

NOTAS Y COMENTARIOS

PREFERENCIA TEMPORAL EN EL CEREBRO: UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LAS CONTRIBUCIONES DE LA NEUROECONOMÍA AL ESTUDIO DE LA ELECCIÓN INTERTEMPORAL*

*René San Martín, Pablo Isla y Camilo Melis***

RESUMEN

Las decisiones humanas suelen implicar costos y beneficios distribuidos en el tiempo. Este artículo revisa el estado actual de la investigación con neuroimagen acerca de la manera en que el cerebro produce decisiones intertemporales. Se propone que mientras resulta poco probable que la neurociencia sea el terreno adecuado para decidir entre los modelos formales propuestos por la economía conductual, los recientes avances en el estudio del cerebro ofrecen la posibilidad de enriquecer dichos modelos incorporando nuevos conocimientos respecto a cómo el cerebro representa magnitudes, atribuye valor, regula conductas orientadas a metas y genera pensamiento prospectivo.

ABSTRACT

Human decision-making tends to involve costs and benefits distributed over time. This article reviews the current state of neuroimaging research on how the brain produces inter-temporal choices. It is proposed that while it is unlikely that neu-

* *Palabras clave:* descuento temporal, neuroeconomía, neuroimagen, preferencia temporal, toma de decisiones. *Clasificación JEL:* D87, D91, I12, C91, D81. Artículo recibido el 22 de enero y aceptado el 6 de junio de 2011. Este trabajo ha sido particularmente financiado por una beca Fulbright-CONICYT otorgado a René San Martín.

** R. San Martín, Center for Cognitive Neuroscience, Center for Interdisciplinary Decision Sciences y Department of Psychology and Neuroscience, Duke University, Durham, North Carolina. P. Isla, Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile. C. Melis, Facultad de Economía y Empresa, Universidad Diego Portales, Chile [correo electrónico: camilo.melis@udp.cl].

roscience is the appropriate field to decide between the formal models proposed by behavioral economics, recent advances in the study of the brain have the potential to enhance these models by incorporating new knowledge on how the brain represents magnitude, attribute value, regulates goal-directed behaviors and generates prospective thinking.

I. DECISIONES INTERTEMPORALES

Los seres humanos nos vemos constantemente implicados en decisiones intertemporales; obligados a decidir entre costos y beneficios que se encuentran distribuidos en el tiempo (Loewenstein y Elster, 1992; Loewenstein *et al.*, 2003). La versión más común de este dilema es decidir entre beneficios menores disponibles inmediatamente y beneficios mayores disponibles luego de que cierto periodo, desde minutos hasta años, ha transcurrido. Gastar todos los ingresos de un mes en necesidades y deseos inmediatos *versus* ahorrar para obtener una vivienda o una buena jubilación es un ejemplo común en las sociedades actuales, y estas decisiones ponen en funcionamiento mecanismos biológicos para la planeación, la autorregulación, la representación del tiempo y la comparación de beneficios de distinta naturaleza.

La preferencia temporal es un fenómeno sistemáticamente observado en el contexto de decisiones intertemporales, referido a la preferencia de utilidades inmediatas por sobre utilidades futuras (Frederick *et al.*, 2002). Samuelson (1937) fue uno de los primeros en describir cómo la mayoría de las personas están dispuestas a sacrificar el valor del beneficio conseguido con tal de obtener un beneficio en un intervalo de tiempo más corto. La fuerza de esta preferencia temporal es medida en la economía conductual en términos de la magnitud de preferencia temporal (*time preference*), o la pendiente de descuento temporal (*delay discounting*), dos términos que tienden a usarse de manera intercambiable en la bibliografía para referir el grado en que el valor subjetivo de un bien o monto es degradado por el rezago de su obtención (Manzur, 1987). Este artículo pretende analizar la contribución que la neurociencia, y específicamente el esfuerzo interdisciplinario conocido como “neuroeconomía” (revisado en Camerer *et al.*, 2005; Glimcher y Rustichini, 2004; Sanfey *et al.*, 2006) ha hecho y puede hacer al estudio de las decisiones intertemporales humanas.

La importancia de la preferencia temporal en las decisiones intertemporales parece autoevidente para entender las decisiones económicas. “Tiempo” es una dimensión relevante en dilemas con claras consecuencias económicas: buscar trabajo ahora o buscar oportunidades de educación que aumenten las probabilidades de conseguir un mejor trabajo en el futuro; o gastar ahora *versus* ahorrar para que en el futuro se tenga la posibilidad de invertir, por señalar un par. El resultado de

estos procesos decisionales tiene un efecto económico importante en lo individual y familiar. Investigaciones en economía conductual han demostrado un claro papel del descuento temporal en fallas a la hora de planear, ahorrar e invertir (Angeletos *et al.*, 2001; Laibson, 1997). Más aún, por efecto de agregación, las preferencias temporales pueden afectar la economía de un modo más general, al repercutir en el momento socioeconómico de la población general. Investigaciones del Banco Mundial (1992) y Lawrence (1991) encontraron que las personas que viven en situación de pobreza tienen mayores descuentos temporales relativos, factor que inhibe inversiones durables y de largo plazo (Becker y Mulligan, 1997) que son claves para romper círculos de pobreza. Diversos factores macroeconómicos y de condiciones de vida pueden, a su vez, influir la inclinación de la pendiente de este descuento temporal, llegando incluso, desde un punto de vista ecológico, a afectar la definición de racionalidad. Un claro ejemplo de esto puede observarse en países extremadamente pobres, donde la expectativa de vida no excede los 40 años de edad (por ejemplo Guinea-Bissau). En dichos contextos la meta es la supervivencia y no la maximización a largo plazo (Pennings y Garcia, 2005).

Este tema ha sido también intensamente estudiado en psicología, integrando recientemente conocimientos del resto de las ciencias naturales mediante la utilización de métodos neurocientíficos. Mucho del interés de los psicólogos y profesionales de la salud mental se basa en la expectativa de que un mejor entendimiento de los mecanismos neocognitivos del descuento temporal facilitaría el entendimiento de las causas, y por ende el tratamiento, de problemas de autorregulación conductual tradicionalmente clasificados como disfunciones en el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (American Psychiatric Association, 2000). En efecto, una serie de estudios sugieren que parte de la explicación de algunos de trastornos, como el déficit de atención (Critchfield y Kollins, 2001; Plichta *et al.*, 2009), la adicción a sustancias (Bickel y Marsch, 2001; Bickel *et al.*, 2007; Perry y Carroll, 2008), la adicción al juego (Petry, 2001) y la obesidad (Takahashi, 2010; Weller *et al.*, 2008), refiere a desregulaciones en mecanismos cerebrales para la toma de decisiones intertemporal. Más aún, tal como Mischel *et al.* (1988) mostraron en un estudio precursor, diferencias individuales en las pautas de decisiones intertemporales se asocian a importantes consecuencias para el curso de vida de los individuos. Mischel y colegas encontraron que la capacidad de postergar gratificación demostrada por infantes durante su época preescolar se correlaciona positivamente con las competencias sociales y cognitivas de cada individuo al iniciar la adolescencia. Finalmente, y de manera importante para el interés más general de la psicología en explicar la cognición y el comportamiento, se ha apreciado repetidamente que los efectos del descuento temporal son ubicuos tanto para recompensas primarias (por ejemplo comida, jugo; Ainslie, 1974; Kobayashi y Schultz, 2008; McClure *et al.*, 2007; Mischel *et al.*, 1988; Richards *et al.*, 1997) y secundarias (por ejemplo dine-

ro, reputación; Thaler, 1981; véase una revisión del tema en Loewenstein y Prelec, 1992).

Los intereses de economistas y psicólogos convergen aún más al estudiar cómo las manipulaciones conducturales pueden modular el valor subjetivo de costos y beneficios en decisiones intertemporales (véase una detallada revisión en Tesch y Sanfey, 2008). Thaler (1981) fue el primero en demostrar un efecto de la magnitud del premio (*prize magnitude effect*) al mostrar cómo la pendiente del descuento temporal aumenta para beneficios pequeños. En el mismo trabajo Thaler describió por primera vez el efecto de la valencia de la recompensa (*reward valence effect*), de acuerdo con el cual las ganancias son descontadas de un modo más empinado que las pérdidas. Read (2001) presentó un efecto del número de elecciones (*number of choices effect*), mostrando que cuanto mayor es el número de elecciones que un individuo debe realizar, mayor es el descuento temporal. Loewenstein y Sicherman (1991) propusieron un efecto de ordenamiento (*order effect*) refiriendo a un fenómeno según el cual recompensas incluidas en una secuencia creciente en el tiempo resultan más valoradas que las mismas recompensas en una secuencia decreciente. En un trabajo anterior, Loewenstein (1988) había mostrado que las personas prefieren acelerar en vez de detener programas de pago. Lowestein y Prelec (1993) entregaron pruebas en contra del supuesto de la separabilidad de las preferencias que establece que el valor de una secuencia de resultados es igual a la suma del valor de sus componentes. Los autores mostraron que las personas prefieren recompensas distribuidas en el tiempo. Un efecto del tipo de recompensa también ha sido observado, por ejemplo el valor de la comida es descontado más rápidamente que el dinero (Odum y Rainaud, 2003). El estado mental de los participantes al momento de tomar las decisiones puede modular las tasas de descuento temporal (revisado en Berns *et al*, 2007). Las preferencias temporales son incrementadas tras intervenir en las estrategias de autocontrol que los sujetos emplean (Baumeister y Heatherton, 1996) incrementadas en sujetos emocional o sexualmente excitados (Loewenstein, 1996) e incrementadas en fumadores tras ser privados de la nicotina (Field *et al*, 2006; Mitchell, 2004).

