
ECONOMÍA MATERIAL: CUERPO Y CEREBRO

*Santiago Alonso**

El cuerpo –los componentes orgánicos y biológicos que forman parte del organismo– es el sustrato material que permite decidir. Esto no es sorprendente e incluso puede parecer obvio. Para pagar una cuenta en un restaurante se necesitan manos, para escoger un producto en una tienda hay que ver o tocar, un corredor de bolsa necesita cuerdas vocales para comunicarse con otras personas. En general, necesitamos el cuerpo para actuar y en distintas actividades se usa de manera diferente. La noción de que el cuerpo, junto con sus limitaciones, es el que permite decidir se ha extendido a diferentes campos. Pfeifer y Bongard (2006) la extienden al campo de la inteligencia artificial. Según ellos, la inteligencia necesita cuerpo, y para producirla no basta obrar en las dimensiones cognitivas y computacionales, también se debe considerar la estructura física de aquello a lo que se quiere imprimir inteligencia. Usan un término transparente: “computación morfológica”, que transmite la idea de que parte del control o del procesamiento computacional de un robot, por ejemplo, se puede realizar mediante las características físicas y formales del cuerpo (así como los músculos, debido a su estructura, actúan como un resorte). Esas características dan más rapidez y robustez reduciendo la tarea computacional de la unidad central de procesamiento (el cerebro).

Según algunos psicólogos cognitivos, el cuerpo es el que permite construir metáforas y combinaciones de conceptos, los cuales son

* M.S. en Neurociencia y Educación, Columbia University. Catedrático de Neuroeconomía en la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, [sa2480@columbia.edu]. Fecha de recepción: 31 de mayo de 2011, fecha de modificación: 21 de febrero de 2012, fecha de aceptación: 2 de marzo de 2012.

esenciales para entender las abstracciones y comunicarnos (Fauconnier y Turner, 2002). Por ejemplo, la capacidad para entender una película en la que el protagonista viaja en el tiempo y se encuentra a sí mismo requiere esquemas conceptuales abstractos y complejos, que la mayoría podemos construir porque nuestra corporalidad (un cuerpo con ciertas características) permite volver discreto cualquier objeto mediante la capacidad para ver (ojos), sentir (piel), oler (nariz), oír (oído) y categorizar (Ashby y Maddox, 2005; Fredman et al., 2003). Si tuviésemos un cuerpo con receptores sensoriales diferentes (p. ej., más sensibles) categorizaríamos de manera diferente. La corporalidad también permite entender la idea de copiar, a causa de los receptores sensoriales (p. ej., los ojos) y aparatos motores que reconocen similitudes y pueden imitar (p. ej., los sistemas espejo; Rizzolatti y Craighero, 2004). La combinación de discretizar y copiar, que nuestro organismo hace posible por sus características morfológicas y fisiológicas, permite entender conceptualmente la extraña idea de encontrarse a sí mismo. Se puede copiar cualquier objeto discreto y esa copia se puede encontrar con ella misma, pues son dos objetos diferentes.

Más allá del cine de ciencia ficción, la idea de cognición y metáforas corporizadas es robusta y suscita muchas reflexiones. En un detallado estudio de la cognición matemática, Lakoff y Núñez (2000) plantean argumentos interesantes acerca de la forma en que el cuerpo hace reales y comprensibles las matemáticas. Argumentan que las matemáticas que construyen los seres humanos son aquellas que el cuerpo y el procesamiento cerebral hacen posibles. Por ejemplo, concebimos el infinito como un proceso repetitivo incesante (así como en los números naturales, donde se añade uno más para obtener el siguiente). Esto obedece en parte a que nuestro sistema motor tiene capacidad para iterar (caminar es repetir un paso tras otro). Y tiene implicaciones interesantes, en particular que es difícil defender el platonismo en matemáticas (Dehaene, 1997). Las intuiciones y los momentos de inspiración no implican que el matemático tenga rápido acceso a un mundo de las ideas, sino que hubo una nueva activación neuronal o motora (sobre las intuiciones aritméticas, ver Dehaene, 2009). Así, un tema que parece abstracto e inmaterial por definición, no lo sería del todo. No hay evidencia de que la matemática es independiente de las disposiciones corporales, que se expresan en la forma en que el organismo interactúa con el entorno y lo procesa. Decir que las matemáticas son *exclusivamente* ideas que habitan en otro mundo es metafísico y especulativo. No hay manera de recoger datos que lleven

a aceptar que una idea matemática habita algún supramundo. Pero sí se puede demostrar que la corporalidad hace posible concebirlas y entenderlas. Este es un nuevo campo de estudio, relacionado con lo que se llama cognición corporizada.

En economía, Oullier y Basso (2010) proponen extender el concepto de cognición corporizada al estudio de la toma de decisiones. En esto siguen a F. Hayek, quien señaló que el comportamiento humano es inseparable de la circularidad que se forma entre sentidos y procesos motores: lo que percibimos afecta nuestro comportamiento y nuestro comportamiento influye en lo que percibimos. Witt y Proffitt (2008) encontraron evidencia que respalda esta idea. Pidieron a diversos sujetos que reportaran la distancia que percibían entre dos puntos y luego tocaran el punto más lejano. Los sujetos estaban sentados ante una mesa, no se podían levantar y el punto lejano no se podía alcanzar con los brazos. El artificio ingenioso fue el siguiente. En algunas rondas se les daba una vara para que pudieran tocar el punto lejano. Y encontraron algo interesante: la distancia percibida era mayor cuando debían tocar el punto más lejano extendiendo los brazos. Cuando tenían la vara en la mano la distancia percibida era menor. Es decir, la percepción varió por el simple hecho de poder alcanzar el punto lejano, por el alcance corporal.

