

Neurociencia cognitiva del juego: aspectos históricos y neurobiología de la toma de decisiones estratégicas

David de Noreña¹, Aitor Muñoz², David Ezpeleta³ y Germán Latorre⁴

Resumen

La actividad lúdica, aunque no exclusivamente humana, alcanza un grado de sofisticación máxima en nuestra especie. Es esencial tanto en el aprendizaje y el desarrollo del cerebro del niño como en la socialización y otros aspectos cognitivos en el adulto. Desde el punto de vista histórico, el juego está presente en todas las etapas, civilizaciones y marcos geográficos de la humanidad, y su evolución camina de la mano del propio desarrollo cultural del ser humano. La relación del juego de mesa con la neurobiología es indiscutible, pues en él participan múltiples procesos neuropsicológicos, como la atención, la visión espacial, la memoria, las funciones ejecutivas, la empatía, la planificación y los sistemas de recompensa, entre otros.

Palabras clave: Juego. Juegos de mesa. Historia. Neuropsicología.

Abstract

Ludic activity is not exclusive of humans, but it reaches the highest degree of sophistication in our species. It is essential in learning and developing of brain in the childhood and also for socialization and other cognitive functions in adults. In the History of Humankind, games are present in every stage, civilization and geographic frame and its evolution runs in parallel with any other cultural manifestation. The relationship of boardgames with neurobiology is tight, participating in multiple neuropsychological processes such as attention, spatial vision, memory, executive functions, empathy, planification or reward circuits, among others.

Key words: Game. Boardgames. History. Neuropsychology.

INTRODUCCIÓN: FILOGENIA Y ONTOGENIA DEL JUEGO

El juego es una actividad humana esencial, universal a todas las culturas y presente en cualquier momento del ciclo vital del individuo. Dicha activi-

dad no es exclusivamente humana. Se han descrito actividades análogas al juego humano en la mayoría de los mamíferos, así como en algunas aves e incluso en otras especies. Sin embargo, no es sino en nuestra especie en la que el juego alcanza el grado de complejidad y creatividad que le caracteriza.

¹Unidad de Daño Cerebral
Hospital Beata María Ana
Madrid

²Gamer, especialista en juegos de mesa
Madrid

³Servicio de Neurología
Hospital Universitario Quirónsalud
Madrid
Pozuelo de Alarcón

⁴Sección de Neurología
Hospital Universitario de Fuenlabrada
Madrid

Dirección para correspondencia:
David de Noreña
E-mail: danomart78@gmail.com

El juego puede definirse como un conjunto de actividades voluntarias, motivadas internamente (espontáneas), habitualmente placenteras para el individuo, que siguen un conjunto de reglas, se diferencian de la realidad (aunque puedan simular actividades o elementos de esta), suponen un desafío para las capacidades del sujeto y —un aspecto fundamental— no incrementan de forma directa la posibilidad de supervivencia del individuo¹.

Es decir, no van a encaminadas a cubrir ninguna necesidad básica inmediata. En este sentido, jugar supone para el individuo un consumo de energía que no reporta un beneficio inmediato aparente.

Pese a eso, hoy en día se acepta plenamente la enorme relevancia biológica y social del juego. Lejos de ser una propiedad emergente de otras funciones más básicas, el juego favorece en sí mismo una mayor adaptación del individuo a su entorno, a partir del desarrollo y el perfeccionamiento de las capacidades sensoriomotoras, cognitivas y socioafectivas. Ya Vygotsky señalaba que, mediante el juego, el niño es capaz de construir poco a poco su realidad social, cultural y afectiva, así como de desarrollar plenamente sus funciones cognitivas.

Diferentes autores, que se remontan al propio Darwin, consideran que el juego ofrece un contexto no amenazante mediante el cual poner en práctica y desarrollar funciones que serán relevantes en la vida del individuo cuando este sea adulto. Así pues, y aunque el beneficio del juego pueda no parecer inmediato para el individuo, permitirá a este prepararse para potenciales escenarios futuros que sí serán significativos.

Piaget se centró especialmente en los aspectos cognitivos que se ponían en marcha, se desarrollaban y se perfeccionaban gracias a esta actividad.

En una primera etapa de desarrollo cognitivo, el *estadio sensoriomotor* (de 0 a 2 años de edad), el tipo de juego imperante es el llamado *juego funcional o de ejercicio*. Este tipo de juego implica la realización de acciones repetitivas que resultan gratificantes a medida que se van dominando.

En este sentido, el niño puede centrar sus acciones en el propio cuerpo (p. ej., arrastrarse, gatear, caminar, balancearse, llevarse las manos a diferentes partes del cuerpo, etc.), lo que le permite desarrollar de manera paulatina su propio esquema corporal e integrar el espacio cercano. Pero también puede dirigir las acciones hacia otros objetos (lanzar, golpear, desmontar), lo que le permite ir descubriendo las propiedades sensoriales de los objetos en sus diferentes modalidades e integrarlas. Por último, empieza también a desa-

rollar juegos que requieren la participación de otras personas (p. ej., esconderse), que gesta y favorece la interacción social.

En la segunda etapa de desarrollo cognitivo, el llamado *estadio preoperacional* (de los 2 hasta aproximadamente los 6 años de edad), hace su aparición el *juego simbólico*. Este supone simular situaciones, objetos y personajes que están presentes y actuar «como si». La aparición del juego simbólico supone un hito en el desarrollo cognitivo, y es bien sabido que muchos trastornos del desarrollo se caracterizan por un juego simbólico muy pobre o inexistente. El juego simbólico progresa de forma gradual, aumentando en complejidad según crece el niño y desarrolla nuevas competencias cognitivas. En las fases iniciales se llevan a cabo acciones conocidas, pero sin su referente (p. ej., el niño hace ver que come con una cuchara, simula que habla por teléfono o combina objetos y acciones de manera creativa, tal como dar de comer a su madre o acostar a un muñeco en la cama). Posteriormente, el niño va creando escenarios cada vez más complejos, con diferentes personajes u objetos, en secuencias más amplias y siendo reguladas también por el lenguaje (muchas veces expresado en voz alta) que define la situación. Ya en esta fase el juego empieza a convertirse en una actividad compartida, en la que se asignan o se cambian diferentes roles.

Por último, en el *estadio de las operaciones concretas* (de los 6 a los 12 años), comienzan a predominar los *juegos de reglas*. Habitualmente tendemos a pensar que solo existen reglas en el juego compartido, tales como los juegos de mesa, el escondite, el pilla-pilla o los deportes; sin embargo, las reglas, de manera implícita, aparecen ya en niños muy pequeños y llegan a su pleno desarrollo en esta fase. Así pues, en estos juegos se acuerdan inicialmente los roles, los objetivos y las normas o las prohibiciones. La creatividad, una propiedad intrínseca del juego, va siendo mayor a medida que van desarrollándose los procesos cognitivos del niño, en especial el lenguaje y el conjunto de procesos cognitivos conocidos como cognición social, que le permite comprender al otro, adoptar su punto de vista, anticipar su conducta y engañarle.

Cabe mencionar que, una vez surge un nuevo tipo de juego, los demás no desaparecen, sino que quedan, de algún modo, subsumidos por este. El juego anterior avanza, se perfecciona y queda al servicio de los más complejos. Por otra parte, debemos tener en cuenta que, aunque varía la edad de inicio, la secuencia de aparición de los juegos en los niños es invariable.

Por último, y como se verá más adelante en este artículo, las funciones neurocognitivas y socio-

afectivas que implican el juego se extienden mucho más allá de los primeros años de vida, siendo una actividad que, con diferencias culturales en cuanto a su expresión concreta, se extiende a lo largo de todo el ciclo vital.