II. MODELOS DE DESCUENTO TEMPORAL

1. Decisiones intertemporales racionales

a) *Racionalidad de sentido común.* La teoría de la decisión racional ha dominado las aproximaciones formales al comportamiento económico durante la mayor parte del siglo xx (Arrow, 1951). Esta perspectiva modela a los individuos como maximizadores de utilidad sobre la base de un conjunto estable de preferencias (Becker, 1976). Según esta concepción, si las personas fuesen neutrales al riesgo, tomar

decisiones que tienen consecuencias distribuidas en el tiempo no sería distinto de tomar otro tipo de decisiones: los individuos identificarían costos y beneficios entre los potenciales resultados de los cursos de acción disponibles, ponderarían cada posible resultado por su probabilidad y ejecutarían el curso de acción asociado al mayor valor esperado.

La racionalidad respecto a las decisiones intertemporales ha sido considerada de dos modos. El primero puede ser descrito como indiferencia temporal, el cual a pesar de no tener apoyo en investigación científica aparece alineado con nociones de sentido común referidas a que el tiempo, por sí mismo, no puede afectar las preferencias. Tal como Jevons escribió, mientras intentaba caracterizar al agente racional ideal: “todos los placeres o dolores futuros deberían actuar sobre nosotros con la misma fuerza como si fueran presentes” (Jevons, 1871, p. 76, traducción de los autores). Sin embargo, los seres humanos mostramos preferencia por buenos resultados inmediatos y malos resultados pospuestos (Frederick *et al*, 2002; Samuelson, 1937).

b) *Modelo de utilidad descontada*. La elección intertemporal se transformó en un tema muy establecido dentro de la economía a partir de la publicación de *La teoría sociológica del capital*, de John Rae (1834). Según Rae la propuesta de Adam Smith (1776) respecto a que la riqueza de las naciones está determinada por la cantidad de trabajo enfocado a la producción de capital resultaba incompleta. Rae argumentaba, a partir de un trabajo reflexivo más que empírico, que cualquier desarrollo respecto a la riqueza debía tomar en cuenta factores psicológicos como el deseo de acumulación y la capacidad de ejercer autocontrol, y factores ambientales que aumenten o disminuyan la incertidumbre respecto al futuro. El primer economista neoclásico en abordar este tema fue Fisher (1930), quién modeló las decisiones de consumo intertemporal a partir de una curva de indiferencia entre el consumo en el presente año (la abscisa) y en el próximo año (la ordenada). El trabajo de Fisher es antecedente directo del modelo de utilidad descontada (Samuelson, 1937) que establece los cimientos del tratamiento de la preferencia temporal en los desarrollos neoclásicos. Samuelson presentó este modelo en un artículo de cinco páginas titulado “A Note on Measurement of Utility”. El modelo de utilidad descontada busca ofrecer una formalización de la elección intertemporal que sea aplicable a múltiples períodos (elección multitemporal); superando así las dificultades que el modelo de Fisher (1930) planteaba a la hora de establecer comparaciones entre más de dos períodos. Todas las consideraciones psicológicas planteadas por Rae (1834) fueron comprimidas en un único parámetro correspondiente al rímo de descuento.¹

¹ Este punto es analizada en nuestras conclusiones, dado que justamente es esta la simplificación que ha puesto en entredicho la economía conductual y más recientemente la neuroeconomía. Cabe señalar que la bibliografía en neuroeconomía tiende a utilizar un “modelo de descuento exponencial” en vez de un “modelo de utilidad descontada” para referirse al mismo desarrollo.

El modelo de utilidad descontada permite que los agentes racionales evalúen beneficios futuros, siempre y cuando dicha devaluación ocurra a un ritmo fijo de descuento por unidad de tiempo (Friedman, 1963). Desde su formulación original fue modelado como una función exponencial descendente. El valor actual para una cadena de recompensas (c_1, c_2, \dots) descontada exponencialmente puede ser representada como:

$$V = \left(\sum_{t=0}^{\infty} \delta^t u(c_t) \right) \quad (1)$$

en la que u es la función de utilidad, con valores bajos del parámetro de descuento (δ), que indica un descuento exponencial más pronunciado. El descuento exponencial es atractivo para los teóricos de la decisión racional, pues el modelo permite que el tiempo afecte la motivación, dando cuenta de evidencia empírica, mientras que no introduce violaciones a los axiomas de la teoría de la decisión racional. Utilizar una función exponencial es congruente con una noción normativa del descuento temporal dado que trata a todos los intervalos futuros de manera similar y así no introduce incongruencias dinámicas en las preferencias (Monterosso y Luo, 2010). El descuento exponencial asegura congruencia en el tratamiento del tiempo; las preferencias intertemporales no cambiarán por el mero hecho de que el tiempo ha pasado (Strotz, 1955). Por ejemplo, la preferencia entre dos resultados separados por un intervalo de seis meses debería ser la misma sin importar si el intervalo comienza inmediatamente, dentro de tres meses o en 10 años. Este modelo también asegura la integración de activos, otro requerimiento para la congruencia en el tratamiento de beneficios cuantificables; alguien que prefiere 150 pesos en cuatro meses a 100 pesos en un mes, debería preferir también la primera opción en dos elecciones separadas entre 75 pesos en cuatro meses y 50 pesos en un mes.

Ahora bien, numerosas violaciones de este modelo son evidentes (Prelec y Loewenstein, 1991; Thaler, 1981). En general estas violaciones se refieren a descuentos mucho más pronunciados en escalas temporales menores (Keren y Roelofsma, 1995; Read *et al.*, 1999; Weber y Chapman, 2005) o preferencia sesgada por el presente (*present-biased preference*) (O'Donoghue y Rabin, 1999). Tal como se plantea líneas abajo, estudios de neuroimagen funcional han encontrado regiones del cerebro cuya actividad sigue este efecto, y por ende posiblemente contribuye a la valoración subjetiva de recompensas distribuidas en el tiempo. Los neurocientíficos cognitivos han basado sus análisis en modelos desarrollados por economistas conductuales, cuyo interés es desarrollar modelos formales pero conductualmente realistas del comportamiento económico humano. Estos modelos no buscan formalizar el comportamiento de un agente racional ideal, sino describir y predecir conductas reales de personas comunes.

2. Modelos descriptivo-predictivos

a) *Descuento hiperbólico*. Los datos conductuales en tareas de decisión intertemporal se muestran sistemáticamente no exponenciales, del momento que los individuos tienden a exhibir preferencias incongruentes según la extensión del tiempo que transcurre hasta que las recompensas están disponibles (Prelec y Loewenstein, 1991; Thaler, 1981). Ahora bien, existen distintas opiniones respecto al otro modelo que mejor da cuenta de la evidencia conductual. Dos de estos modelos distintos han sido extensamente probados y usados en la investigación comportamental. El primero es el modelo de descuento hiperbólico (Ainslie, 1975; Loewenstein y Prelec, 1992), de acuerdo con el cual el ritmo del descuento de valor de una recompensa es proporcional al periodo que transcurre antes de que dicha recompensa esté disponible. Este modelo no sólo descarta el supuesto del descuento exponencial, también descarta el de integración de activos. De acuerdo con el mismo, las preferencias son gobernadas por el valor descontado de las opciones, el cual es determinado principalmente por asignar valores a los cambios en el consumo y luego por descontar hiperbólicamente estos valores en función de su rezago (Scholten y Read, 2010). El valor actual para una cadena de recompensas (c_1, c_2, \dots) descontada hiperbólicamente puede ser representada como:

$$V = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{u(c_t)}{K^* t + 1} \quad (2)$$

en la que u es la función de utilidad, con valores altos del parámetro de descuento K , que indica un descuento hiperbólico más pronunciado. Este modelo está inspirado en el efecto de la diferencia común (*common difference effect*) (Loewenstein y Prelec, 1992), según el cual mientras antes comience un intervalo, mayor descuento de valor se dará en él. En este sentido, el modelo de descuento hiperbólico no reconoce un *status* al presente (“ahora”). El presente es simplemente el comienzo más temprano posible de un intervalo. Esta es la principal diferencia entre el descuento hiperbólico y el descuento cuasihiperbólico, descrito a continuación; el modelo de descuento cuasihiperbólico concede un *status* especial al presente.