Lo que Oullier y Basso proponen se basa en ideas análogas. La intuición es simple: las decisiones económicas no se toman en el vacío, las personas, con sus cuerpos, interactúan; y esta interacción determina las decisiones económicas. Ellos llaman dinámicas de coordinación social (SCD, por sus siglas en inglés) al marco experimental en que recogen e interpretan las evidencias de interacción corporal. Por ejemplo, los resultados de un experimento donde dos sujetos ponen sus dedos índices frente a frente y los mueven libremente, en frecuencia y amplitud, dan una métrica aproximada de qué tan buena es la coordinación entre pares de personas. En otros experimentos se ha encontrado que los sujetos que coordinan mejor aumentan los intercambios monetarios en juegos clásicos, como el juego de la confianza (Oullier, Thoron et al., 2010).

La pregunta es por qué el cuerpo influye o tiene efectos sobre las decisiones económicas (p. ej., de coordinación con otras personas). Oullier y Basso dicen que este tema no se ha explorado en profundidad y afirman que su marco experimental SCD es el primer intento de poner a prueba estas ideas, lo que no es del todo cierto. El propósito de la neuroeconomía es que la economía tenga mejores fundamentos biológicos, psicológicos y neurocorporales, que tome en cuenta los

resultados de los estudios actuales sobre el comportamiento, la genética, las imágenes cerebrales, los desórdenes mentales.

En este artículo se revisan algunos hallazgos recientes en neuroeconomía y se argumenta que el estudio del cerebro y del cuerpo es relevante para la ciencia económica. Consta de dos secciones. En la primera se comentan algunos trabajos que muestran que el cuerpo —y su cerebro— tiene rasgos económicos, en el sentido de que optimiza algunos procesos, o es esencial para tomar decisiones (p. ej., en el procesamiento de información). En la segunda se presentan algunos hallazgos sobre el procesamiento del valor en el cerebro y unas breves reflexiones sobre una idea que se podría derivar de la neuroeconomía: la biología revelada, un concepto que sintetiza la noción de que los organismos deben ser consistentes con su biología. Las preferencias reveladas, medidas en dos momentos, t y $t+1$, pueden ser inconsistentes, pero el trasfondo biológico del procesamiento de valor también debe ser diferente en esos momentos (Fehr y Rangel, 2011).

CUERPO, CEREBRO Y DECISIONES

El ojo es una parte del cuerpo humano cuya función es recoger las señales visuales (como el color). Es la única estructura corporal que tiene fotorreceptores o unidades sensibles a la luz (por ese hecho no vemos con los dedos). Pero también cumple un papel en la asignación de valores y al decidir. Algunos estudios han encontrado, por ejemplo, que sujetos con habilidad para inferir la probabilidad de un evento reparten eficientemente el tiempo de observación entre las distintas fuentes de información (Alonso, 2011). En otro estudio, donde los sujetos debían elegir entre dos opciones, el tiempo de observación iba acumulando el valor relativo de cada opción y cuando alguna llegaba a un umbral de valor total era elegida (Krajbich et al., 2010). En términos simples, los ojos acumulan evidencia acerca del valor. Si se llega a un límite, que favorece una opción, entonces es elegida. Es interesante que en este estudio la observación no se relaciona con la preferencia; la preferencia revelada puede ser más una función del tiempo de observación de una opción que de la preferencia en sí misma (una hipótesis que requiere más investigación).

Aún no es claro por qué el tiempo de fijación visual es importante en la toma de decisiones. Más adelante se indica que algunas áreas cerebrales tienen correlatos neuronales del valor de las opciones, aquí basta decir que el hallazgo de que los ojos acumulan valor relativo, mediante el tiempo de observación, implica que están conectados con esas áreas cerebrales. Es decir, la actividad cerebral que hace po-

sible la visión no se limita a captar luz y reconocer figuras; los ojos, y los demás sentidos, son los que captan la evidencia necesaria para determinar el valor de las opciones y modificar las decisiones. En ese sentido, independizar el proceso de toma de decisiones del cuerpo y sus conexiones neurales materiales es un esfuerzo interesante pero hace de la economía un ejercicio platónico.

Por otra parte, el cuerpo parece tener rasgos análogos al funcionamiento económico. Se ha encontrado que el sistema motor humano puede hacer optimizaciones análogas a la del valor esperado. Por ejemplo, si se pide a sujetos experimentales que hagan un movimiento rápido, de menos de 1 segundo, con consecuencias positivas o negativas, su acción motora maximiza el valor esperado (Trommershäuser et al., 2003; Gephstein et al., 2007). Cuando se hace un movimiento rápido, sin tiempo para reflexionar, se puede decir que el cómputo es implícito/automático. Lo sorprendente es que las personas, mediante su sistema motor, optimizan de acuerdo con el valor esperado. Quizá más relevante, hacer movimientos motores rápidos es una tarea errática, probabilística en el sentido de que el resultado varía (el lector puede intentar detener un cronómetro lo más rápido posible en repetidas ocasiones, nunca lo hará al mismo tiempo, el registro indicará tiempos diferentes una y otra vez, dentro de cierto rango). Esto indica que el organismo integra la variación motora errática en la decisión, y prácticamente en forma óptima, pues los sujetos experimentales maximizan conforme al valor esperado.