APROXIMACIÓN HISTÓRICA AL JUEGO

Los orígenes: el juego en la Antigüedad

El juego forma parte del comportamiento animal como medio de aprendizaje de las técnicas necesarias para su futura supervivencia. Como animal racional, el hombre adapta estas técnicas de aprendizaje primero a juegos físicos en los que aprende a luchar, liderar o socializar, para después evolucionar, junto al sedentarismo, a juegos más sofisticados y complejos.

El origen del juego de mesa va unido a la invención de la escritura al final del Neolítico y con el paso a la Edad del Bronce. La mayor parte de los hallazgos arqueológicos más antiguos relacionados con juegos se han realizado en la zona de Mesopotamia, donde se descubrieron los dos juegos más significativos de esa época: el *Real Juego de Ur* y el *Senet*². El *Real Juego de Ur* fue descubierto en 1920 por Sir Leonar Wolley en las tumbas reales de Ur, y tiene unas características que ya lo podrían definir como juego de mesa: tablero, dos dados de cuatro caras y fichas. Del mismo modo, el *Senet* (Fig. 1), encontrado en tumbas y representado en jeroglíficos del antiguo Egipto, cuenta con tablero y fichas para dos jugadores³.

Todas las culturas desarrolladas de la Antigüedad tenían juegos, como los *Mancala* (hacia 1400 a.C.), un tipo de juego que, con pequeñas variaciones de reglas y diseño, se ha encontrado en las sociedades de toda África⁴; en Grecia, juegos con características matemáticas, como el *Pente* (o *Petteia*) y algunos precursores de lo que luego sería el tres en raya⁵; y en el Imperio Romano abundaban los juegos de posicionamiento, como *Ludus Duodecim Scriptorum*, antecesor del *backgamon* y de los juegos de dados. También en Roma encontramos la primera legislación que regula los juegos de azar, prohibiéndolos excepto en Saturnalia⁶. De estos juegos más modernos, fabricados con muy variados materiales, se encuentran evidencias en todos los estratos sociales.

En el continente asiático existía una cultura única de juegos que incluía los precursores de los naipes, el parchís o el ajedrez, juegos que no fueron conocidos en el resto del mundo hasta el desarrollo de la Ruta de la Seda.

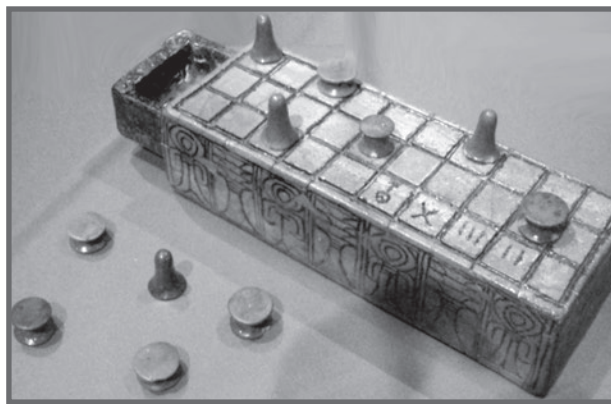


FIGURA 1. Juego de *Senet* del Faraón Amenhotep III, dinastía XVIII de Egipto, encontrado en Tebas. Datado aproximadamente entre los años 1390 y 1353 a.C.

El *Chatarunga* de la India, el *Xiangqi* en China y el *Shogi* en Japón cuentan con características similares: representan mediante fichas la guerra entre dos contendientes en un tablero con partes iguales para cada jugador y con unas reglas complejas que requerían el desarrollo de una estrategia a medio plazo ganadora. El *Go* es el juego oriental más representativo y se originó en China hace más de 4000 años. Formaba parte de las cuatro artes esenciales de la China Antigua (música, caligrafía, pintura y *Go*); de reglas aparentemente sencillas y con solo un tablero y fichas negras y blancas, requiere mucha estrategia por la cantidad de posibilidades de colocación de las piezas.

El invento de la xilografía (impresión con planchas de madera) supone que, ya en la Edad Media, aparezcan en Europa, gracias a la Ruta de la Seda, los primeros juegos de naipes. En esta época también se hacen muy populares el ajedrez y juegos como al *Alquerque* o el *Molino*. La simplificación de los materiales hace que sean muy conocidos y aparecen tratados escritos, como el *Libro de los Juegos*, de Alfonso X el Sabio, con cuatro secciones: ajedrez, juegos de dados, *backgamon* y otros⁷.

En el año 1440, con la invención de la imprenta se popularizan los naipes y aparece otro juego significativo, la oca, con referencias por toda Europa con diferentes nombres y tableros, y supuestamente originado con la influencia de la numerología y la mística. Las élites ilustradas siguen jugando al ajedrez, e incluso durante el siglo XVIII aparecen variantes más sofisticadas, como el *Hellwigs Kriegsspiel* de Johan C.L. Hellwig, con 1617 casillas. A este siglo también corresponden las versiones nacionales de las barajas de cartas, y aparecen y se extienden el dominó y los puzles³.

La gestación del juego moderno: el siglo xix

Con la Revolución Industrial comenzada, ya a mediados del siglo xviii llegan nuevas técnicas de fabricación e impresión, como la litografía, que abarata los costes de producción de los juegos de mesa y posibilita su producción en masa, lo que facilita el acceso a todos los estratos sociales. Es entonces cuando los modelos antiguos que se conocían en los siglos anteriores se convierten en juegos ya muy parecidos a los que se jugarán posteriormente.

En Inglaterra, principal potencia de este siglo, se utilizaron los juegos como medio para fomentar la educación en todas las capas sociales. El juego de la oca se convierte, por ejemplo, en *The Game of Human Life* o en *History of England*, donde cada casilla tenía imágenes de momentos históricos o personajes importantes de la época. Aunque el tema más utilizado por los editores era la educación moral, y juegos como *The New Game of Virtue Rewarded* y *Vice Punished for The Amusement of Youth of Both Sexes* utilizan las casillas para recompensar las acciones buenas y castigar las malas, los temas se fueron ampliando a las matemáticas, las ciencias naturales o el aprendizaje del lenguaje⁸.

En los Estados Unidos, aunque las primeras producciones de juegos de mesa datan de 1822 (*Travelers Through the United States* y *Travelers Through Europe*), no es hasta que acaba la guerra civil cuando, con la inmigración europea, llegan juegos como los naipes, el ajedrez, el *backgammon* y variantes del juego de la oca y el de serpientes y escaleras. Aquí primaban más los temas de estrategia o de estimulación mental, y juegos como el *Parchessi* se patentan a finales de siglo⁹. También en esta época nace el concepto de autoría por parte de la editorial y aparecen editores como Milton Bradley y George S. Parker (futuras MB y Parkers Brothers). A finales de siglo el juego se convierte en parte importante del ocio en la sociedad americana, y se puede considerar ya como una industria³.

A pesar de que en muchos países europeos había pequeñas compañías de juegos, principalmente educativos, fue en Alemania donde nacieron importantes editoriales, como Ravensburger y Kosmos. Otto R. Maier, creador de juegos como *Un viaje alrededor del mundo* o las *Damas Chinas*, decide cerrar su tienda de libros en 1892 para crear Ravensburger Games con más de 100 juegos en catálogo en el año 1902. La necesidad de aumentar la creatividad y la deriva individualista de la sociedad hacen que comience a destacarse al creador de juegos.

El siglo xx y el juego en la actualidad

A comienzos del siglo xx, en los Estados Unidos empiezan a surgir juegos aprovechando la industrialización consumista; juegos basados en el desarrollo de los transportes, en eventos como la carrera por el Polo Norte o las comunicaciones conviven con otros que nacen de la necesidad publicitaria de las empresas.