b) *Descuento cuasihiperbólico*. El modelo de descuento cuasihiperbólico utiliza dos funciones descendentes, una que afecta a todo resultado futuro, y otra que distingue entre resultados futuros de acuerdo con su distancia en el tiempo (Loewenstein, 1996; Phelps, 1968; Shefrin y Thaler, 1988). El valor actual para una cadena de recompensas (c_1, c_2, \dots) descontada cuasihiperbólicamente puede ser representada como:

$$V = u(c_0) + \beta \sum_{t=1}^{\infty} \delta^t u(c_t) \quad (3)$$

en la que u es la función de utilidad, con β y δ como parámetros de descuento. Dado que β no afecta el periodo inmediato en la cadena de consumo (“ahora”, c_0) este modelo confiere un *status* especial al presente, implicando por sí mismo un efecto de inmediatez referido a que un descuento balístico ocurre ante la presencia de cualquier rezago (Laibson, 1997). Valores bajos de β indican una mayor devolución de cualquier resultado que no sea inmediato. El efecto adicional del retraso más allá de esta discontinuidad (δ) es exponencial. De hecho, exceptuando la distinción efectuada entre el periodo inmediato en la cadena de consumo demarcada por el parámetro β , la ecuación es equivalente al modelo de descuento exponencial propuesto por Samuelson (1937) [véase ecuación (1)]. La discontinuidad inherente en el descuento cuasihiperbólico implica un mecanismo dual en el descuento temporal, un supuesto directamente relacionado con una propuesta de dos sistemas cerebrales relativamente independientes comprendidos en la toma de decisiones intertemporales (McClure *et al.*, 2004), la cual es asociada a uno de los principales debates en curso dentro de la neurociencia cognitiva de la toma de decisiones.

Un análisis amplio de las consecuencias de los modelos descriptivos (hiperbólico y cuasihiperbólico) para la teoría de la elección racional, que da cuenta de evidencia acumulada en los pasados 30 años de investigación, fue hecha recientemente por Gifford (2009). Si bien el tema excede el alcance de este artículo, vale la pena abordarlo antes de analizar la aportación de la neurociencia al estudio de las decisiones intertemporales. La teoría de la decisión racional propone que los agentes actúan de modo tal de maximizar sus utilidades en el contexto de un conjunto estable de preferencias (Arrow, 1951; Becker, 1976; Von Neumann y Morgenstern, 1944). La racionalidad no implica ni una función de utilidad específica ni un conjunto de preferencias específicas, solo implica que las preferencias son sistemáticamente establecidas a partir de una función de utilidad, incluso si dicha función es idiosincrásica. Según esta definición, cabría preguntarse qué hace no racional a un agente que guía sus decisiones de acuerdo con una función de descuento hiperbólico o cuasihiperbólico. Al fin y al cabo dicho agente está fijando un conjunto de preferencias de acuerdo con una función de utilidad, y tomando decisiones que, juzgadas a la luz de dicha función, maximizan sus utilidades. La razón es que las funciones de descuento hiperbólico y cuasihiperbólico introducen incongruencias dinámicas en las preferencias; permiten que el orden de las preferencias entre dos o más estados del mundo cambie dependiendo del momento en que dichos estados estén disponibles, incluso si la distancia temporal entre esos estados se mantiene constante. Así por ejemplo, la preferencia que un agente manifieste por el estado A en el tiempo $t + 3$ _meses respecto al estado B en el tiempo $t + 6$ _meses ($A > B$), puede invertirse si A está disponible en $t + 33$ _meses y B en $t + 36$ _meses ($A < B$), a pesar de que el intervalo entre A y B aún es de 3 meses. Además de posibilitar incongruencia en la preferencia de A sobre B, estas funciones implican, forzosamente, incongruencia

respecto al valor del tiempo: el costo de un rezago de tres meses es menor en 30 meses más. En contraste, el modelo de descuento exponencial calza perfectamente con la definición de racionalidad. Distintos agentes pueden asignar distintas utilidades a diferentes estados del mundo, pueden tener distintas preferencias temporales (definida por inclinación en la función de descuento), pero mientras dichas preferencias sean estables dichos agentes podrán calificarse racionales.

III. ESTUDIOS NEUROECONÓMICOS DE LA DECISIONES INTERTEMPORALES

Durante los años recientes ha existido un importante grado de encuentro entre los intereses de la neurociencia y la economía. Por una parte se ha comenzado a utilizar los métodos de la neurociencia para descifrar los mecanismos que sustentan la toma de decisiones en humanos, con la esperanza de dotar realismo biológico a los modelos formales del comportamiento económico. Por otra parte se ha comenzado a utilizar modelos económicos para entender el funcionamiento del cerebro en el contexto de su meta, entendida como optimizar la conducta en pos del éxito evolutivo. El resultado de esta convergencia de intereses, en sus dos facetas, ha sido denominado neurociencia de la toma de decisiones o simplemente “neuroeconomía” (revisión pormenorizada en Camerer *et al.*, 2005; Glimcher y Rustichini, 2004; Sanfey *et al.*, 2006).

Junto al estudio de las bases neurocognitivas de la toma de decisiones en condiciones de riesgo (De Martino *et al.*, 2006; San Martín *et al.*, 2010; Venkatraman *et al.*, 2009) uno de los temas más investigados ha sido la toma de decisiones intertemporales en humanos. La estrategia más común ha sido la de registrar la actividad cerebral mientras los sujetos toman decisiones económicas con consecuencias monetarias reales. A partir de la conducta y la actividad registrada se someten a prueba distintas opciones respecto a los computos realizados por el cerebro para dar lugar al comportamiento observado. A la hora de elegir una técnica de registro cerebral la resolución espacial y temporal de la técnica es de gran importancia. La primera se refiere al grado de precisión con que la técnica puede identificar el lugar donde la actividad cerebral ocurre, mientras que la segunda refiere al grado de precisión con que puede identificar el momento en que empieza y termina esa actividad. Gracias a su buen equilibrio entre resolución espacial y temporal, la imagen por resonancia magnética funcional (IRMf) (*functional Magnetic Resonance Imaging*) ha sido la técnica más utilizada en los estudios neurocientíficos de la toma de decisiones. A grandes rasgos esta técnica identifica cambios en la oxigenación de la sangre que circula en el cerebro. El incremento del oxígeno en un lugar específico, y en un momento específico, es interpretado como un aumento de la actividad de esa región del cerebro, pues una mayor actividad metabólica requiere mayor oxigenación.

Más de una docena de estudios con IRMF asociados a la toma de decisiones intertemporal ha sido publicado en revistas científicas de alta influencia (Bjork *et al.*, 2009; Boettiger, 2007; Clithero *et al.*, 2009; Ersner-Hershfield *et al.*, 2008; Gregorios-Pippas *et al.*, 2009; Hare *et al.*, 2009; Hariri *et al.*, 2006; Hoffman *et al.*, 2008; Kable y Glimcher, 2007; Luhmann *et al.*, 2008; McClure *et al.*, 2004; McClure *et al.*, 2007; Plichta *et al.*, 2009; Shamosh *et al.*, 2008; Tanaka *et al.*, 2004; Wittmann *et al.*, 2009). Han adoptado de manera característica los métodos de la economía conductual para explorar las preferencias temporales, pidiendo a los participantes que expresen sus preferencias en un limitado conjunto de opciones; generalmente dos que pueden describirse como “pronto y menor” *versus* “tarde y mayor” (por ejemplo 5 pesos hoy o 10 pesos en un mes). Dentro estos estudios, los que más atención han recibido fueron elaborados para explorar la plausibilidad biológica de los modelos revisados en la sección anterior. Un importante debate se ha producido en torno de la pregunta de si el cerebro posee dos sistemas separados para la evaluación de recompensas, un para recompensas inmediatas y otro para rezagadas, como sugieren el modelo de descuento hiperbólico y la evidencia presentada por McClure y colegas (2004). Otros investigadores han estado más interesados en la diferenciación neural entre mecanismos para decisiones en condiciones de riesgo y decisiones intertemporales. Las pruebas sugieren un solapamiento respecto a componentes específicos, como una concurrencia común para la evaluación del valor de las recompensas. Sin embargo, el incremento en la actividad de regiones asociadas a la representación del tiempo y el pensamiento prospectivo en tareas de toma de decisiones intertemporales, comparada con tareas de decisiones en condiciones de riesgo, sugiere importantes factores diferenciadores (Weber y Huettel, 2008; Wittmann *et al.*, 2007). Esta sección revisa con mayor detalle cómo la investigación con resonancia funcional ha contribuido con respuestas y nuevas preguntas al estudio de la toma de decisiones intertemporal.