El hecho de que el sistema motor parece ser un mecanismo probabilístico eficiente contrasta con los resultados clásicos del estudio del comportamiento (Kahneman et al., 1982). En economía del comportamiento se ha encontrado repetidamente que para las personas es difícil tomar decisiones probabilísticas. Y, al parecer, más bien utilizan heurísticas, atajos (Gigerenzer y Brighton, 2009); como si evitaran dilapidar esfuerzos en el procesamiento al tomar decisiones aleatorias y riesgosas. Esta tesis tiene amplio respaldo experimental, incluso mereció el premio en conmemoración de Alfred Nobel (Kahneman, 2002). Sin embargo, si solo se consideran los resultados de los experimentos de economía del comportamiento se transmite la idea parcial de que en un marco de optimización, las personas no tienen habilidad para el cálculo de probabilidades. Esto deja de lado otros resultados, como los de Trommershäuser et al., ya mencionados, que indican que el sistema motor integra las probabilidades eficazmente. Incluso, los primates tienen neuronas parietales que “operan” probabilísticamente (Yang y Shadlen, 2007), y varios grupos de experimentadores consi-

deran que el cerebro es un dispositivo bayesiano (Doya et al., 2007; Temperley, 2007).

El problema epistemológico es que al omitir toda referencia a lo que hacen el cerebro y el sistema motor se deja en el lector la sensación de que las personas son sub-óptimas cuando sus decisiones involucran probabilidades. En otras palabras, la economía del comportamiento sigue un camino similar al de la economía estándar: aísla variables, omite algunas y crea imágenes parciales. Quizá en contextos estáticos (p. ej., resolver un problema de probabilidades en el papel o en una pantalla de computador, cuya respuesta es única y lógica), como en los que se evalúan los efectos de encuadramiento, los sujetos adopten comportamientos probabilísticos particulares, como elegir ganancias seguras o preferir las pérdidas más riesgosas, así el problema sea el mismo aunque planteado en forma diferente (Tversky y Kahneman, 1981). Pero en contextos dinámicos, de aprendizaje con retroalimentación, los resultados experimentales sugieren gran habilidad para el cálculo probabilístico, aun para el cálculo bayesiano (Estes et al., 1989; Meeter et al., 2008).

No solo el cuerpo recoge evidencia del valor de las opciones (con los ojos, p. ej.) y puede hacer “juicios probabilísticos” eficientes (si hay retroalimentación) sino que tiene una herramienta adicional, esencial en las decisiones sociales, la cual es tema de estudio de la teoría de la mente: la capacidad para formar expectativas/teorías de lo que sucede en la mente de otros (que en adelante llamamos ToM, por su sigla en inglés). Sabbagh et al. (2010) encontraron que la ToM se relaciona con la modulación corporal. En su experimento evaluaron un grupo de niños con dos pruebas: una prueba estándar para evaluar la intensidad de la ToM (los autistas suelen tener bajo puntaje) y otra de levantamiento de pesos. En esta debían levantar secuencialmente dos pesos diferentes, pero visualmente iguales. Se encontró que quienes obtenían alto puntaje en la primera prueba se adaptaban mejor a los pesos (p. ej., no ejercían fuerza excesiva cuando el peso era menor, así fuese visualmente idéntico). Esto sugiere que el control corporal está ligado a la ToM, aunque no es claro cómo ni por qué.

La ToM parece intervenir en el comportamiento económico, aun donde se piensa que solo se usan cálculos. Por ejemplo, en el juego del concurso de belleza, inspirado en las subastas. En este juego, de varios participantes, cada cual elige libremente un número dentro de un rango determinado (1 a 100, p. ej.). Gana el que más se acerque al promedio de los números elegidos por todos los jugadores. Coricelly y Nagel (2009) encontraron que en el curso de este juego a los partici-

pantes se les activaban áreas sociales del cerebro (la corteza prefrontal medial, la corteza cingulada posterior y la unión temporal-parietal) relacionadas con la ToM, y no las regiones numéricas (como la IPS). Brugier et al. (2010) encontraron resultados similares. En su experimento, los sujetos observaban el movimiento de los precios y montos transados en una sesión de negociación. Se esperaba observar alguna actividad en las áreas numéricas; no obstante, mientras observaban la sesión en los sujetos se activaban áreas del cerebro social conectadas con la ToM y ningún circuito lógico o numérico.

Las posibles razones para que en estos experimentos no se activen los módulos numéricos/lógicos (como el surco intraparietal) no son tema de este escrito, y basta señalar la activación de las áreas ToM. Esta activación se puede interpretar como una asignación de intencionalidad, como si antropomorfizara los datos y sus variaciones; de ahí que intervengan las áreas esenciales para mentalizar al otro. Por supuesto, esta interpretación es polémica, aunque sea congruente con los resultados. Más interesante es que la ToM depende de la modulación corporal, lo que sugiere que si hay decisiones económicas que se antropomorfizan, el cuerpo es esencial para entenderlas.