En Francia se desarrolla una convención o concurso de juguetes en el año 1901 como intento de luchar contra la industria juguetera alemana. A pesar de las dificultades, surgen editoriales como Coqueret, que acuña el término *Jeux Nouveaux*, surgido seguramente del concepto *Art nouveau* imperante en esos momentos. En 1908, el juego *L'attaque* (Hermance Edan) se convierte en el único éxito autóctono de principios de siglo.

La Primera Guerra Mundial (1914-1918) hace que cambie la industria del juego. Mientras en países como Francia e Inglaterra aprovechan el cese de las exportaciones alemanas para aumentar el intercambio creativo, en Alemania, con el ascenso del nazismo, los esfuerzos en la producción tradicional de juegos de mesa se trasladan a temas patrióticos y bélicos.

Con la Gran Depresión (1929), en los Estados Unidos surge el juego como forma barata de entretenimiento. En la Exposición Internacional de Chicago (1933) aparecen nuevos juegos, como *Go to the Head of the Class*, un *best seller* americano basado en preguntas y respuestas que ha acompañado a muchos hogares durante generaciones, y un poco más tarde, en el año 1935, el conocido *Monopoly* (Fig. 2).

Modernizado por Charles Darrow (pero una clara copia del juego *The Landlord's game* diseñado por Elizabeth Magie en 1904)¹⁰ y rechazado en un principio por la editorial, se convirtió en un referente mundial de los juegos de mesa modernos con la victoria americana en la Segunda Guerra Mundial. Esta hace que los temas que no fuesen bélicos desaparezcan de los tableros, y se impone el uso de cartón por el esfuerzo de la industria.

El fin de la Segunda Guerra Mundial cambia el paradigma: los Estados Unidos se proclaman vencedores y, con una economía floreciente, se convierten en el principal referente cultural del mundo, lo que hace que la manera de desarrollar los juegos americanos se extienda por todas partes. Aparecen el *Scrabble* (Alfred Mosher Butts, 1946), el *Cluedo* (Anthony E. Pratt, 1949) y el *Candyland* (Eleanor Abbott, 1949), editados ya por empresas especializadas.

La irrupción de la televisión en los hogares americanos en la década de 1950, que reemplaza

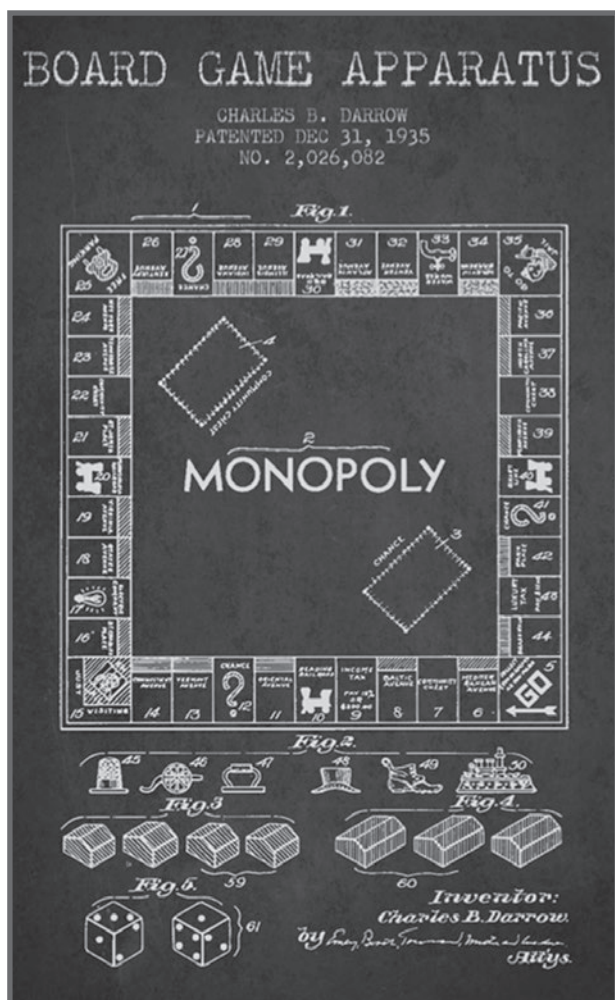


FIGURA 2. Patente del Monopoly.

a mucha parte del ocio anterior, hace que las empresas pequeñas de juegos no puedan competir y poco a poco vayan desapareciendo.

Mientras, empresas grandes como Parker Brothers aprovechan la publicidad para convertir sus juegos en productos de consumo masivo y en juegos de marca (pasan a ser juegos Parker). La publicidad también provoca que aparezcan cada vez más versiones de juegos antiguos basados en licencias modernas y series infantiles; el juego en sí deja de importar para transformarse en un producto de venta rápida que puede ser anunciado por la televisión. Una de las primeras compañías que se aprovechó de esto fue Disney. Desde el año 1930, con el juego *Mickey Mouse Coming Home Game*, surgen infinidad de productos basados en juegos ya existentes con los personajes y películas de Disney. Del año 1957 es *La Conquête du Monde* (del director de cine Albert Lamorisse, ganador de un Óscar), un juego basado en la conquista bélica que licenció Parker con el nombre de *Risk*.

A pesar de todas estas dificultades y de la casi desaparición de las editoriales pequeñas, quedan diseñadores aficionados que poco a poco van desarrollando juegos y un mercado para otro tipo de juegos, los *Hobbygames*. En 1952, Charles S. Roberts, considerado como el padre del juego bélico moderno, crea el juego *Tactics*. Utilizando solo conceptos gráficos para simular los eventos de la segunda guerra mundial, se convierte en el primer *wargame*. En 1958 se crea Avalon Hill Company, que absorbe los diseños de Roberts y mantiene el concepto hasta hoy. Clásicos de los juegos de simulación, como *Civilization* y *1829* (ambos de Francis Tresham), u otros como *Acquire*, *Diplomacy* o *Squad leader*, establecieron las bases de muchos juegos actuales. La empresa fue adquirida por Hasbro en 1998 a causa de la aparición de los videojuegos en los años 1970 y el consiguiente desgaste que significó para el ocio de los juegos de mesa.

En la década de 1970 surge también un nuevo tipo de juego que, sin necesidad de tablero y aprovechando sus características narrativas, incorporara nuevos temas y diseños: el juego de rol. Gary Gygax y Jeff Perren crean en 1970 *Dungeons and Dragons*, que se convirtió en un fenómeno, lo que hizo que aparecieran muchas editoriales: TSR con *Dungeons and Dragons*, SJG con *GURPS*, y Chaosium-games con *La llamada de Chutthu*, entre muchas otras, aprovecharon los sistemas narrativos del juego de rol para incorporar infinidad de temas.

En Alemania, la Segunda Guerra Mundial y la depresión posterior hicieron que los juegos de temas bélicos fueran vistos con aversión por la mayoría del público, llegando muchos *wargames* a estar clasificados como «productos X» en los años 1980. Aprovechando esto, surge un tipo de juego de diseño más familiar, con temas constructivos, que se convierte en una industria por sí misma. En el año 1979 se crea el premio Spiel des Jahres, uno de los más importantes actualmente, se celebran eventos y se editan revistas especializadas. Los acontecimientos de finales del siglo xx sientan las bases para el desarrollo final de los juegos actuales, con modernas técnicas editoriales, materiales novedosos (p. ej., miniaturas de plástico), temáticas expansivas, mecánicas más refinadas y uso de plataformas de mecenazgo (Kickstarter, Verkami). En la actualidad, el juego es una industria floreciente y creativa.