1. Comprobación neural de los modelos de descuento temporal

A pesar de muchos intentos para encontrar una opción que entregue mejores predicciones que el modelo de utilidad descontada, a la fecha no ha sido posible definir cuál de las opciones disponibles es la mejor. La mayor parte de las dificultades se relaciona con la enorme variabilidad observada en una misma persona entre distintos contextos (Tesch y Sanfey, 2008), entre diferentes individuos en un mismo contexto (Ainslie y Monterosso, 2003), y entre metodologías de estudios (Frederick, 2002). Dos perspectivas han emergido a partir de este aparente estancamiento. La primera manifiesta un escepticismo considerable respecto a que cualquier modelo de descuento temporal sea capaz de describir congruentemente la toma de decisiones intertemporal (Roelofsma y Read, 2000). La segunda perspectiva se ha vinculado al

intento de perseverar en la idea de incrementar el realismo psicológico de los modelos, basada en la tradición de Edwards (1953), Simon (1967) y Kahneman y Tvesky (1979), pero ahora integrando la aproximación de la neuroeconomía en cuanto a comprobar el realismo neural de las teorías comportamentales.

a) *Evaluación doble en la base de las decisiones intertemporales.* El concepto de “autocontrol” como una lucha entre distintos subagentes, guiados por diferentes valoraciones del mismo estímulo, no es nuevo ni en psicología ni en economía conductual. En términos generales esta idea está en la base de la tesis freudiana del “yo” versus el “ello” (Freud, 1949). En economía conductual, mucho antes de que el término “neuroeconomía” fuese acuñado, Shefrin y Thaler (1992) propusieron una competencia entre un sistema “planeador” y uno “hacedor”, y Loewenstein (1996) propuso “motivaciones viscerales” a la base de la toma de decisiones irracional. El modelo de descuento cuasihiperbólico (Loewenstein, 1996; Phelps, 1968; Shefrin y Thaler, 1988) implica dos procesos de evaluación por sí misma, uno para resultados inmediatos y otro para cualquier resultado que sea presentado con rezago. Una presentación renovada de estas ideas ha sido convincentemente presentada en años recientes desde un punto de vista psicobiológico. Dicha presentación considera un “sistema 1”, que es evolutivamente antiguo, localizado principalmente en estructuras del cerebro conocidas como “límbicas”, asociadas a emociones más que a procesos deliberativos, que trabajan sin necesidad de atención, responden de manera más rígida a los estímulos y que están orientadas al presente. Dentro de estas regiones, la actividad del núcleo caudado (véase figura 1) sería particularmente pertinente para entender el funcionamiento del sistema 1. Por otra parte, considera un “sistema 2” que es evolutivamente reciente, localizado en regiones prefrontales de la corteza cerebral, es lento y requiere recursos de atención, y que por trabajar en representaciones abstractas del ambiente es capaz de generar conductas orientadas al futuro.

A pesar de haber sido publicado hace sólo siete años, “Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards” de McClure y colegas (2004) puede ya considerarse un clásico de la bibliografía en neuroeconomía. Fue el primer estudio que vinculó la metodología de la investigación comportamental de las decisiones intertemporales y la neuroimagen funcional. Las recompensas utilizadas fueron tarjetas de regalo Amazon, por valores de entre cinco y cuarenta dólares. La opción pronto-menor varió entre el mismo día (“hoy”) y cuatro semanas en cuanto a rezago para su entrega; la opción tarde-mayor fue ofrecida para entre dos y cuatro semanas luego de la opción pronto-menor. Al final de la tarea los sujetos recibieron, azarosamente, una de las tarjetas que habían seleccionado en alguno de los juegos, y con el rezago estipulado en dicho juego.

La aproximación analítica tomada por McClure y colegas (2004) buscó evaluar si la dualidad planteada por el modelo de descuento cuasihiperbólico tiene un equi-

valente en el funcionamiento del cerebro. Específicamente los autores se interesaron en la posibilidad de que el parámetro β , que representa la devaluación balística ante cualquier rezago, estuviese mediada por estructuras límbicas como el núcleo caudado, y δ , que refleja un tratamiento más congruente de todos los períodos, estuviese mediada por actividad en la corteza prefrontal. A partir de un contraste entre la actividad cerebral en decisiones que implican alguna recompensa disponible de manera inmediata (“hoy”) y la actividad en decisiones que implican sólo opciones con rezago, encontraron un conjunto de regiones particularmente activas en el primer caso. Presentaron estas regiones como parte de un sistema β , incluyendo de manera importante al núcleo caudado y otras regiones límbicas que han sido sistemáticamente asociadas a la evaluación y comparación del valor motivacional de los estímulos (Deaner *et al.*, 2005; Montague y Berns, 2002; Montague y King-Casas, 2007). Por otra parte, los autores presentaron como parte del sistema δ a las áreas que tuvieron activación indiferenciable entre los distintos rezagos. Este sistema incluiría a regiones dorsales (superiores) de la corteza prefrontal. De este modo, y congruentemente con sus hipótesis, el sistema β y el sistema δ corresponderían a estructuras límbicas y prefrontales, respectivamente.

McClure *et al.* (2004) interpretan estos hallazgos como apoyo a la conclusión de que la elección entre resultados inmediatos y rezagados está determinada por la activación relativa de los sistemas β y δ . De particular pertinencia, para entender la controversia que ha seguido a este estudio, los autores hacen dos grandes afirmaciones; primero, que ambos sistemas tienen como función evaluar el valor motivacional de las recompensas, en las que el sistema β es sensible a recompensas inmediatas y el sistema δ sensible a recompensas abstractas con independencia de su rezago; segundo, afirman que existe una competencia entre los dos sistemas para tomar el control de la conducta. Como se describe en la próxima sección, la conjunción de ambas afirmaciones pone en duda ideas, ampliamente apoyadas por pruebas, respecto a una concurrencia neural para la evaluación de recompensas (Deaner *et al.*, 2005; Montague y King-Casas, 2007).

b) *Críticas a la teoría de la valuación doble.* McClure *et al.* (2004) interpretan una mayor actividad de las regiones límbicas en decisiones que implican una opción inmediata, como prueba de que dichas regiones son reclutadas sólo por recompensas inmediatas. Otros investigadores, inclinados por la existencia de un único sistema de evaluación, sospechan que el así llamado sistema β simplemente corresponde a un sustrato común para la evaluación de recompensas, y que una mayor actividad para recompensas inmediatas es esperable desde esta perspectiva. Tal como un estudio reciente de Hare *et al.* (2009) sugiere, una mayor participación de regiones prefrontales no correspondería a un proceso de evaluación separado, sino a bien estudiados procesos de control capaces de influir en el cómputo de valor que se realiza en regiones como el núcleo caudado.

En términos similares, Kable y Glimcher (2007) presentan otro estudio altamente influyente sobre las bases biológicas de las decisiones intertemporales utilizando IRMF. Sus resultados sugieren que no existe un sistema dual para la valoración subjetiva de resultados. Estos autores utilizaron opciones de recompensas inmediatas de 20 pesos en todos los juegos, y opciones con rezago que variaban en seis niveles de rezago (desde seis horas hasta 180 días) y seis montos (desde 20 hasta 110 pesos). Sus resultados comportamentales se mostraron mejor capturados por una función hiperbólica que por una cuasihiperbólica, y en línea con lo anterior, el modelo hiperbólico fue un mejor predictor de la varianza en la actividad cerebral revelada por el IRMF. El incremento en la actividad de regiones consideradas por McClure *et al* (2004) como parte del sistema β correlacionó con el valor subjetivo tanto de recompensas inmediatas como rezagadas. Kable y Glimcher (2007) concluyeron que el valor de resultados disponibles en el futuro está representado en regiones cerebrales canónicamente dedicadas a evaluar el valor de resultados, cuya activación es congruente con un modelo de descuento temporal hiperbólico. Si bien no directamente probado en este estudio, estos datos sugieren que la activación en el sistema de evaluación de resultados representa un punto en la construcción de una decisión intertemporal, no el mecanismo completo. Más aún, este estudio sugiere que los dos sistemas individuados por McClure *et al* (2004) pueden ser entendidos como el sustrato de distintas funciones, pero ambos interactuantes de un modo complementario, y no forzosamente competitivo, al dirigir las decisiones humanas.