Esto no implica que toda decisión esté libre de cómputo, pues siempre se deben procesar inputs de información. Quizá el detallado estudio de Burks et al. (2009) sea el que mejor muestre que la habilidad de procesamiento se relaciona con las decisiones. En su investigación evaluaron el coeficiente intelectual no verbal (con matrices de Raven), la habilidad numérica básica (con la prueba de numerosidad) y la aptitud para planear (con la prueba "Hit 15") de 1.066 camioneros estadounidenses. Además, les hicieron pruebas económicas para medir la actitud frente al riesgo (p. ej., de decisión entre opciones seguras o probabilísticas), las preferencias inter-temporales (elegir entre recompensas menores ahora y recompensas mayores más tarde) y evaluar el comportamiento estratégico (dilema del prisionero). Además, revisaron los archivos de las empresas en que trabajaban para determinar qué tiempo permanecían en el empleo.

En ese extenso estudio encontraron varios resultados. Primero, la habilidad cognitiva se relaciona con la consistencia de las decisiones (p. ej., si se es averso al riesgo, la consistencia implica que se tiende a evitar las opciones riesgosas, medida por la frecuencia). Segundo, una menor habilidad cognitiva se relaciona con una mayor aversión al riesgo en términos de ganancias. En términos de pérdidas, aspecto en que las personas tienden a ser propensas al riesgo (De Martino et al., 2006), la propensión al riesgo disminuyó con la mayor habilidad

cognitiva. Es decir, esta influye, de un modo que aún no es claro, en la actitud hacia el riesgo. Tercero, los sujetos con mayor habilidad cognitivas son más pacientes en las decisiones inter-temporales. Cuarto, en la prueba estratégica, los sujetos con mayor coeficiente intelectual (CI) preveían mejor el comportamiento de los otros. Y por último, la mayor permanencia en el empleo se relaciona con un CI más alto. En suma, según todas las medidas, las diferencias en la habilidad cognitiva generan diferencias en el comportamiento económico.

El problema es que los índices de inteligencia, como los que usan Burks et al., son controversiales (Gould, 1981; Sternberg, 1999), y sus resultados se deben tomar con cautela. No obstante, esos índices muestran diferencias en la estructura y el desarrollo cerebral. En una revisión de la literatura sobre tamaño cerebral y habilidad cognitiva, Rushton y Ankney (2009) concluyen que hay suficiente evidencia de una correlación entre ambas variables, aunque la correlación no indica relaciones causales. La relación no es simple, y más que el tamaño quizá la evolución cortical durante el desarrollo del niño sea lo que determina el coeficiente intelectual (Shaw et al., 2006). ¿Qué elementos intervienen en el desarrollo cerebral? La respuesta tampoco es simple, pero buen cuidado prenatal, estímulos cognitivos y ambientes ricos son factores esenciales que no solo modulan la estructura cerebral sino los resultados cognitivos (Hackman et al., 2010), quizá por los cambios estructurales que inducen.

Sea como sea, si la cognición afecta el comportamiento económico (Burks et al. 2009) y la estructura cerebral afecta la cognición (Shaw et al., 2006), la conexión entre estructura cerebral y comportamiento económico no es irrelevante. Tost et al. (2010) encontraron que cierta expresión genética en los sujetos que evaluaron afectaba el volumen de su hipotálamo y que esta expresión genética explicaba la intensidad del comportamiento pro-social, medido con tests de personalidad estandarizados. Aunque falte más investigación, su estudio sugiere que el tamaño de una parte del cuerpo explica las actitudes pro-sociales, y estas son centrales en la economía.

Para terminar esta sección cabe recalcar que las instituciones que regulan la economía son un manifestación del procesamiento cognitivo (Mantzavinos et al., 2003; North, 2005) asociado a nuestra estructura cerebral. Con esta idea en mente, se pueden hacer preguntas hipotéticas. Por ejemplo, ¿el tamaño del sistema de seguros depende de la aversión a las pérdidas inducida por los procesos amigdalares suscitados por ciertos estímulos? Tal vez sí. La aversión a las pérdidas es real, y no solo en los humanos, también en los primates; lo que indica factores

evolutivos (Lakshminarayanan et al., en prensa). Por otro lado, la aversión a las pérdidas se relaciona con el procesamiento amigdalario (De Martino et al., 2010): los pacientes con lesiones focales bilaterales en la amígdala (carentes de amígdala) sienten menos aversión a las pérdidas. La amígdala cumple un papel esencial y forma parte del cerebro reptiliano, que compartimos con otras especies. ¿Qué pasaría si los humanos tuviéramos una estructura cerebral diferente, sin amígdala? ¿Habría menos aversión general a las pérdidas y, por ende, un sistema de seguros más pequeño? Estas preguntas retóricas aluden al punto principal de este ensayo: la economía y las decisiones económicas no están desligadas del organismo. No hay decisiones platónicas.

EL VALOR Y EL CEREBRO

La explicación platónica de las decisiones es un ejercicio intelectual interesante, y la economía ha hecho magníficos avances en esta área. La neurociencia no pretende criticar la economía normativa. Como sostienen Gul y Pesendorfer (2008), eso significaría que no se entiende que la economía y la neurociencia tienen motivos y herramientas diferentes para explicar sus temas de estudio. No obstante, la comprensión de los procesos de toma de decisiones se bloquea si no se refinan las herramientas analíticas y si se omiten los hallazgos de las ciencias del cerebro (Camerer, 2008).