Con la aparición de los primeros ordenadores después de la Segunda Guerra Mundial surge también un duro competidor para los juegos de mesa: los videojuegos. El primer videojuego se puede considerar que es el *Nought and crosses*, desarrollado como una versión del tres en raya por Alexander S. Douglas en 1952. No sería hasta el principio de los años 1970 cuando, con el *Magnavox Odyssey*

(1972), primer sistema doméstico, y la aparición de los primeros juegos en salones recreativos, como el *Space Invaders* (Taito) o *Asteroids* (Atari), comenzaría su expansión. Durante la década de 1980 se vive un fuerte crecimiento tanto del ocio doméstico (con sistemas como *Odyssey 2*, el Atari o el Commodore) como de los salones recreativos (con juegos como *Pacman* y *Tron*, entre otros). Durante los primeros años crece exponencialmente la cantidad de sistemas y de juegos disponibles, a la vez que disminuye la calidad, lo que en 1983 provoca una crisis en el mercado de los videojuegos —principalmente americano— que no se detendría hasta la llegada de las consolas japonesas, con Nintendo a la cabeza en los Estados Unidos en 1985. Ese año también aparece *Super Mario Bros*, que supone un punto de inflexión, sobre todo creativo, que marca el desarrollo de muchos juegos posteriores. Algunos, como *Bubble Bubble*, *Out run* o *Shinobi*, acompañan el cambio en la nacionalidad de los desarrolladores. Durante esta década también surgen las primeras consolas portátiles, desde las primeras *Game and Watch* de Nintendo y las conversiones recreativas de Coleco hasta el lanzamiento de la Game Boy en 1989.

Los años 1990 comienzan marcados por la aparición de las consolas de 16 bits (Mega Drive, Super Nintendo o la Neo Geo, entre otras) y la introducción del CD-ROM, lo que significó un gran salto en el desarrollo al disponer de nuevas capacidades técnicas. Surgen los primeros juegos en 3D, la generación de 32 bits con consolas como Sega Saturn y Sony Playstation, y la de 64 bits con Nintendo 64 y Atari Jaguar. Juegos como *Resident Evil* o *Gran Turismo* hacen que para el final de la década la consola más popular sea Playstation, mientras que para ordenador personal aparecen juegos como *Quake* y *Starcraft*, y el desarrollo de los primeros juegos que se conectan a través de internet. Con la aparición de la Dreamcast, en Japón comienza la generación de los 128 bits.

ASPECTOS NEUROPSICOLÓGICOS DEL JUEGO

Sintetizar el conocimiento neurocientífico y cognitivo actual sobre los juegos puede ser parecido a ensamblar un puzzle complejo sin un claro modelo a seguir. Por una parte, existe una amplia literatura relacionada con cómo procesamos las probabilidades y el azar, y cómo realizamos estimaciones (muchas veces desacertadas) a partir de información incompleta. Por otra, en las últimas tres décadas ha aumentado enormemente el número de publicaciones acerca de los beneficios y perjuicios del uso de videojuegos, y las diferencias entre los cerebros de los jugadores noveles y los

expertos. En el campo de los juegos de mesa, la literatura es aún más heterogénea y abarca temas como las aplicaciones de los juegos de mesa en el ámbito educativo, el beneficio de los juegos de mesa en rehabilitación, la estimulación cognitiva de pacientes con enfermedades neurológicas o las diferencias entre los cerebros de jugadores de ajedrez expertos y noveles, por citar algunos. Por último, la patología del juego, desde sus dimensiones fisiológicas, psicológicas y sociales, es un tema muy presente en la actualidad y con una amplia literatura científica a sus espaldas.

Pese a la dispersión del conocimiento en este campo, en la actualidad no cabe ninguna duda de que el juego es una actividad humana universal, compleja y heterogénea que es consecuencia, y a su vez moduladora, de múltiples procesos cognitivos y socioafectivos que se asientan en diferentes estructuras cerebrales.

Para facilitar la lectura, al igual que hicieron Palau, et al.¹¹ en una exhaustiva revisión sobre neurociencia cognitiva de los videojuegos, se exponen las categorías cognitivas relacionadas y los correlatos neurofisiológicos asociados (Tabla 1). Por supuesto, dichas categorías son hasta cierto punto arbitrarias y no excluyentes.

Procesos atencionales

Los procesos atencionales son uno de los dominios cognitivos más estudiados en diferentes tipos de juegos. Buena parte de los estudios se han realizado con videojuegos de acción, que se caracterizan por una elevada carga estimular (y por lo tanto la necesidad de dirigir la atención mientras se suprime información irrelevante), presión de tiempo y tener que mantener el rendimiento atencional durante periodos prolongados. Las dos primeras características no suelen ser tan relevantes, con excepciones, en los juegos de mesa.

Las redes atencionales muestran cierto solapamiento con las regiones anatómicas implicadas en el control cognitivo que se abordará más adelante. Este es el caso de las diferentes estructuras implicadas en la red frontoparietal, que media el control atencional *top-down* y que comprende estructuras (nodos) como la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL), la corteza parietal inferior y la corteza cingulada anterior (CCA), entre otras regiones. Esta última es uno de los *hubs* más importantes para la atención selectiva, la conducta dirigida a objetivos y la gestión de situaciones en las que es necesario resolver conflictos entre diferentes respuestas alternativas. Por otra parte, cabe destacar también la implicación de la red de atención ventral, que implica estructuras como la unión temporoparietal (UTP), la corteza prefrontal

TABLA 1. Dominios cognitivos, regiones y circuitos neuroanatómicos implicados, y ejemplos relacionados con los juegos

Dominio cognitivo	Regiones y redes implicadas	Ejemplos de aspectos relacionados con el juego
Procesos atencionales	Red frontoparietal (corteza prefrontal dorsolateral, corteza cingulada anterior, corteza parietal inferior)	Dirigir y mantener la atención en la jugada que estamos realizando frente a las distracciones de nuestro oponente
	Red de atención ventral (unión temporoparietal, corteza prefrontal ventrolateral, ínsula anterior)	Reorientar la atención cuando nuestro oponente hace un movimiento inesperado
Habilidades visoespaciales	Corteza parietal posterior (vía dorsal)	Encajar correctamente la pieza que tenemos en el modelo
	Corteza inferotemporal (vía ventral)	Identificar y reconocer un objeto con bonificación en un videojuego
	Cortezas entorrinal y parahipocampal, e hipocampo	Navegar adecuadamente y encontrar la salida en un videojuego de acción en primera persona
Funciones ejecutivas/ control cognitivo	Corteza prefrontal dorsolateral	Mantener en la memoria de trabajo los puntos que nos reportan diferentes jugadas antes de decidir
	Corteza prefrontal medial (con cíngulo anterior)	Inhibir la jugada que solemos hacer y pensar en una alternativa que implica mayor esfuerzo cognitivo
	Corteza orbitofrontal	Tomar una decisión tras un rato de análisis-parálisis
Aprendizaje de destrezas y memoria	Hipocampo y estructuras temporales mesiales, junto con corteza prefrontal	Recordar las instrucciones del juego o el movimiento que ha hecho nuestro oponente. Utilizar estrategias de partidas anteriores (memoria declarativa)
	Circuito frontoestriatal asociativo (corteza prefrontal dorsolateral y parietal posterior, caudado, tálamo ventral anterior y dorsomedial)	Adquirir inicialmente las habilidades de un juego, con esfuerzo cognitivo y plena conciencia
	Circuito frontoestriatal motor (áreas premotora, motora primaria y motora suplementaria, putamen, tálamo ventrolateral)	Retener y aplicar destrezas ya aprendidas (jugadas, algoritmos «si x, entonces y», etc.), con menor esfuerzo
	Área motora suplementaria	«Almacén» de habilidades lúdicas ampliamente consolidadas (p. ej., jugador experto de ajedrez)
	Circuitos corticocerebelosos	Necesario para automatizar habilidades y usarlas cada vez con mayor fluidez Ayuda a ajustar y afinar nuestros movimientos ante cambios en el contexto
Motivación y sistema de recompensa	Circuito frontoestriatal límbico (cortezas cingulada anterior y orbitofrontal, estriado ventral, tálamo dorsomedial) Circuitos mesolímbicos (sustancia negra, área tegmental ventral, etc.)	Anticipar las consecuencias positivas de una acción y experimentar el placer asociado. Esta puede ser un contexto y actividad general (sacar un juego de mesa en una fiesta con amigos) o una acción concreta (sacar la carta que va a permitir ganar la partida)
	Hipocampo y estructuras temporales mesiales, junto con corteza prefrontal	Recordar juegos de mesa que gustan o disgustan, partidas anteriores y personas con las que gusta o disgusta jugar
Cognición social	Unión temporoparietal y surco temporal superior	Comprender qué intención puede tener nuestro oponente con la jugada que está realizando
	Corteza prefrontal medial	Conocer el estilo de juego de nuestro oponente o nuestras posibilidades de vencerle en un tipo de juego determinado
	Corteza cingulada anterior e ínsula anterior	Empatizar con nuestro oponente al observar su frustración y «ponérselo fácil» en un juego en el que se está estrenando para que no se desmotive