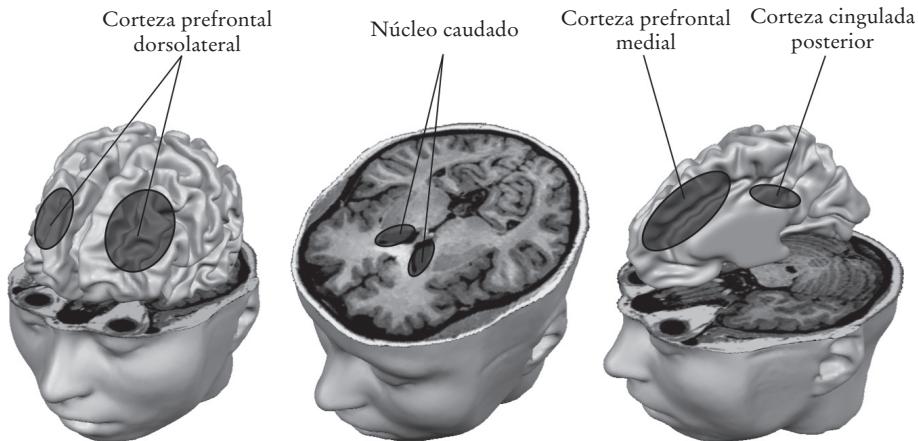
Ahora bien, y apoyando el escepticismo de Roelofsma y Read (2000) respecto a que cualquier modelo de descuento temporal pueda llegar a considerarse adecuado, Gregorios-Pippas *et al* (2009) encontraron que una función exponencial descendente es aún un mejor modelo de la actividad del núcleo caudado en decisiones intertemporales. Una segunda línea de crítica aplica a la estrategia general seguida tanto por McClure *et al* (2004) como por Kable y Glimcher (2007), referida a la utilización de inferencia reversa en el análisis de la actividad cerebral revelada por las técnicas de neuroimagen (Poldrack, 2006). La estrategia inferencial canónica en neuroimagen es deducir un modelo a partir de los datos. La inferencia reversa, utilizada tanto por McClure *et al* (2004) como por Kable y Glimcher (2007), consiste en seleccionar un modelo *a priori* y establecer el grado en que la curva descrita por dicha función se asemeja a la curva dibujada por los datos. La extracción de conclusiones a partir de dicho análisis requiere cautela extra, pues el hecho de que la actividad de una región se acerque al comportamiento de algún parámetro específico de un modelo, no excluye la posibilidad de que la misma actividad sea mejor descrita por otro parámetro de otro modelo. Desde este punto de vista, los estudios realizados por McClure *et al* (2004), Kable y Glimcher (2007) y Gregorios-Pippas *et al* (2009) no son suficientes por sí mismos para demostrar el realismo biológico de los modelos probados.

2. Diferenciación neural entre decisiones intertemporales y decisiones en condiciones de riesgo

La idea de que los estudios de neuroimagen funcional no son suficientes por sí solos, para discernir entre modelos formales de toma de decisiones intertemporal no niega la importante aportación que la neuroimagen puede hacer a la formalización del comportamiento económico. En términos amplios, la neuroimagen funcional y otras técnicas de la neurociencia cognitiva entregan la posibilidad de evaluar qué clase de modelos son biológicamente plausibles y por ende, buenos candidatos para su comprobación comportamental (véase en Clithero *et al.*, 2008, un análisis adicional). Según esta aproximación es posible, por ejemplo, contribuir a la clarificación conceptual respecto a las diferencias y similitudes entre decisiones intertemporales y decisiones probabilísticas o en condiciones de riesgo.

Desde un punto de vista probabilístico, el descuento temporal de la función de valor implicaría estimación de riesgos: mientras más distante en el tiempo una recompensa esté, mayor probabilidad de que ocurra algo que impida obtenerla, es decir, menor probabilidad de obtenerla. Desde el punto de vista contrario las recompensas probabilísticas pueden ser modeladas de acuerdo con el tiempo estimado para su recepción: mientras menos probable es una recompensa, más intentos serán requeridos en promedio para obtenerla y, por ende, más tiempo en promedio se requerirá para obtenerla. Más aún, ambos tipos de toma de decisiones comparten algunas anomalías, como que tanto recompensas sin incertidumbre y recompensas inmediatas son subjetivamente sobrevaloradas (Prelec y Loewenstein, 1991).

Ahora bien, el isomorfismo entre decisiones intertemporales y decisiones en condiciones de riesgo está lejos de ser apoyado congruentemente por las pruebas, por ejemplo, mientras efectivamente algunos estudios han encontrado una relación entre las preferencias de los individuos por el riesgo y el rezago de las recompensas (Crean, De Wit y Richards, 2000; Myerson, Green, Hanson, Holt y Estle, 2003), otros incluso han encontrado preferencias opuestas (Ohmura *et al.*, 2005; Reynolds *et al.*, 2004). En un estudio de neuroimagen elaborado específicamente para contribuir a este análisis, Weber y Huettel (2008) buscaron establecer si la distinción nominal entre estos dos tipos de decisiones tiene un paralelo en los mecanismos neurales obtenidos cuando se ejecutan. Lo hicieron solicitando a sus participantes seleccionar entre pares de resultados monetarios que podían diferir en su rezago o su riesgo, y encontraron cierta diferenciación respecto a las regiones que aparecen encargadas de cada evaluación. Particularmente interesante resultó la diferenciación observada en regiones posteriores del cerebro. La toma de decisiones en condiciones de riesgo estuvo asociada, comparada con decisiones que implican rezago, con una mayor actividad en las regiones de la corteza característica implicada en tareas de estimación numérica y cálculo (Cantlon *et al.*, 2006; Dehaene *et*

FIGURA 1. *Regiones cerebrales*^a

^a Regiones particularmente comprendidas en las elecciones intertemporales. La actividad de la corteza prefrontal dorsolateral ha sido asociada a procesos deliberativos y al control de impulsos. La actividad del núcleo caudado correlaciona positivamente con el valor subjetivo de los estímulos económicos. La corteza prefrontal medial es importante para la detección del incumplimiento de expectativas. La corteza cingulada posterior es importante para la percepción subjetiva del tiempo y el pensamiento prospectivo.

al, 1998). Casi en paralelo, Luhmann *et al* (2008) presentaron resultados similares. En cada juego ellos solicitaron a sus participantes elegir entre un premio pequeño, disponible de manera inmediata y sin riesgo, y un premio mayor, que podía estar disponible con cierto riesgo o con cierto riesgo y cierto rezago. Encontraron que la adición de rezago aumentaba de manera significativa la actividad de la corteza cingulada posterior (véase figura 1).

En un estudio anterior Wittmann *et al* (2007) presentaron correlación entre la actividad de esta región y la elección de la opción con rezago por parte de los participantes. Ballard y Knutson (2009) presentaron pruebas relacionadas, en cuanto a que el incremento de la actividad en esta región correlaciona negativamente con los parámetros de descuento temporal de cada individuo. De este modo, la evidencia acumulada sugiere que la actividad de la corteza cingulada posterior está asociada al rezago, pero no al riesgo, de las recompensas. A una conclusión similar llegaron Carter y *et al* (2010), quienes tras realizar un metaanálisis encontraron que la corteza cingulada posterior está congruentemente activada por tareas de decisión intertemporal, junto a otras regiones comúnmente referidas como “red central” (*core network*) (Spreng *et al*, 2009), que sustentan procesos prospectivos como la memoria autobiográfica y la planeación. Un estudio efectuado por Ersner-Hershfield *et al* (2008) deja entrever la estrecha relación entre el sustrato neuronal para la toma de decisiones intertemporales y los procesos prospectivos; encontraron que la corteza cingulada posterior está más activa cuando una persona se considera a sí

misma en el presente que cuando piensa en sí misma en el futuro. En conjunto estos estudios sugieren que la actividad de la corteza cingulada posterior media el efecto del tiempo objetivo en una medida subjetiva del tiempo. Podemos esperar que distintas personas entreguen diferentes respuestas al consultarles si un intervalo temporal específico es corto, mediano o largo, y que cuanto más largo sea percibido dicho intervalo, menor actividad es observada en la corteza cingulada posterior de las personas.

Aunque esta posibilidad no ha sido aún explícitamente explorada, hasta donde los autores de esta revisión conocen, se muestra plausible a partir de los estudios comentados. Específicamente, esta interpretación podría explicar la relación entre la conducta de elección y la actividad cerebral observada en el estudio de Wittmann *et al* (2007) y en el de Ballard y Knutson (2009). Trabajos futuros deberán avanzar en incorporar explícitamente la neurociencia cognitiva de la representación del tiempo (Buhusi y Meck, 2005) en la neurociencia cognitiva de la toma de decisiones intertemporal. La evidencia acumulada durante los pasados tres años sugiere que la representación subjetiva del tiempo es un importante factores que distingue entre decisiones intertemporales y decisiones en condiciones de riesgo, y que la corteza cingulada posterior estaría implicada en computar aspectos temporales que conforman elementos primitivos para el cómputo del valor subjetivo de las recompensas rezagadas en el tiempo.

CONCLUSIONES

Los hallazgos empíricos de la economía conductual y la neuroeconomía en el campo de la elección intertemporal tienen importantes consecuencias para la teoría económica. El modelo de la utilidad descontada (Samuelson, 1937) aún es el modelo predilecto para analizar decisiones intertemporales dada su simplicidad y elegancia, pero estas cualidades son posibilitadas por una serie de supuestos respecto al comportamiento humano que la investigación empírica viene ya hace tiempo poniendo en duda. Primero, este modelo supone la integración de nuevas opciones en planes ya existentes, a pesar de que las personas no tienden a tener planes claros respecto a su canastas de consumo futuras (Bodner y Prelec, 2003). Segundo, supone una independencia de consumo, en el sentido de que la tasa marginal de sustitución entre los períodos t y t' es independiente del consumo en el periodo t'' . El mismo Samuelson hacía ver el valor meramente instrumental de dicho supuesto al señalar que “la cantidad de vino que tomé ayer y tomaré mañana posiblemente tiene efectos en la pendiente de mi indiferencia entre el vino y la leche hoy” (Samuelson, 1952, p. 674; traducción de los autores). El trabajo empírico en que Kahneman y Tversky (1979) basaron su teoría prospectiva apoya la idea de que la utilidad subjetiva del consumo en el presente es sensible a los consumos en el pasado, y pruebas neurofi-

siológicas más reciente sugieren que dicha utilidad también es sensible al consumo esperado en el futuro (Richmond *et al* 2003; Trepel *et al*, 2005). Otro supuesto del modelo de utilidad descontada es la independencia del descuento respecto a la categoría de consumo, que establece que la tasa de descuento será la misma para todos los objetos de consumo. Podemos encontrar evidencia del no cumplimiento de este supuesto, por ejemplo, en estudios respecto a la alta tasa de descuento temporal del tabaco en fumadores (Field *et al*, 2006; Mitchell, 2004).