Esta sección se dedica a un tema en particular: ¿cómo se procesa el valor en el cerebro? Una pregunta esencial, pues cualquiera que sea la forma que tome el proceso de toma de decisiones es difícil pensar que no intervenga alguna valoración (aunque no es difícil de concebir, pero implica un determinismo mecánico, una acción refleja más que una decisión). Los hallazgos de la neurociencia tienen alcances interesantes, y lo que sigue no es una revisión exhaustiva.

Lo primero es señalar los circuitos básicos que se modulan cuando se toman decisiones que involucran valores. Sugrue et al. (2005) exponen un marco conceptual de uso frecuente en neurociencia que es útil para entender las señales de valor en el cerebro. Consta de dos niveles: un actor y un crítico. El actor asigna valores y toma decisiones. Esto implica dos mecanismos de procesamiento: el de valoración de las opciones y el de toma de decisiones (diferente o complementario): valorar es diferente de decidir. Esto no significa que la decisión sea independiente de la valoración; ambos procesos se retroalimentan y, en un marco biológico, son, más bien, diferenciables (ver Glimcher, 2009).

El crítico es esencial para dar flexibilidad y capacidad de aprendizaje al organismo. En términos simples, el crítico compara la realidad que enfrentó el actor y sus predicciones. Por ejemplo, si el actor recibe una recompensa mayor que la esperada, el crítico se “activa” y actualiza las representaciones de valor anteriores, conforme a la nueva información. Este crítico se relaciona usualmente con la actividad dopaminérgica, pues estas neuronas se disparan cuando hay un desfase entre lo esperado y lo real (Schultz, 2002).

El modelo de actor-crítico se asocia con ciertas estructuras del cerebro. Las representaciones del valor, que sirven de input al actor, parecen generarse en regiones del estriado y la corteza frontal. En particular, la corteza órbita-frontal (OFC, todas las siglas se citan en inglés), la corteza ventromedial prefrontal (vmPFC) y el núcleo accumbens (NAcc) se modulan cuando se valoran opciones. La parte del actor que decide no es clara, y entenderla significaría resolver el misterio de la conciencia. No obstante, la corteza prefrontal (PFC) parece cumplir un gran papel pues recibe los inputs sensoriales, está conectada con áreas motoras suplementarias, integra información, representa objetivos y el modo de alcanzarlos y, en general, es esencial en el control cognitivo (Miller y Cohen, 2001). En lo que respecta al crítico, ya se mencionaron las regiones dopaminérgicas: la sustancia nigra (SN) y el área ventrotegmental (VTA), que generan señales de error, y son esenciales en los modelos de aprendizaje reforzado y para entender el comportamiento flexible y adaptativo.

En suma, el circuito que procesa el valor es extenso y debe ser alimentado con inputs adicionales que provienen del sistema límbico (la amígdala) y otras áreas, como las parietales (intraparietal sulcus, IPS), que parecen esenciales en el procesamiento de las probabilidades y la incertidumbre (Huettel et al., 2005; Yang y Shadlen, 2007).

Cabe preguntar cuál es la relevancia de conocer el circuito de valoración de las recompensas. La idea es que lo que hace el cuerpo y su estructura de procesamiento de recompensas determina el comportamiento económico (una idea que no es novedosa y fue planteada por economistas como Hayek y Edgeworth). La hipótesis explícita de la neuroeconomía es que la neurociencia contribuye a la teoría económica explicando mejor los procesos internos de las personas (Camerer et al., 2005; Loewenstein et al., 2008). La hipótesis implícita, que defiende este ensayo, es que si tuviéramos otra estructura corporal, y en particular cerebral, observaríamos otro tipo de decisiones. Es decir, el comportamiento humano no es independiente de la biología y los hallazgos de la neurociencia tienen relevancia (al menos descriptiva,

pues aún falta mucho en el campo teórico y explicativo, Bernheim, 2008).

Por ejemplo, una pregunta esencial es si los organismos tienen una moneda neuronal común para asignar valores. Esto implicaría que la actividad cerebral representa los objetos en forma cardinal. Esto no solo interesa a los neurocientíficos sino que debería captar la atención de los economistas (escépticos o no). Quizá los avances técnicos permitan encontrar una continuidad cardinal. Esto no es fácil, pues el cerebro no es simple. Y es difícil que en un futuro cercano se invente un hedonímetro (incluso parece imposible). Por ahora solo se puede decir que la cardinalidad no es platónica, que debe operar en nuestra biología. Si nuestro mecanismo biológico fuese diferente quizá podríamos decidir considerando únicamente las probabilidades (p. ej., elegir lo más probable). Pero no es el caso. Tenemos un cerebro y un cuerpo que nos permiten extender la noción de cardinalidad a las decisiones y objetos.

Con respecto a la idea de una moneda neuronal común, hay investigaciones que indican que las cortezas prefrontales pueden representarla, específicamente la vmPFC, pues su actividad parece reflejar una señal absoluta y no relativa de valor. Por ejemplo, Smith et al. (2010) lograron diferenciar el valor experimentado y el valor de decisión. En su experimento primero mostraron a los sujetos (hombres heterosexuales) fotos de billetes y de mujeres más y menos atractivas. Como se esperaba, la vmPFC se moduló positivamente con el monto del billete y el atractivo de la mujer (un billete de \$10 activaba más la vmPFC que uno de \$5). En la siguiente ronda, los sujetos podían pagar para ver las fotos de las mujeres. Lo interesante es que la actividad de la vmPFC (su parte posterior) en la primera etapa se correlacionó positivamente con la tendencia a pagar por verlas. En otras palabras, era más probable que los sujetos que produjeron una señal más fuerte en la primera etapa ante el rostro de las mujeres pusieran dinero propio para pagar en la ronda de mercado, donde se pagaba por ver.