ventrolateral y la ínsula anterior, y que se encarga de los procesos más automáticos de la atención hacia estímulos salientes o relevantes (atención *bottom-up*).

Se ha observado, por ejemplo, que los jugadores inexpertos de videojuegos muestran un mayor reclutamiento frontoparietal que los expertos. En este sentido, los jugadores expertos muestran una disminución de la actividad en regiones relacionadas con el control atencional, como el giro frontal medio derecho, el giro frontal superior derecho y la corteza prefrontal ventromedial¹², lo que sugiere una optimización de los recursos atencionales. En esa misma línea, se ha encontrado un aumento de flujo sanguíneo en regiones prefrontales como la CPFDL cuando aumentan las demandas cognitivas del juego, tal como la necesidad de mantener información en la memoria operativa o la toma de decisiones¹³.

Por otra parte, comparando jugadores de videojuegos con no jugadores se han observado cambios en la conectividad en la red atencional ventral, en particular en la sustancia blanca occipitotemporal, encargada de la reorientación hacia estímulos novedosos. Dichos cambios se correlacionan con un mejor rendimiento en los procesos atencionales (atención sostenida, selectiva y dividida)¹⁴. Si se consideran diferentes géneros de videojuegos, parece que los videojuegos de acción se relacionan más con mejorías en la atención selectiva que otros con menor presión de tiempo, tales como juegos de rol, juegos de puzzles y de estrategias, que requieren planificación y otras formas de control cognitivo¹¹.

Habilidades visoespaciales

Las habilidades visoespaciales comprenden procesos que nos permiten percibir, reconocer y manipular estímulos visuales, e incluyen aspectos como la coordinación visomotora y las habilidades de navegación.

Es obvio que los videojuegos son tareas interactivas eminentemente visuales, pero lo son también muchos juegos de mesa, desde el *Go* hasta los rompecabezas. Anticipar los próximos movimientos del adversario en un tablero de ajedrez, ser capaz de desplazarse correctamente por el escenario de un juego de acción en primera persona o buscar una pieza que encaje en el patrón que estamos construyendo son solo algunos ejemplos de actividades lúdicas que requieren múltiples procesos visoperceptivos y visoespaciales.

Las áreas implicadas en el procesamiento visual se han situado, tradicionalmente, a lo largo de dos vías: una vía ventral, encargada del reconoci-

miento de objetos, y una vía dorsal, encargada de la localización espacial. Ambas parten de la corteza visual, en el lóbulo occipital, y alcanzan la corteza parietal posterior (CPP) (vía dorsal) y la corteza temporal inferior (vía ventral), implicando también a numerosas estructuras subcorticales. Entre otros nodos, algunos autores señalan también al hipocampo como una estructura fundamental para el procesamiento visual de alto nivel y la memoria¹⁵. En este sentido, tal como señalan Palaus, et al.¹¹, se han correlacionado las habilidades visoespaciales con aumentos del volumen del hipocampo derecho, tanto en jugadores expertos de ordenador como en noveles tras entrenamiento¹⁶. Asimismo, relacionan la corteza entorrinal, que se asocia con habilidades de navegación, y junto al hipocampo con la memoria espacial, con experiencia en videojuegos de lógica/puzzles y de plataformas¹⁷.

Funciones ejecutivas y control cognitivo

Con frecuencia el jugador se enfrenta a situaciones en las que debe tomar decisiones en cuanto a posibles acciones, anticipando el resultado de cada una de ellas, y otras veces es necesario interrumpir la estrategia seguida y cambiar el curso de la acción. Bajo el paraguas de las «funciones ejecutivas» o del «control cognitivo» se encuentran multitud de procesos entre los que podemos citar la inhibición de respuestas y de la interferencia, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y, fruto de los procesos de control cognitivo más básicos, el razonamiento y la planificación. Existe un amplio acuerdo en que el sustrato neuroanatómico de estos procesos parece ser la corteza prefrontal (CPF) apoyada por la CPP y los ganglios basales, si bien muchos autores indican el importante papel del cerebelo en interacción con las anteriores estructuras.

Desde hace tiempo existen evidencias sobre la implicación de regiones prefrontales y parietales posteriores en la planificación de jugadas en juegos como el ajedrez, así como la implicación de regiones temporales laterales y mediales (hipocampo)¹⁸. En el primer caso, la activación de regiones de la red frontoparietal se relaciona con procesos como la dirección consciente de la atención, la memoria de trabajo verbal y visual, la anticipación y la secuenciación, así como el procesamiento espacial de alto nivel requerido en juegos como este, vinculado a la activación de la UTP. Mientras, la actividad en regiones temporales inferiores y mediales parece relacionarse con la recuperación de reglas, reconocimiento de jugadas familiares, etc.

Al igual que en numerosas habilidades, los expertos en videojuegos o en juegos de mesa muestran una reducción en la actividad de las regiones