En términos generales, el modelo de utilidad descontada comprimió todas las consideraciones psicológicas planteadas por Rae (1834) en un único parámetro correspondiente a la tasa de descuento temporal. El trabajo empírico sugiere que un modelo realista de las decisiones intertemporales debería hacerse cargo del tipo de preguntas que inspiraron a Rae, y los estudios neurocientíficos revisados en este artículo sugieren que la neuroeconomía, por estudiar magnitudes biológicas susceptibles a un modelamiento similar al empleado en las ciencias económicas, puede cooperar de manera importante en dicho esfuerzo.

La neuroeconomía de la toma de decisiones intertemporal, tal como fue iniciada por McClure *et al* (2004), tuvo como objetivo probar y discernir entre los diferentes modelos de descuento temporal propuestos por la economía conductual. La revisión realizada sugiere que la neuroimagen funcional no es suficiente por sí misma para discernir entre dichos modelos, pero que es capaz de clarificar condiciones que un modelo adecuado debiese cumplir: identificar las condiciones en las cuales sus parámetros deberían cambiar, predecir el efecto de manipulaciones y estados mentales, y entregar pistas del origen de diferencias individuales en el comportamiento económico.

Respecto a la teoría de la evaluación doble, la evidencia actual sugiere que si bien esta teoría es correcta respecto a que el autocontrol refiere a procesos cognitivos refinados realizados principalmente por cortezas asociativas prefrontales evolutivamente recientes, dicha teoría estaría errada al sugerir que el sustrato neural de la evaluación de recompensas variaría dependiendo del rezago en la disponibilidad de dichas recompensas. El rezago de las recompensas afectaría la implicación de sistemas para la representación del tiempo y el autocontrol, pero tanto recompensas inmediatas y como rezagadas serían evaluadas respecto a su valor motivacional por un mecanismo común. En otras palabras, la opción de un único sistema de asignación de valor subjetivo es compatible con la posibilidad de que existan importantes disociaciones respecto a los sistemas neurales reclutados por recompensas inmediatas y rezagadas, pero dichos sistemas en último término alimentarían sustrato neural común para la selección de acciones por ejecutar (Montague y Berns, 2002). De todos modos este aún es un tema abierto a la investigación empírica.

Existen al menos dos importantes direcciones por considerar en el desarrollo de la neuroeconomía de las decisiones intertemporales: el papel del enmarque y el

autoseñalamiento en la autorregulación de la conducta orientada a metas, y las bases cerebrales de la percepción y representación del tiempo. Respecto al enmarque, la enorme variabilidad en y entre los sujetos a la hora de tomar decisiones intertemporales ha generado un considerable escepticismo respecto a que una función individual pueda representar el descuento temporal del valor para todos los sujetos y en todos los contextos (Loewenstein y Prelec, 1992; Roelofsma y Read, 2000). Por ejemplo, se ha observado que el ritmo de descuento que los sujetos tienen para el dinero no predice el descuento que tienen para resultados en salud (Chapman, 1996). Entre los seres humanos, las contingencias percibidas en juego tienden a ir mucho más allá de los resultados de las opciones disponibles, y los conflictos de autocontrol pueden ser concebidos como un dilema entre preferencias en un nivel molecular y preferencias en un nivel molar (Logue *et al.*, 1990). Por ejemplo, un fumador puede manifestar preferencia por fumar un cigarro específico (enmarque molecular), y al mismo tiempo preferir ser un no fumador a ser un fumador (enmarque molar). Se ha observado que las personas pueden enmarcar estratégicamente sus decisiones futuras reconceptualizando el nivel molecular, idea incorporada en el estudio de la conducta económica con la etiqueta de autoseñalamiento (*self-signaling*) (Benabou y Tirole, 2004; Bodner y Prelec, 2003). Un ejemplo característico en la bibliografía es el de una persona “convenciéndose a sí misma” de evitar fumar el próximo cigarro como expresión de amor por sus hijos; incrementando así el costo subjetivo de fumar. La integración del conocimiento de la psicología cognitiva y la neurociencia cognitiva del efecto de enmarque (De Martino *et al.*, 2006; Kahneman y Frederick, 2007; Tversky y Kahneman, 1981) en el estudio de las decisiones intertemporales puede contribuir significativamente a la neuroeconomía.

El descuento temporal de la función de valor requiere un complejo conjunto de componentes: representación de valor y tiempo, pensamiento prospectivo, planeación y métodos para comparar hechos disímiles (Carter *et al.*, 2010). La investigación sugiere contribuciones diferenciadas de los sistemas asociados al pensamiento prospectivo y la evaluación. En principio esta contribución diferencial puede ser descrita utilizando modelos formales que signifiquen un avance respecto a los actualmente disponibles. Por ejemplo, los tres modelos descritos en este artículo (exponencial, hiperbólico y cuasihiperbólico) consideran una constante *t* referida a “tiempo”; las diferencias individuales existentes en actividad en la corteza cingulada posterior pudiesen sugerir la necesidad de incorporar un parámetro referido a la sensibilidad o discriminación temporal de cada individuo.

Importantes innovaciones metodológicas serán requeridas para extender el estudio de las bases neurales y las expresiones conductuales de las decisiones intertemporales. Prácticamente todos los estudios referidos en este artículo están basados en decisiones entre un conjunto de dos opciones que conforman un conspicuo “pronto-menor” *versus* “tarde-mayor”. El tema es mucho más amplio que esto si

consideramos la variedad de situaciones que implican rezagos variables. Específicamente, una parte importante del interés en el fenómeno del descuento temporal se basa en la esperanza de que esté en la base de muchos problemas de autocontrol en la vida cotidiana, y no es autoevidente que del dilema monetario “pronto-menor” versus “tarde-mayor” permita extraer conclusiones suficientemente pertinentes para estos problemas. Estudios recientes como el de Hare *et al* (2009), que utiliza estímulos apetitivos para extraer conclusiones pertinentes respecto a decisiones que afectan la salud, entregan interesantes ejemplos de cómo la investigación conductual y neural de las decisiones intertemporales puede seguir progresando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ainslie, G. W. (1974), “Impulse Control in Pigeons”, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21(3), pp. 485-489.
- _____. (1975), “Specious Reward: A Behavioral Theory of Impulsiveness and Impulsive Control”, *Psychological Bulletin*, 82, pp. 463-496.
- _____, y J. Monterosso (2003), “Hyperbolic Discounting as a Factor in Addiction: A Critical Analysis”, R. Vuchinich y N. Heather (comps.), *Choice, Behavioral Economics, and Addiction*, Oxford, Elsevier.
- Allais, M. (1953), “Le comportement de l’hommerationnel devant le risque: Critique des postulats et axiomes de l’Ecole Americaine”, *Econometrica*, 21, pp. 503-546.
- American Psychiatric Association. (2000), *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (cuarta edición), Washington, Author.
- Angeletos, G. M., D. Laibson, A. Repetto, J. Tobacman y S. Weinberg (2001), “The Hyperbolic Consumption Model: Calibration, Simulation, and Empirical Evaluation”, *Journal of Economic Perspectives*, 15, pp. 47-68.
- Arrow, K. (1951), “Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-Taking Situations”, *Econometrica*, 19, pp. 404-437.
- Ballard, K., y B. Knutson (2009), “Dissociable Neural Representations of Future Reward Magnitude and Delay during Temporal Discounting”, *NeuroImage*, 45, pp. 143-150.
- Banco Mundial (1992), *World Development Report, Development and the Environment*, Oxford, Oxford University Press.
- Baumeister, R. F., y T. F. Heatherton (1996), “Self-Regulation Failure: An Overview”, *Psychological Inquiry*, 7, pp. 1-15.
- Becker, G. S. (1976), *The Economic Approach to Human Behavior*, Chicago, University of Chicago Press.
- _____, y C. B. Mulligan (1997), “The Endogenous Determination of Time Preference”, *Quarterly Journal of Economics*, 112, pp. 729-758.
- Benabou, R., y J. Tirole (2004), “Will-Power and Personal Rules”, *Journal of Political Economy*, 112, pp. 848-886.

