de interacción entre ellos. Pero no es exacta. Las reglas de bajo nivel son las que siguen funcionando. Las reglas de alto nivel son solo una forma conveniente, cómoda y corta de entender el sistema. Y entonces, a veces, las reglas de alto nivel fallan porque no capturan por completo lo que ocurre en el bajo nivel. Cuando eso ocurre decimos que hay un fenómeno estocástico superpuesto con el comportamiento de nuestro modelo de alto nivel. Pero no se trata de fenómenos sin causa, sino de causas de bajo nivel desconocidas por nosotros. En ese sentido, el sistema tiene libertad en el nivel superior, pues actúa siguiendo causas no modelables ni predecibles en ese nivel.

LIBERTAD Y TRANSICIONES DE FASE

Se tiene más libertad cuando mantenemos un sistema justo en la transición de fase entre dos estados estables. La razón de ello es que los estados estables son difíciles de modificar y fáciles de predecir. Seguramente hay realimenta-

ciones negativas que los mantienen en lo que son. Pero justo en la transición, cualquier pequeña perturbación lleva hacia una dirección u otra. El sistema es menos predecible y, por tanto, más libre.

Por eso debe ser que los sistemas, cuando alcanzan una cierta complejidad, tienen a buscar esas zonas. En muchos libros a este fenómeno se le llama criticalidad autoorganizada o “estar en el filo del caos”²⁹.

RESUMEN

En este capítulo proponemos una definición positiva de libertad como aquellos comportamientos que no pueden ser predichos por otros entes. Y hemos podido incluso formalizarla matemáticamente para el caso de seres simples, a través de la entropía y de la información mutua.

La libertad no consiste tanto en controlar lo que va a pasar, como en evitar que me controlen o manipulen.

En este sentido, matemáticamente hablando, el caos es un productor de libertad, ya que hay un horizonte de predicción más allá del cual no se puede saber que va a pasar. Por ello es un buen momento para repasar el capítulo del mismo nombre del libro anterior. Y la memoria que posea el individuo le permite almacenar la libertad, como si se tratase de un banco, para usarla después.

La libertad se puede amplificar por realimentación positiva. Si tienes un bit de libertad, puedes comprar dos bits de libertad. Aunque nada impide que lo malgastes y lo pierdas.

Además, hay bastante relación entre libertad e inteligencia, pues cada una permite el crecimiento de la otra.

PARA SABER MÁS

- Carlos Sánchez Fernández y Concepción Valdés Castro (2003). *Kolmogórov: el zar del azar*. Madrid: SL Nivola libros y ediciones.

No hay libros que traten la libertad desde una perspectiva computacional, pero hay muchos trabajos sobre entropía e información mutua. Este es uno de ellos, que recomiendo especialmente pues se relaciona con otros temas que veremos aquí.

²⁹ En muchos libros se dice “*at the edge of chaos*” y se traduce por “estar al borde del caos”, o sea casi en caos. Pero eso no es correcto. La traducción correcta sería “estar dentro del caos, que es una zona muy angosta, afilada, al borde entre el orden y el desorden”.

- Christoph Adami (1998). *Introduction to artificial life*. New York: Springer-Verlag.

Este libro no solo explica la mayoría de los temas que tocamos aquí y de las implementaciones en *software*, sino que también dedica tiempo a los aspectos teóricos de la entropía, la información y la complejidad.

- Gregory J. Chaitin:
- (1997). *Algorithmic Information Theory*. USA: Cambridge University Press.
- (1997). *Information, Randomness & Incompleteness. Papers on Algorithmic Information Theory*. Singapore: World Scientific.
- (1992). *Information-Theoretic Incompleteness*. Singapore: World Scientific.
- (2000). *Transcripción de la Conferencia Distinguida en la Escuela Distinguida de Ciencias de la Computación, Universidad Carnegie Melon*. Traducción de Andrés Becerra Sandoval.
- (2002). Información y azar. *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, IX(1), pp. 55-81.
- (2002). Meta-mathematics and the foundations of mathematics. *EATCS Bulletin*, 77, pp. 167-179.
- (2002). *On the intelligibility of the universe and the notions of simplicity complexity and irreducibility*. arXiv:math/0210035 [math.HO]
- (2002). Paradoxes on randomness. *Complexity*, 7(5), pp. 14-21.
- (1999). *The Unknowable*. Singapore: Springer-Verlag.
- Verónica Becher y Gregory J. Chaitin. (2002). Another example of higher order randomness. *Fundamenta Informaticae*, 51(4), pp. 325-338. IOS Press.

Los anteriores libros y artículos de Chaitin (al que se considera el heredero intelectual de Gödel) hablan todos de lo mismo: la teoría algorítmica de la información como un límite computacional fundamental. La aleatoriedad forma parte intrínseca de las matemáticas, lo que ocurre es que a los matemáticos no les gusta explorarla. Todos estos libros son sencillos solo si te gustan los formalismos matemáticos.

REFERENCIAS

Libros, artículos y enlaces web

- Carnevale, F., de Lafuente, V., Romo, R. y Parga, N. (2012). Internal signal correlates neural populations and biases perceptual decision reports. *PNAS*, 109(46), pp. 18938-18943. DOI: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1216799109
- Dennett, D. (1992). *La libertad de acción*. Barcelona: Gedisa.
- _____. (2004). *Freedom Evolves*. New York: Penguin Books.
- Gribbin, J. (2006). *Así de simple*. Barcelona: Colección Drakontos, Editorial Crítica.
- Mejías, J. (2015). *Making room for a little chaos in your brain*. Recuperado el 3 de septiembre de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/JmRNXJ>
- Smolin, L. (2013). *Time Reborn: from the Crisis in Physics to the Future of the Universe*. Houston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Stewart, I. (1998). *El segundo secreto de la vida*. Barcelona: Colección Drakontos, Editorial Crítica.
- Wolfram, S. (2002). *A New Kind of Science*. Canadá: Wolfram Media Inc.

Películas y videos

- Dormael, J. V. (2009). *Mr Nobody*. Bélgica, Francia, Alemania, Canada: Pan-Europeenne.