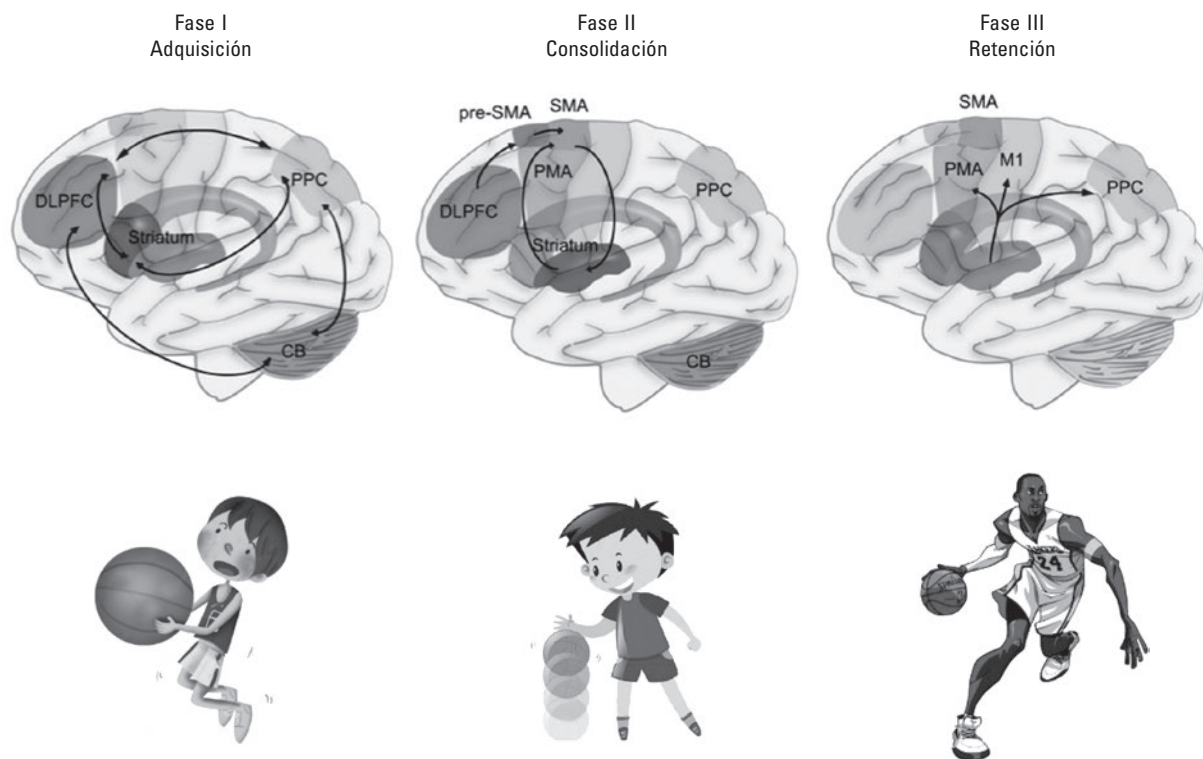


FIGURA 3. Fases de la adquisición de destrezas. CB: cerebelo; DLPFC: corteza prefrontal dorsolateral; M1: corteza motora primaria; PMA: área premotora; PPC: corteza parietal posterior; SMA: área motora suplementaria; Striatum: estriado (*adaptada de Dahms, et al.²⁵. Con permiso*).

implicadas en la red frontoparietal, tales como la CPFDL y el lóbulo parietal superior¹⁹, que con frecuencia se asocia a mejoras en la memoria de trabajo. Esta disminución de la actividad sugiere una menor necesidad de esfuerzo cognitivo y de implementación de soluciones novedosas cuando se domina el juego. Simultáneamente, en los jugadores expertos de ajedrez se observa una mayor actividad en áreas temporales mediales e inferiores, como el giro fusiforme. Esto puede indicar una mayor capacidad para detectar patrones familiares tales como disposiciones o jugadas habituales²⁰.

Se sabe desde hace tiempo que la corteza orbitofrontal (COF) y sus conexiones con estructuras límbicas (amígdala, ínsula anterior, estriado ventral, hipotálamo) y con el hipocampo le otorgan un papel protagonista en la toma de decisiones. Dicho papel es en especial relevante en situaciones de ambigüedad en las que no existe una respuesta intrínsecamente correcta, cambia de forma importante el contexto —o la actitud del jugador oponente— o debemos fiarnos «de las tripas»^{21,22}. Así pues, podemos inferir su relevante papel en las jugadas que implican un importante componente de toma de decisiones con información incompleta, como sugieren algunos estudios con jugadores de ajedrez^{18,23}.

Aprendizaje de destrezas y memoria

Todo juego implica la adquisición gradual de destrezas y habilidades que se traducen en una cada vez mayor pericia y una cierta transferencia a otros juegos similares. Una parte del aprendizaje requiere los sistemas de *memoria declarativa*, que son los que permiten la adquisición de conocimiento explícito, en forma de reglas, normas, jugadas habituales y experiencias autobiográficas previas con ese juego y con otros oponentes. Desde hace tiempo se sabe que las estructuras temporales mediales (p. ej., hipocampo, corteza entorrinal, corteza perirrinal y corteza parahipocampal), junto con algunas estructuras diencefálicas (p. ej., núcleos anterior y dorsomedial del tálamo, cuerpos mamilares del hipotálamo) y su interacción con estructuras de la CPF, son la base sobre la que se sustenta este tipo de memoria²⁴. No obstante, pasada la fase inicial, buena parte del aprendizaje en los juegos es de tipo *implícito o no declarativo*: integración visomotora (p. ej., en los videojuegos), planificación y ejecución motora. Son todos ellos aspectos muy dependientes de los circuitos corticoestriales y de la integridad del cerebelo.

La mejoría progresiva en un determinado juego se traduce, en neuroimagen funcional, en una menor actividad de las regiones cerebrales implicadas (p. ej., los nodos de la red frontoparietal, vistos anteriormente). En líneas generales, el aprendizaje de cualquier habilidad o destreza muestra una transformación gradual en cuanto a los procesos y las regiones neuroanatómicas implicadas.

En una revisión de Dahms, et al.²⁵ se abordan las diferentes fases por las que pasa cualquier tipo de aprendizaje que implique la secuenciación de conductas (Fig. 3). En una primera fase de *adquisición* es necesaria la implicación de la CPFDL y la CPP. Esta interactúa con regiones anteriores de los ganglios basales (p. ej., caudado, estriado ventral) en bucles frontoestriatales, seleccionando las secuencias motoras-espaciales más adecuadas al objetivo; algo relacionado, al menos en parte, con los sistemas de recompensa. En paralelo, la implicación de bucles corticocerebelosos es fundamental al aportar el cerebelo un modelo predictivo —*feed-forward*— de la acción con el que regular las regiones prefrontales, premotoras y parietales. Fenomenológicamente, esta primera fase podría entenderse como el aprendizaje de las reglas y de la secuencia de juego, así como en la progresiva selección, a veces por ensayo y error, de las habilidades requeridas en cada situación (p. ej., en qué fijarse, qué omitir). Se caracterizaría por el importante esfuerzo cognitivo (de ahí la implicación de la red frontoparietal) que despliega un jugador novel cuando está aprendiendo: cada jugada, cada escenario, requiere múltiples tomas de decisiones conscientes, repasar en la memoria declarativa jugadas o partidas anteriores, instrucciones, excepciones a las reglas, etc.

En una segunda fase se produciría la *consolidación* de las habilidades requeridas. En esta, el jugador mostraría una cada vez mayor estabilización de las secuencias necesarias, así como una mayor resistencia a la interferencia. En este punto, la curva de aprendizaje empieza a ser más lenta. Uno de los nodos fundamentales en esta segunda fase es la parte rostral del área motora suplementaria, que recibiría aferencias de la CPFDL y enviaría eferencias al área motora suplementaria y a la corteza premotora. En este caso, los bucles corticoestriatales implicarían a regiones posteriores del caudado y del putamen, y los circuitos corticocerebelosos tendrían una menor importancia. Este proceso de consolidación depende en buena medida de la capacidad de agrupar, a modo de *chunks*, actividades complejas en secuencias más pequeñas, algo que posibilitan los ganglios basales. La agrupación de secuencias de acción simplifica el almacenamiento y la posterior recuperación, permitiendo, entre otras cosas, liberar a la memoria de trabajo para otras funciones. Por

ejemplo, una vez que un jugador se ha aprendido las reglas y la secuencia de turno de un complejo juego de estrategia, puede dedicar sus recursos atencionales a valorar las jugadas de su adversario, anticipar los futuros movimientos e incluso a ser creativo en sus propias jugadas.