- Berns, G. S., D. Laibson y G. Loewenstein (2007), "Intertemporal Choice: Toward an Integrative Framework", *Trends in Cognitive Sciences*, 11, pp. 482-488.
- Bickel, W. K., R. Yi, B. P. Kowal y K. M. Gatchalian (2008), "Cigarette Smokers Discount Past and Future Rewards Symmetrically and More than Controls: Is Discounting a Measure of Impulsivity?", *Drug and Alcohol Dependence*, 96, pp. 256-262.
- _____, M. L. Miller, R. Yi, B. P. Kowal, D. M. Lindquist y J. A. Pitcock (2007), "Behavioral and Neuroeconomics of Drug Addiction: Competing Neural Systems and Temporal Discounting Processes", *Drugs and Alcohol Dependence*, 90 Suppl 1, pp. S85-91.
- Bjork, J. M., R. Momenan y D. W. Hommer (2009), "Delay Discounting Correlates with Proportional Lateral Frontal Cortex Volumes", *Biological Psychiatry*, 65, páginas 710-713.
- Bodner, R., y D. Prelec (2003), "Self-Signaling and Diagnostic Utility in Everyday Decision-Making", I. Brocas y J. D. Carrillo (comps.), *Psychology of Economic Decisions (vol. 1: Rationality and Well- Being)*, Oxford, Oxford University Press.
- Boettiger, C. A., J. M. Mitchell, V. C. Tavares, M. Robertson, G. Joslyn, M. D'Esposito y H. L. Fields (2007), "Immediate Reward Bias in Humans: Fronto-Parietal Networks and a Role for the Catechol-O-Methyltransferase 158(Val/Val) Genotype", *Journal of Neuroscience*, 27 (52), pp. 14383-14391.
- Buhusi, C. V., y W. H. Meck (2005), "What Makes Us Tick? Functional and Neural Mechanisms of in-Terval Timing", *Nature Reviews Neuroscience*, 6, pp. 755-765.
- Camerer, C., (1995), "Individual Decision Making", J. H. Kagel y A. E. Roth (comps.), *Handbook of Experimental Economics*, Princeton, Princeton University Press.
- _____, G. Loewenstein y D. Prelec (2005), "Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics", *Journal of Economics Literature*, 43, pp. 9-64.
- Cantlon, J. F., E. M. Brannon, E. J. Carter y K. A. Pelpfrey (2006), "Functional Imaging of Numerical Processing in Adults and 4-y-Old Children", *Plos Biology*, 4, páginas 844-854.
- Carter, R. M., J. R. Meyer y S. A. Huettel (2010), "Functional Neuroimaging of Intertemporal Choice Models: A Review", *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 3(1), pp. 27-45.
- Chapman, G. B. (1996), "Temporal Discounting and Utility for Health and Money", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, pp. 771-791.
- Clithero, J. A., R. M. Carter y S. A. Huettel (2009), "Local Pattern Classification Differentiates Processes of Economic Valuation", *NeuroImage*, 45, pp. 1329-1338.
- Crean, J. P., H. de Wit y J. B. Richards (2000), "Reward Discounting as a Measure of Impulsive Behavior in a Psychiatric Outpatient Population", *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 8, pp. 155-162.
- Critchfield, T. S., y S. H. Kollins (2001), "Temporal Discounting: Basic Research and the Analysis of Socially Important Behavior", *Journal of Applied Behavior Analysis*, 34, pp. 101-122.

- De Martino, B., D. Kumaran, B. Seymour y R. Dolan (2006), "Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain", *Science*, 313, pp. 684-687.
- Deaner, R. O., A. V. Khera y M. L. Platt (2005), "Monkeys Pay per View: Adaptive Valuation of Social Images by Rhesus Macaques", *Current Biology*, 15(6), pp. 543-548.
- Dehaene, S., G. Dehaene-Lambertz y L. Cohen (1998), "Abstract Representation of Numbers in the Animal and Human Brain", *Trends Neurosciences*, 21, pp. 355-361.
- Edwards, W. (1953), "Probability-Preferences in Gambling", *The American Journal of Psychology*, 66, pp. 349-364.
- Ersner-Hershfield, H., G. E. Wimmer y B. Knutson (2008), "Saving for the Future Self: Neural Measures of Future Self-Continuity Predict Temporal Discounting", *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4, pp. 85-92.
- Evans, J. (2008), "Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition", *Annual Review of Psychology*, 59, pp. 255-278.
- Field, M., M. Santarcangelo, H. Sumnall, A. Goudie y J. Cole (2006), "Delay Discounting and the Behavioural Economics of Cigarette Purchases in Smokers: The Effects of Nicotine Deprivation", *Psychopharmacology*, 186, pp. 255-263.
- Frederick, S. (2002), "Time Discounting and Time Preference: A Critical Review", *Journal of Economic Literature*, 40, pp. 351-401.
- Freud, S. (1949), *The Ego and the Id*, Londres, The Hogarth Press Ltd.
- Gifford, A. (2009), "Rationality and Intertemporal Choice", *Journal of Bioeconomics*, 11(3), pp. 223-248.
- Glimcher, P. W. y A. Rustichini (2004), "Neuroeconomics: The Consilience of Brain and Decision", *Science*, 306(5695), pp. 447-452.
- Gregorios-Pippas, L., P. N. Tobler y W. Schultz (2009), "Short-Term Temporal Discounting of Reward Value in Human Ventral Striatum", *Journal of Neurophysiology*, 101, pp. 1507-1523.
- Hare, T. A., C. F. Camerer y A. Rangel (2009), "Self-Control in Decision-Making Involves Modulation of the VmPFC Valuation System", *Science*, 324(5927), páginas 646-648.
- Hariri, A. R., S. M. Brown, D. E. Williamson, J. D. Flory, H. de Wit y S. B. Manuck (2006), "Preference for Immediate over Delayed Rewards is Associated with Magnitude of Ventral Striatal Activity", *Journal of Neuroscience*, 26, pp. 13213-13217.
- Hoffman, W., D. Schwartz, M. Huckans, B. McFarland, G. Meiri, A. Stevens y S. H. Mitchell (2008), "Cortical Activation during Delay Discounting in Abstinent Methamphetamine Dependent Individuals", *Psychopharmacology*, 201, pp. 183-193.
- Jevons, W. (1871), *A Theory of Political Economy*, Londres, Macmillan and Co.
- Kable, J. W., y P. W. Glimcher (2007), "The Neural Correlates of Subjective Value during Intertemporal Choice", *Nature Neuroscience*, 10, pp. 1625-1633.
- Kahneman, D., y S. Frederick (2007), "Frames and Brains: Elicitation and Control of Response Tendencies", *Trends in Cognitive Sciences*, 11, pp. 45-46.

- Kahneman, D., y A. Tversky (1979), "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk", *Econometrica*, 47, pp. 263-291.
- Keren, G., y P. Roelofsma (1995), "Immediacy and Certainty in Intertemporal Choice", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 63, pp. 287-297.
- Kobayashi, S., y W. Schultz (2008), "Influence of Reward Delays on Responses of Dopamine Neurons", *Journal of Neuroscience*, 28, pp. 7837-7846.
- Laibson, D. (1997), "Golden Eggs and Hyperbolic Discounting", *Quarterly Journal of Economics*, 112, pp. 443-477.
- Lawrence, E. C. (1991), "Poverty and the Rate of Time Preference: Evidence from Panel Data", *Journal of Political Economy*, 99, pp. 54-78.
- Loewenstein, G. (1996), "Out of Control: Visceral Influences on Behavior", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 65, pp. 272-292.
- _____, (1988), "Frames of Mind in Intertemporal Choice", *Management Science*, 34, páginas 200-214.
- _____, y D. Prelec (1993), "Preferences for Sequences of Outcomes", *Psychological Review*, 100, pp. 91-108.
- _____, y J. Elster (1992), *Choice over Time*, Nueva York, Russell Sage Foundation.
- _____, y D. Prelec (1992), "Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation", *Quarterly Journal of Economics*, 107, pp. 573- 597.
- _____, y N. Sicherman (1991), "Do Workers Prefer Increasing Wage Profiles", *Journal of Labor Economics*, 9, pp. 67-84.
- _____, D. Read y R. F. Baumeister (2003), *Time and Decision*, Nueva York, Russell Sage Foundation.
- Logue, A. W., G. R. King, A. Chavarro y J. S. Volpe (1990), "Matching and Maximizing in a Self-Control Paradigm Using Human Subjects", *Learning and Motivation*, 21, pp. 340-368.
- Luhmann, C. C., M. M. Chun, D.-J. Yi, D. Lee y X.-J. Wang (2008), "Neural Dissociation of Delay and Uncertainty in Intertemporal Choice", *Journal of Neuroscience*, 28, pp. 14459-14466.
- Mazur, J. E. (1987), "An Adjusting Procedure for Studying Delayed Reinforcement", M. L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin y H. Rachlin (comps.), *Quantitative Analysis of Behavior: The Effect of Delay and of Intervening Events on Reinforcement Value*, vol. 5, Hillsdale, Erlbaum.
- McClure, S. M., K. M. Ericson, D. I. Laibson, G. Loewenstein y J. D. Cohen (2007), "Time Discounting for Primary Rewards", *Journal of Neuroscience*, 27, pp. 5796-5804.
- _____, ___, ___, ___, y ____ (2004), "Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Monetary Rewards", *Science*, 306, pp. 503-507.
- Mischel, T. (1972), "Explanation in Behavioural Sciences", R. Borger y F. Cioffi, *Contemporary Psychology*, 17, pp. 51-52.
- Mischel, W., Y. Shoda y P. K. Peake (1988), "The Nature of Adolescent Competencies