En otro estudio de elección intertemporal, Kable y Glimcher (2010) encontraron que esa misma región (la vmPFC) se moduló por una señal absoluta de valor y no por una señal relativa que compara ahora y después. Es decir, el cerebro no hace una comparación binaria entre hoy y mañana; al parecer hay un continuo, una escala neuronal de valor absoluto, que también han encontrado otras investigaciones (Padoa-Schioppa y Assad, 2008).

Pero nunca es tan simple. Hare et al. (2009) encontraron que las señales de vmPFC se modulaban por la corteza dorsolateral prefron-

tal (dlPFC). Esto significa que si hay en efecto una escala absoluta en la vmPFC, decidir no es un problema exclusivo de valor, pues la escala se modula. Aun si se construyera un hedonímetro perfecto no sería suficiente, pues su funcionamiento no depende únicamente de él: las interacciones cerebrales lo regulan. Luego de construir el hedonímetro habría que saber cómo ocurre la regulación. Quizá el individuo revele una preferencia y el hedonímetro confirme que es la de mayor utilidad, pero que en el momento de decidir la dlPFC altere la valoración original. Esto implicaría que el hedonímetro hipotético debería ser dinámico y captar señales continuamente. Así, el problema es más complejo, pues incluye preferencias reveladas y funcionamiento biológico revelado. Entonces cobra sentido preguntar si un organismo racional consistente implica una biología revelada consistente, por ejemplo, que elija los bienes que generan mayor señal en la vmPFC después de la modulación por la dlPFC. La hipótesis es que los organismos deben ser consistentes con su biología.

El debate se centra en si esto implica determinismo biológico. En forma de pregunta: ¿decir que el organismo es consistente con su biología implica determinismo biológico? No, pues la biología es modulada por el contexto (cultura, ideas, etc.). Un ejemplo: Sokol-Hessner et al. (2009) pidieron a un grupo de sujetos que siguieran una de dos estrategias al elegir, repetidamente, entre una opción riesgosa y otra segura: la primera era pensar en cada ronda como si fuera un portafolio, donde lo importante no era la pérdida momentánea sino la ganancia de largo plazo; la segunda era fijarse en las pérdidas y ganancias momentáneas. En el experimento también se registraron las respuestas galvánicas (conductividad eléctrica en la piel, sudoración) y la aversión a las pérdidas. En los sujetos que siguieron la primera estrategia, la aversión a las pérdidas y la respuesta galvánica fueron menores. La respuesta corporal se moduló simplemente diciéndoles que no se centraran en la pérdida momentánea.

La posición contraria, que la biología nada importa, es insostenible. Los resultados de pruebas genéticas son muy dicentes. En un experimento similar al anterior, donde los sujetos escogían entre una opción segura y otra riesgosa, se encontró que los sujetos que portaban el alelo de un gen, el cual codifica la producción de una enzima que regula el catabolismo de los neurotransmisores –serotonina, dopamina, norepinefrina y epinefrina– tomaban la decisión riesgosa cuando era mejor. En particular, los que portaban el alelo MAOA-L aceptaban

la opción riesgosa cuando tenía un valor esperado positivo. Esto no implica determinismo genético, pero pone de relieve que la biología es el sustrato material de nuestro comportamiento.

CONCLUSIONES

Este artículo argumenta, por medio de la revisión de varios estudios, que el cuerpo y el cerebro constituyen el sustrato material de muchas decisiones. Primero presenta trabajos que muestran que los ojos acumulan el valor de las opciones, y que esta acumulación, cuando llega a un umbral, lleva a elegir la opción de mayor valor acumulado. Luego expone evidencia que respalda la tesis según la cual el sistema motor “elige” por nosotros y puede maximizar el valor esperado, en forma implícita-automática. Además, muestra que el volumen del hipotálamo se correlaciona con el comportamiento pro-social y que el desarrollo de la densidad cortical del cerebro humano se correlaciona con la habilidad cognitiva, la que a su vez guarda una relación con la toma de decisiones económicas. Existen muchos otros estudios que llevan a una conclusión esencial: las decisiones no son platónicas, provienen de un organismo que tiene una estructura específica, y esta determina el procesamiento de la información.

El estudio del cuerpo y del cerebro es entonces esencial, en particular el estudio del procesamiento del valor. La posibilidad de encontrar una moneda neuronal común debería captar la atención de los economistas. Se ha encontrado, por ejemplo, que la actividad de la vmPFC se correlaciona con las decisiones de mercado (Smith et al., 2010). El hedonímetro que propuso Edgeworth aún no existe y es difícil y quizá imposible construirlo, pero hay algo cierto: el hecho de que podemos entender la idea de cardinalidad implica que nuestro organismo la procesa internamente, que no es una mera construcción cultural; todavía falta saber cómo la procesa.