La transición de la segunda a la tercera fase es muy fluida, lo que implica ciertas dificultades para diferenciar una de otra. No obstante, en algún punto, el aprendizaje da lugar a una fase tardía, lenta, que podemos llamar *de retención*. La ejecución de los jugadores se vuelve en muchos casos automática, requiriendo apenas atención o siendo incluso completamente implícita. En este proceso cobran protagonismo la corteza motora primaria, el área premotora y la CPP. Estas regiones permiten una cada vez mayor integración de información visual y somatomotora en las secuencias de acción. La implicación del área motora suplementaria posibilita el almacenamiento de secuencias motoras complejas sólidamente consolidadas, como ocurre, por ejemplo, en los bailarines profesionales²⁶. Por último, aunque el papel del cerebelo disminuye con el tiempo a medida que se automatiza una nueva habilidad, sí parece participar en la corrección de errores en fases muy avanzadas.

Motivación y sistema de recompensa

Una característica definitoria, pero no exclusiva, de las actividades lúdicas es que son placenteras para el jugador. Debido a su cualidad intrínsecamente reforzante, tienden a repetirse con frecuencia y en algunos casos llegan a convertirse en una adicción similar, en cuanto a la fisiopatología y los aspectos psicológicos, a la relacionada con el consumo de sustancias. Este será un tema, la patología del juego, que se abordará en una próxima revisión.

El centro de la red implicada en el sistema de recompensa es el circuito córtico-mesocorticolímbico, que comprende estructuras como el estriado ventral (núcleo *accumbens*), el pálido ventral y también las neuronas dopaminérgicas del mesencéfalo. Dichas estructuras conectan en bucles entre sí y con regiones de la CPF, muy especialmente la COF y la CCA. Este circuito se encarga de evaluar los posibles resultados de una conducta dada, en especial en situaciones en las que, durante una conducta orientada a metas, deben tomarse decisiones complejas y sopesar el valor y el riesgo de las recompensas secundarias, así como el esfuerzo necesario para conseguirlas²⁷. Cabe mencionar que, aunque el placer sea un componente del refuerzo o recompensa, no todas las recompensas son placenteras en sí mismas. El

dinero, por ejemplo, es una recompensa extrínseca, que actúa como refuerzo y modela nuestra conducta, pero en sí mismo y sin haber sido condicionado previamente no produciría ningún placer. En el caso del juego existen elementos que durante la ontogenia actúan como refuerzos intrínsecos, produciendo un placer en sí mismos (p. ej., el refuerzo social asociado a «ganar», la curiosidad, el adquirir pericia en una habilidad, etc.), pero también otros que se aprenden por asociación y que determinan nuestras preferencias por unos juegos u otros. Un ejemplo de característica que actúa como refuerzo secundario es el sistema de puntos en algunos videojuegos, que permite acceder y desbloquear nuevos escenarios o ventajas para el juego.

La integridad del sistema de recompensa es necesaria para el aprendizaje eficiente de cualquier actividad lúdica. Además, modula el funcionamiento de los procesos cognitivos y las respuestas emocionales-fisiológicas del jugador, representados en buena parte de la neocorteza, por un lado, y en el sistema límbico, por otro, que a su vez modulan el sistema de recompensa. Por ejemplo, el hipocampo, la corteza parahipocámpal y la amígdala participan en las memorias emocionales asociadas al juego, así como en la información contextual para las claves de refuerzo (p. ej., reconocer una jugada o un elemento que va a permitir alcanzar una recompensa)²⁸, mientras que otras regiones límbicas y el cíngulo posterior parecen tener un papel en la integración de información motivacional, así como en generar expectativas relacionadas con las conductas de juego²⁹.

Un elemento que aborda la revisión de los videojuegos de Palaus, et al.¹¹ es el concepto de *flow*. Se entiende como un estado mental de encontrarse completamente centrado en una actividad que es intrínsecamente motivante³⁰, como sucede en las actividades lúdicas. Entre otras características, este estado implica un equilibrio entre la dificultad de la tarea y las habilidades de la persona, la ausencia de ambigüedad en los objetivos de la tarea, y suele acompañarse de una pérdida de la sensación del paso del tiempo. Algunos autores han operativizado este constructo, haciendo referencia a componentes como la atención sostenida, el *feedback* directo, el equilibrio habilidad/dificultad, los objetivos claros y el control sobre la actividad³¹. Los videojuegos, pero también algunos juegos de mesa, son el contexto apropiado en el que pueden surgir estos estados al ofrecer un *feedback* continuo, con un nivel de dificultad que aumenta progresivamente para encajar con las habilidades del jugador, y un refuerzo contingente a ir resolviendo escenarios o partidas.

Cognición social: mentalización y empatía en los juegos

No es posible describir las bases neurocognitivas del juego sin tener en cuenta el aspecto social de buena parte de las actividades lúdicas. La cognición social hace referencia al conjunto de procesos cognitivos y emocionales mediante los cuales interpretamos, analizamos, recordamos y empleamos la información sobre el mundo social. Hace referencia a cómo pensamos acerca de nosotros mismos y de las intenciones, emociones, deseos y creencias de los demás.

En el caso específico del juego, sea este competitivo o cooperativo, contra oponentes humanos o inteligencias artificiales, es imprescindible conocer las intenciones y los estados mentales del otro, así como inferir lo que puede estar pensando acerca de nuestras propias intenciones y estados mentales, si queremos engañarle o anticiparnos a su jugada, en caso de que sea un competidor, o ayudarlo a lograr un objetivo, en caso de que estemos colaborando. Es lo que se conoce como «mentalizar».

Pensemos en una partida de mus, con un compañero de juego y dos adversarios comunes. Por supuesto, la cognición social no hace referencia únicamente a aspectos cognitivos «fríos», ya que no podemos obviar la importancia que tiene, por ejemplo, la empatía emocional.

Si no sintonizamos con la emoción del otro jugador y ajustamos nuestra conducta en consecuencia podemos perder un posible compañero de juegos. «Dejarse ganar» o jugar de forma subóptima frente a un jugador novel puede ayudar a que la otra persona se frustre menos y, por lo tanto, se involucre cada vez más en la actividad lúdica compartida.

Los procesos que representan la cognición social comparten circuitos y regiones neuroanatómicas con otros procesos cognitivos. Por ejemplo, para valorar la intención del otro jugador a partir de su conducta es necesario procesar de manera adecuada las señales visuales, implicando a ambas vías visuales, la dorsal y la ventral; dirigir correctamente la atención hacia los aspectos relevantes con el funcionamiento óptimo de la red frontoparietal; acceder a lo que conocemos del estilo de juego, experiencias previas y otras características relevantes de ese jugador (estructuras temporales mediales y diencefálicas); y mantenerla en la memoria de trabajo para poder planificar el mejor curso de acción (CPFDL). Sin embargo, existen otras regiones neuroanatómicas que se encuentran más específicamente implicadas en aspectos socioafectivos.

En un metaanálisis se propuso que hay dos estructuras fundamentales para inferir los rasgos de personalidad, las creencias y las intenciones de los demás: la UTP, por una parte, y la corteza prefrontal medial, por otra³². La UTP permite inferir, a partir de la información perceptiva, estados mentales temporales en los otros como objetivos, intenciones y deseos, con independencia de que sean verdaderos o falsos, o se ajusten a nuestra perspectiva.

Cabe destacar que esta región anatómica es un área de procesamiento multisensorial, comprendiendo el giro angular y, en el hemisferio izquierdo, el área de Wernicke. Esta región permite, entre otras funciones, decodificar los sonidos del habla y la escritura para acceder a los significados de las palabras y, a su vez, traducir el pensamiento en lenguaje. Por otra parte, la corteza prefrontal medial, si bien también parece activarse ante estados transitorios, se encuentra implicada en la representación de disposiciones sociales duraderas, como rasgos de personalidad, normas interpersonales o guiones sociales y, en líneas generales, en información más abstracta.