- Predicted by Preschool Delay of Gratification”, *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, pp. 687-696.
- Montague, P. R., y G. S. Berns (2002), “Neural Economics and the Biological Substrates of Valuation”, *Neuron*, 36, pp. 265-284.
- _____, y B. King-Casas (2007), “Efficient Statistics, Common Currencies and the Problem of Reward-Harvesting”, *Trends in Cognitive Sciences*, 11, pp. 514-519.
- Monterosso, J. R., y S. Luo (2010), “An Argument Against Dual Valuation System Competition: Cognitive Capacities Supporting Future Orientation Mediate Rather Than Compete With Visceral Motivations”, *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 3, pp. 1-14.
- Myerson, J., L. Green, J. S. Hanson, D. D. Holt y S. J. Estle (2003), “Discounting Delayed and Probabilistic Rewards: Processes and Traits”, *Journal of Economic Psychology*, 24, pp. 619-635.
- Odum, A. L., y C. P. Rainaud (2003), “Discounting of Delayed Hypothetical Money, Alcohol, and Food”, *Behavioural Processes*, 64, pp. 305-313.
- Ohmura, Y., T. Takahashi y N. Kitamura (2005), “Discounting Delayed and Probabilistic Monetary Gains and Losses by Smokers of Cigarettes”, *Psychopharmacology*, 182, pp. 508-515.
- Pennings, J. M., y P. García (2005), “The Poverty Challenge: How Individual Decision-Making Behavior Influences Poverty”, *Economics Letters*, 88, pp. 115-119.
- Petry, N. M. (2001), “Pathological Gamblers, with and without Substance Use Disorders, Discount Delayed Rewards at High Rates”, *Journal of Abnormal Psychology*, 110, pp. 482-487.
- Phelps, E. S. (1968), “Myopia and Inconsistency in Dynamic Utility Maximization”, *The Review of Economic Studies*, 23, pp. 165-180.
- Platt, M. L., y P. W. Glimcher (1999), “Neural Correlates of Decision Variables in Parietal Cortex”, *Nature*, 400, pp. 233-238.
- Plichta, M. M., N. Vasic, R. C. Wolf, K.-P. Lesch, D. Brummer, C. Jacob, A. J. Fallgatter y G. Gron (2009), “Neural Hyporesponsiveness and Hyper-Responsiveness during Immediate and Delayed Reward Processing in Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder”, *Biological Psychiatry*, 65, pp. 7-14.
- Poldrack, R. A. (2006), “Can Cognitive Processes be Inferred from Neuroimaging Data?”, *Trends in Cognitive Sciences*, 10, pp. 59-63.
- Prelec, D., y G. Loewenstein, G. (1991), “Decision Making over Time and under Uncertainty: A Common Approach”, *Management Science*, 37, pp. 770-786.
- Rae, J. (1834), *The Sociological Theory of Capital*, Londres, Macmillan.
- Raineri, A., y H. Rachlin (1993), “The Effect of Temporal Constraints on the Value of Money and other Commodities”, *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, pp. 77-94.
- _____, y ____ (1993), “The Effect of Temporal Constraints on the Value of Money and other Commodities”, *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, pp. 77-94.

- Read, D. (2001), "Is Time-Discounting Hyperbolic or Subadditive?", *Journal of Risk and Uncertainty*, 23, pp. 5-32.
- Reynolds, B., K. Karraker, K. Horn y J. B. Richards (2003), "Delay and Probability Discounting as Related to Different Stages of Adolescent Smoking and Non-Smoking", *Behavioural Processes*, 64, pp. 333-344.
- Richards, J. B., S. H. Mitchell, H. D. Wit y L. S. Seiden (1997), "Determination of Discount Functions in Rats with an Adjusting-Amount Procedure", *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 67, pp. 353-366.
- Richmond, B., Z. Liu y M. Shidara (2003), "Predicting Future Rewards", *Science*, 301, pp. 179-180.
- Roelofsma, P. y D. Read (2000), "Intransitive Intertemporal Choice", *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, pp. 161-177.
- Samuelson, P. (1937), "A Note on Measurement of Utility", *Review of Economic Studies*, 4, pp. 155-161.
- ____ (1952), "Probability, Utility, and the Independence Axiom", *Econometrica*, 20(4), pp. 670-978.
- San Martín, R., F. Manes, E. Hurtado, P. Isla y A. Ibáñez (2010), "Size and Probability of Rewards Modulate the Feedback Error-Related Negativity Associated with Wins but not Losses in a Monetarily Rewarded Gambling Task", *Neuroimage*, 51(3), páginas 1194-1204.
- Sanfey, A. G., G. Loewenstein, S. McClure y J. Cohen (2006), "Neuroeconomics: Cross-Currents in Research on Decision-Making", *Trends in Cognitive Sciences*, 10, pp. 108-16.
- Scholten, M., y D. Read (2010), "The Psychology of intertemporal Tradeoffs", *Psychological Review*, 117, pp. 925-944.
- Shamosh, N. A., C. G. DeYoung, A. E. Green, D. L. Reis, M. R. Johnson, A. R. Conway y J. R. Gray (2008), "Individual Differences in Delay Discounting: Relation to Intelligence, Working Memory, and Anterior Prefrontal Cortex", *Psychological Science*, 19, pp. 904-911.
- Shefrin, H. M., y R. Thaler (1992), "Mental Accounting, Saving and Self-control", J. Elster y G. Loewenstein (comps.), *Choice over time*, Nueva York, Russell Sage Foundation.
- ____, y ____ (1988), "The Behavioral Life-Cycle Hypothesis", *Economic Inquiry*, 26, pp. 609-643.
- Simon, H. (1967), "Motivational and Emotional Controls of Cognition", *Psychological Review*, 74, pp. 29-39.
- Smith, A. (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Chicago, University Of Chicago Press.
- Spreng, R. N., R. A. Mar y A. S. Kim (2009), "The Common Neural Basis of Autobiographical Memory, Prospection, Navigation, Theory of Mind, and the Default

- Mode: A Quantitative Meta-analysis”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, páginas 489-510.
- Stratz, R. (1956), “Myopia and Inconsistency in Dynamic Utility Maximization”, *Review of Economic Studies*, 23, pp. 165-180.
- Takahashi, T. (2010), “Toward Molecular Neuroeconomics of Obesity”, *Medical Hypotheses*, 75(4), pp. 393-396.
- Tanaka, S. C., K. Doya, G. Okada, K. Ueda, Y. Okamoto y S. Yamawaki (2004), “Prediction of Immediate and Future Rewards Differentially Recruits Cortico-Basal Ganglia Loops”, *Nature Neuroscience*, 7, pp. 887-893.
- Tesch, A. D., y A. G. Sanfey (2008), “Models and Methods in Delay Discounting”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1128, pp. 90-94.
- Thaler, R. (1981), “Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency”, *Economics Letters*, 8, pp. 201-207.
- Trepel, C., C. R. Fox y R. A. Poldrack (2005), “Prospect Theory on the Brain? Toward a Cognitive Neuroscience of Decision under Risk”, *Cognitive Brain Research*, 23, pp. 34-50.
- Tversky, A., y D. Kahneman (1981), “The Framing of Decisions and the Psychology of choice”, *Science*, 211, pp. 453-458.
- Venkatraman, V., J. Payne, J. Bettman, M. Luce y S. A. Huettel (2009), “Separate Neural Mechanisms Underlie Choices and Strategic Preferences in Risky Decision Making”, *Neuron*, 62(4), pp. 593-602.
- Von Neumann, J., y O. Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton Univ. Press.
- Weber, B. J., y S. A. Huettel (2008), “The Neural Substrates of Probabilistic and Intertemporal Decision-Making”, *Brain Research*, 1234, pp. 104-115.
- _____, y G. B. Chapman (2005), “Playing for Peanuts: Why is Risk Seeking more Common for Low-Stakes Gambles?”, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 97, pp. 31-46.
- Weller, R., E. Cook III, K. Avsar y J. Co (2008), “Obese Women Show Greater Delay Discounting than Healthy-Weight Women”, *Appetite*, 51, pp. 563-569.
- Wittmann, M., D. S. Leland y M. P. Paulus (2007), “Time and Decision Making: Differential Contribution of the Posterior Insular Cortex and the Striatum during a Delay Discounting Task”, *Experimental Brain Research*, 179, pp. 643-653.