Somos un cuerpo, con un cerebro, aunque aún no se acepten sus consecuencias. Tal vez porque eso lleva a dejar de lado idealismos, construcciones axiomáticas y dualismos, o por otras razones, como pensar que equivale a un determinismo biológico. No obstante, decir que somos organismos biológicos no significa decir que la biología opera en forma determinística, y ahí radica la diferencia. Este escrito pone de relieve que el cuerpo, sus ojos, músculos y estructuras cerebrales son esenciales para entender las decisiones económicas. Se esfuerza por sintetizar, en forma no exhaustiva, los trabajos sobre la parte corporal más estudiada: el cerebro. Las implicaciones teóricas aún no son claras, pero la idea de que la economía pueda pasar de las

preferencias reveladas a la biología revelada es sugerente, y merece atención especial, a nivel teórico, práctico y ético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso, S. "Probabilistic learning: An eye tracking experiment using the weather prediction task", *Memorias del XXXIII Congreso Interamericano de Psicología*, Medellín, Sociedad Interamericana de Psicología, en prensa.
2. Ashby, G. y T. Maddox. "Human category learning", *Annual Reviews Psychology* 56, 2005, pp. 149-178.
3. Bernheim, D. "On the potential of Neuroeconomics: A critical (but hopeful) appraisal", NBER Working Paper, April, 2008.
4. Brugier, A. J., S. R. Quartz y P. L. Bossaerts. Exploring the nature of trading intuition [<http://www.econ.upf.edu/docs/seminars/bossaerts1.pdf>].
5. Buckholtz, J. W., C. L. Asplund, P. E. Dux, D. H. Zald et al. "The neural correlates of third party punishment", *Neuron* 60, 5, 2008, pp. 930-940.
6. Burks, S. V., J. P. Carpenter, L. Goette y A. Rustichini. "Cognitive skills affect economic preferences, strategic behavior, and job attachment", *PNAS*, 2009, pp. 7745-7750.
7. Camerer, C., G. Loewenstein y D. Prelec. "Neuroeconomics: How Neuroscience can inform Economics", *Journal of Economic Literature* 43, 2005, pp. 9-64.
8. Churchland, P. *Brain-wise: Studies in Neurophilosophy*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2002.
9. Coricelli, G. y R. Nagel. "Neural correlates of depth of strategic reasoning in medial prefrontal cortex", *PNAS*, 2009, pp. 9163-9168.
10. De Martino, B., C. Camerer y R. Adolphs. "Amygdala damage eliminates monetary loss aversion", *PNAS*, 2010, pp. 3788-3792.
11. De Martino, B., D. Kumaran, B. Seymour y R. Dolan. "Frames, biases and rational decision making in the human brain", *Science* 313, 5787, 2006, pp. 684-687.
12. Dehaene, S. "Origins of mathematical intuitions", *Annals of the New York Academy of Sciences* 1156, 2009, pp. 232-259.
13. Dehaene, S. *The number sense: How the mind creates mathematics*, New York, Oxford University Press, 1997.
14. Doya, K., S. Ishii, A. Pouget y R. Rao. *Bayesian brain: Probabilistic approaches to neural coding*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2007.
15. Estes, W., J. Campbell, N. Hatsopoulos y J. Hurwitz. "Base-rate effects in category learning: A comparison of parallel network and memory storage-retrieval models", *Journal of Experimental Psychology* 15, 4, 1989, pp. 556-571.
16. Fauconnier, G. y M. Turner. *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*, New York, Basic Books, 2002.
17. Fredman, D., M. Riesenhuber, T. Poggio y E. Miller. "A comparison of primate prefrontal and inferior temporal cortices during visual categorization", *The Journal of Neuroscience* 23, 12, 2003, pp. 5235-5246.
18. Gephstein, S., A. Seydell y J. Trommershauser. "Optimality of human movement under natural variations of visual-motor uncertainty", *Journal of Vision* 7, 5, 2007, pp. 1-18.