Por último, cabe mencionar dos estructuras relacionadas estrechamente con la empatía emocional: la CCA y, perteneciente al mismo circuito funcional, la porción anterior de la ínsula. Se ha observado activación en estas áreas cuando se provoca dolor o asco en el sujeto, pero también cuando este observa dichas emociones en otra persona³³.

En un interesante estudio, Singer, et al.³⁴ involucraron a los sujetos en un juego económico basado en el dilema del prisionero con otra persona, que actuaba como gancho. Esta podía jugar de manera justa, compartiendo las ganancias con el sujeto experimental, o jugar de manera injusta y egoísta.

Posteriormente, mientras se realizaba una resonancia magnética funcional al sujeto experimental, se inducía dolor al otro jugador a la vista del primero. Lo que observaron los autores es que la activación de la CCA y de la ínsula anterior disminuía significativamente cuando el sujeto observaba el dolor en el jugador injusto. Los sujetos varones, además, experimentaban una activación de parte del circuito de recompensa, específicamente del núcleo *accumbens*.

Estudios como el anterior sugieren que no solo mostramos una menor empatía y consideración hacia los jugadores que percibimos como injustos o tramposos, sino que, además, al menos en el caso de los varones, podemos mostrar el deseo de castigarles.

CONCLUSIONES

La actividad lúdica, común a muchas especies, alcanza en el ser humano un altísimo grado de sofisticación. Se trata de una actividad universal, presente en todas las culturas, localizaciones geográficas y periodos históricos. Al tratarse de una actividad tan compleja y heterogénea, en el juego participa una amplia variedad de procesos cognitivos con sus correspondientes correlatos neuroanatómicos.

La literatura muestra que jugar modifica estructuras y redes neuronales, no solo funcionalmente, sino también estructuralmente, hecho que puede tener relevantes implicaciones en diversas enfermedades y sus abordajes terapéuticos. Del mismo modo que el cerebro ha sido cincelado por la selección natural para permitirnos alcanzar objetivos básicos para la supervivencia de la especie, como alimento y refugio, también lo ha sido para que juguemos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Weisler A, McCail KB. Exploration and play. *American Psychologist*. 1976;31:492-508.
2. Comas O. Quince juegos que cambiaron el mundo. *Ibermática*; 2008.
3. Catalán A. Estudio sobre la evolución del juego de mesa y su transformación en producto editorial. [Proyecto final de Licenciatura]. ISEC; 2008.
4. Comas O. El mundo en juegos. Barcelona: RBA Libros; 2005.
5. Austin RG. Greek board-games. *Antiquity*. 2009;14(55):257-71.
6. Acanomas.com. Historia: juegos romanos de tablero. En: Juegos tradicionales, entretenimientos e información. Buenos Aires, Argentina. Consultado el 22 de febrero de 2021. Disponible en: <http://www.acanomas.com/16/Historia:-Juegos-Romanos-de-Tablero.htm>
7. Molina Molina ALL. Los juegos de mesa en la Edad Media. *Miscelánea medieval murciana*. Volumen XXI-XXII, 1997-1998.
8. Verbeeck L. The development of the English board game, 1770-1850. *Revista Board Game Studies*. 1998;1.
9. Whitehill B. Parcheesi, the royal game. *Knucklebones Games Magazine*, September 2007.
10. Whitehill B. American games: a historical perspective. *Board Games Studies*. 1999;2.
11. Palau M, Marron EM, Viejo-Sobera R, Redolar-Ripoll D. Neural basis of video gaming: a systematic review. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:248.
12. Prakash RS, De Leon AA, Mourany L, et al. Examining neural correlates of skill acquisition in a complex videogame training program. *Front Hum Neurosci*. 2012;6:115.
13. Izzetoglu K, Bunce S, Izzetoglu M, Onaral B, Pourrezaei K. Functional near-infrared neuroimaging. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;2004:5333-6.
14. Strenziok M, Parasuraman R, Clarke E, Cisler DS, Thompson JC, Greenwood PM. Neurocognitive enhancement in older adults: comparison of three cognitive training tasks to test a hypothesis of training transfer in brain connectivity. *Neuroimage*. 2014;85 Pt 3:1027-39.
15. Kravitz DJ, Saleem KS, Baker CI, Mishkin M. A new neural framework for visuospatial processing. *Nat Rev Neurosci*. 2011;12(4):217-30.
16. Kühn S, Lorenz R, Banaschewski T, et al.; IMAGEN Consortium. Positive association of video game playing with left frontal cortical thickness in adolescents. *PLoS One*. 2014;9(3):e91506.
17. Kühn S, Gallinat J. Segregating cognitive functions within hippocampal formation: a quantitative meta-analysis on spatial navigation and episodic memory. *Hum Brain Mapp*. 2014;35(4):1129-42.
18. Nichelli P, Grafman J, Pietrini P, Alway D, Carton JC, Miletich R. Brain activity in chess playing. *Nature*. 1994;369(6477):191.
19. Nikolaidis A, Voss MW, Lee H, Vo LT, Kramer AF. Parietal plasticity after training with a complex video game is associated with individual differences in improvements in an untrained working memory task. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:169.
20. Campitelli G, Gobet F, Williams G, Parker A. Integration of perceptual input and visual imagery in chess players: evidence from eye movements. *Swiss Journal of Psychology / Schweizerische Zeitschrift für Psychologie / Revue Suisse de Psychologie*. 2007;66(4):201-13.
21. Bechara A, Damasio H, Damasio AR. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cereb Cortex*. 2000;10(3):295-307.

22. Fettes P, Schulze L, Downar J. Cortico-striatal-thalamic loop circuits of the orbito-frontal cortex: promising therapeutic targets in psychiatric illness. *Front Syst Neurosci.* 2017;11:25.
23. Krawczyk DC, Boggan AL, McClelland MM, Bartlett JC. The neural organization of perception in chess experts. *Neurosci Lett.* 2011;499(2):64-9.
24. Squire LR. Memory and brain systems: 1969-2009. *J Neurosci.* 2009;29(41):12711-6.
25. Dahms C, Brodoehl S, Witte OW, Klingner CM. The importance of different learning stages for motor sequence learning after stroke. *Hum Brain Mapp.* 2020;41(1):270-86.
26. Calvo-Merino B, Grèzes J, Glaser DE, Passingham RE, Haggard P. Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr Biol.* 2006;16(19):1905-10. Erratum in: *Curr Biol.* 2006;16(22):2277.
27. Haber SN. Neuroanatomy of reward: a view from the ventral striatum. En: Gottfried JA, editor. *Neurobiology of sensation and reward.* Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2011. Chapter 11.
28. Ding WN, Sun JH, Sun YW, et al. Altered default network resting-state functional connectivity in adolescents with Internet gaming addiction. *PLoS One.* 2013;8(3):e59902.
29. O'Doherty JP. Reward representations and reward-related learning in the human brain: insights from neuroimaging. *Curr Opin Neurobiol.* 2004;14(6):769-76.
30. Csikszentmihalyi M. *Flow: the psychology of optimal experience.* New York, NY: Harper and Row; 1990.
31. Klasen M, Weber R, Kircher TT, Mathiak KA, Mathiak K. Neural contributions to flow experience during video game playing. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2012;7(4):485-95.
32. Van Overwalle F. Social cognition and the brain: a meta-analysis. *Hum Brain Mapp.* 2009;30(3):829-58.
33. Singer T, Seymour B, O'Doherty J, Kaube H, Dolan RJ, Frith CD. Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science.* 2004;303(5661):1157-62.
34. Singer, T, Seymour B, O'Doherty JP, Stephan KE, Dolan RJ, Frith CD. Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature.* 2006;439(7075):466-9.