19. Gigerenzer, G. y H. Brighton. "Homo Heuristicus: Why biased minds make better inferences", *Topics in Cognitive Science* 1, 1, 2009, pp. 107-143.
20. Glimcher, P. "Choice: Towards a standard back-pocket model", P. Glimcher, E. Fehr, C. Camerer et al. *Neuroeconomics: Decision making and the brain*, pp. 503-522, London, Academic Press, 2009.
21. Gould, S. J. *The Mismeasure of Man*, New York, W. W. Norton and Company, 1981.
22. Gul, F. y W. Pendorfer. "The case for mindless economics", A. Caplin y A. Schotter, *The Foundations of Positive and Normative Economics*, Oxford, Oxford University Press, 2008, pp. 3-42.
23. Hackman, D. A., M. J. Farah y M. J. Meaney. "Socioeconomic status and the brain: Mechanistic insights from human and animal research", *Nature Reviews Neuroscience* 11, 2010, pp. 651-659.
24. Hare, T. A., C. F. Camerer y A. Rangel. "Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC Valuation System", *Science* 324, 5927, 2009, pp. 646-648.
25. Henrich, J., J. Ensminger, R. McElreath, A. Barr et al., "Markets, religion, community size, and the evolution of fairness and punishment", *Science* 327, 5972, 2010, pp. 1480-1484.
26. Huettel, S. A., A. W. Song y G. McCarthy. "Decisions under Uncertainty: Probabilistic Context Influences Activation of Prefrontal and Parietal Cortices", *The Journal of Neuroscience* 25, 3, 2005, pp. 3304-3311.
27. Kable, J. W. y P. W. Glimcher. "An 'As soon as possible' effect in human intertemporal decision making: Behavioral evidence and neural mechanisms", *Journal of Neurophysiology* 103, 5, 2010, pp. 2513-2531.
28. Kahneman, D. "Maps of bounded rationality: A perspective on intuitive judgment and choice", December, 2002, consultado el 13 de mayo de 2011 [http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2002/kahnemann-lecture.pdf].
29. Kahneman, D., P. Slovic y A. Tversky. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*, New York, Cambridge University Press, 1982.
30. Krajbich, I., C. Armel y A. Rangel. "Visual fixations and the computation and comparison of value in simple choice", *Nature Neuroscience* 13, 10, 2010, pp. 1292-1298.
31. Lakoff, G. y R. Núñez. *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*, New York, Basic Books, 2000.
32. Lakshminarayanan, V. R., M. K. Chen y L. R. Santos. "The evolution of decision-making under risk: Framing effects in monkey risk preferences", *Journal of Experimental Social Psychology*, en prensa.
33. Loewenstein, G., R. Scott y J. Cohen. "Neuroeconomics", *Annual Reviews Psychology* 59, 2008, pp. 647-672.
34. Mantzavinos, C., D. North y S. Shariq. *Learning, institutions and economic performance*, Bonn, Max Planck Institute, 2003.
35. Meeter, M., G. Radics, C. Myers, M. Gluck y R. Hopkins. "Probabilistic categorization: How do normal and amnesic patients do it?", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 32, 2, 2008, pp. 237-248.
36. Miller, E. K. y J. D. Cohen. "An integrative theory of prefrontal cortex function", *Annual Review of Neuroscience* 24, 2001, pp. 167-202.

37. North, D. C. *Understanding the process of economic change*, Princeton, Princeton University Press, 2005.
38. Oullier, O. y F. Basso. "Embodied economics: How bodily information shapes the social coordination dynamics of decision-making", *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365, 1538, 2010, pp. 291-301.
39. Oullier O., S. Thoron, J. Aimonetti, E. Guerci et al. "Motor synchrony and the emergence of trust in social economics games", *Front. Comput. Neurosci. Conference Abstract: Computations, Decisions and Movement*, February, 2010 [doi: 10.3389/conf.fnins.2010.01.00014].
40. Padoa-Schioppa, C. y A. J. Assad. "The representation of economic value in the orbitofrontal cortex is invariant for changes of menu", *Nature Neuroscience* 11, 2008, pp. 95-102.
41. Pfeifer, R. y J. Bongard. *How the body shapes the way we think*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2006.
42. Rizzolatti, G. y L. Craighero. "The Mirror-Neuron System", *Annual Review of Neuroscience* 27, 2004, pp. 169-192.
43. Rushton, J. P. y C. D. Ankney. "Whole brain size and general mental ability: A review", *International Journal of Neuroscience* 119, 5, 2009, pp. 692-732.
44. Sabbagh, M. A., S. F. Hopkins, J. E. Benson y J. F. Randall "Conceptual change and preschoolers' theory of mind: Evidence from load-force adaptation", *Neural Networks* 23, 8-9, 2010, pp. 1043-1050.
45. Schultz, W. "Getting formal with dopamine and reward", *Neuron* 36, 2, 2002, pp. 241-263.
46. Shaw, P., D. Greenstein, J. Lerch, L. Clasen et al. "Intellectual ability and cortical development in children and adolescents", *Nature* 440, 2006, pp. 676-679.
47. Smith, D. V., B. Y. Hayden, T. K. Truong, A. W. Song et al. "Distinct value signals in anterior and posterior ventromedial prefrontal cortex", *The Journal of Neuroscience* 30, 7, 2010, pp. 2490-2495.
48. Sokol-Hessner, P., M. Hsu, N. Curley, M. Delgado et al. "Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion", *PNAS* 106, 2009, pp. 5035-5040.
49. Sternberg, R. J. "The theory of successful intelligence", *Review of General Psychology* 3, 4, 1999, pp. 292-316.
50. Sugrue, L., G. Corrado y W. Newsome. "Choosing the greater of two goods: Neural currencies for valuation and decision making", *Nature Reviews, Neuroscience* 6, 5, 2005, pp. 363-375.
51. Temperley, D. *Music and probability*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2007.
52. Tost, H., B. Kolachana, S. Hakimi, H. Lemaitre et al. "A common allele in the oxytocin receptor gene (OXTR) impacts prosocial temperament and human hypothalamic-limbic structure and function", *PNAS* 107, 2010, pp. 13936-13941.
53. Trommershäuser, J., L. T. Maloney y M. S. Landy. "Statistical decision theory and the selection of rapid, goal-directed movements", *Journal of the Optical Society of America* 20, 7, 2003, pp. 1419-1433.
54. Tversky, A. y D. Kahneman. "The framing of decisions and the psychology of choice", *Science* 211, 4481, 1981, pp. 453-458.

55. Witt, J. K. y D. R. Proffitt, "Action-specific influences on distance perception: A role for motor simulation", *Journal of Experimental Psychology* 34, 6, 2008, 1479-1492.
56. Yang, T. y M. Shadlen. "Probabilistic reasoning by neurons", *Nature* 447, 2007, pp. 1975-1080.