



LA
RECICLADORA
CULTURAL



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO

CONTENIDO

- 01. Los laberintos del cerebro.**
- 02. Sobre La Recicladora Cultural**
- 03. Contenido de la exposición**
- 04. La exposición**
- 05. Los laberintos del cerebro en pósteres**
- 06. Los laberintos del cerebro - interactivos-**
- 07. Los laberintos del cerebro - solucionario-**
- 08. Materiales y necesidades de la exposición**

Los laberintos del cerebro



Los hombres deben saber que del cerebro y sólo de él vienen las alegrías, las delicias, el placer, la risa y también, el sufrimiento, el dolor y los lamentos.

Y por él, adquirimos sabiduría y conocimiento, y vemos y oímos y sabemos lo que está bien y lo que está mal, lo que es dulce y lo que es amargo. Y por el mismo órgano nos volvemos locos y deliramos y el miedo y los terrores nos asaltan.

Es el máximo poder en el hombre.

Es nuestro intérprete de aquellas cosas que están en el aire.

(Hipócrates, Corpus Hippocraticum).

Este texto, redactado hace 2.500 años por Hipócrates, uno de los padres de la medicina, podría haber sido escrito en cualquiera de los laboratorios actuales en donde modernos científicos se dedican al estudio de la estructura, la función y la patología del sistema nervioso. Nos aproxima a la idea de que todo lo que somos capaces de hacer, sentir y crear depende de la actividad de una estructura de poco más de 1.4 kg, fundamentalmente compuesta de agua, grasa y proteínas pero que, por su extraordinaria complejidad estructural, por el delicado y preciso ajuste de los miles de

Los laberintos del cerebro

millones de piezas que la componen, es capaz de crear una enorme variedad de funciones tan fascinante como la percepción del mundo a través de los sentidos, las emociones, el lenguaje simbólico, la comunicación oral, la conciencia individual y social e incluso el ansia de trascender después de la muerte.

Somos lo que es nuestro cerebro en interacción con el mundo que nos rodea y, de alguna forma, un resultado tan extraordinario se debe a la actividad de las células que lo constituyen y que forman parte de circuitos locales que, a su vez, se integran en áreas que, a su vez, integran una inmensa red neuronal. Una intrincada red de conexiones que se cruzan, se juntan, divergen y crean un universo de caminos para que la actividad de las neuronas viaje por un laberíntico sistema de comunicación y, así, veamos, toquemos, seamos felices o desgraciados, sintamos compasión, ira, amor y nos reconozcamos como entes individuales con un pasado, que viven en el presente y se proyectan hacia el futuro.

El cerebro es un laberinto de laberintos. Laberinto debido a su complejísima estructura, a la vez que a la infinidad de preguntas que nos suscita sobre su función y sus dolencias. Lo que nosotros somos es a la vez un misterio y una fuente de misterios que día a día van surgiendo a medida que encontramos salidas a los retos que nos ofrece el cerebro, que, continuamente, abre puertas a lo inexplorado y nos obliga a resolver nuevos retos del conocimiento. Es por ello que el título y el contenido de esta exposición no pueden ser más pertinentes. Nos permitirá entender mejor al órgano que nos hace humanos a la vez que, utilizando los laberintos como metáfora de búsqueda y superación, poder comprender un poco más su laberíntica función y cómo ese funcionamiento puede ser mejorado mediante el uso de laberintos, incluso en la presencia de enfermedades como la demencia. Un afortunado bucle de interacción.

LOS LABERINTOS EN LA HISTORIA

Los laberintos han sido parte de la historia de la humanidad durante milenios, desempeñando un papel destacado en diversas culturas y civilizaciones. Desde los mitos y leyendas antiguas hasta la arquitectura y el arte, los

Los laberintos del cerebro

laberintos han capturado la imaginación de las personas y han dejado una huella perdurable en nuestra historia colectiva (<https://www.worldhistory.org/Labyrinth/>).

El laberinto más famoso y emblemático de todos es, sin duda, el laberinto de Cnosos (Creta), asociado con la leyenda del Minotauro. Según la mitología griega, fue diseñado por el arquitecto Dédalo y encargado por el rey Minos para confinar al Minotauro, una criatura mitad hombre y mitad toro. El héroe Teseo logró ingresar al laberinto y derrotar al Minotauro, utilizando un hilo que le había dado Ariadna para encontrar la salida. Esta historia ha inspirado numerosas representaciones artísticas a lo largo de los siglos y se ha convertido en un símbolo de desafío y superación.

La leyenda nos cuenta que cuando Minos de Cnosos en Creta competía con sus hermanos por la corona, rezó a Poseidón para que le enviara un toro blanco como una señal de la bendición del dios sobre su causa. Minos debía sacrificar el toro a Poseidón, pero, encantado por su belleza, decidió conservarlo y sacrificar uno de sus toros de menor presencia. Poseidón, enfurecido por esta ingratitud, hizo que la esposa de Minos, Pasiphae, se enamorara del toro y se emparejara con él. La criatura a la que dio a luz fue el Minotauro, un ser salvaje, fuera de control y que se alimentaba de carne humana. Minos encargó entonces a Dédalo, el arquitecto, que creara un laberinto para retener al monstruo. Así se hizo, pero la bestia, aunque confinada en el laberinto, debía ser alimentada continuamente. Para este propósito, Atenas pagaba un tributo muy sangriento enviando anualmente varios jóvenes a Creta para ser introducidos en el laberinto y aplacar la ferocidad del Minotauro. Decidido a terminar con el sufrimiento de su pueblo, Teseo, hijo del rey Egeo, se ofreció como uno de los sacrificios con la esperanza de dar muerte a la bestia.

Una vez en Creta, Teseo atrajo la atención de Ariadna, la hija de Minos, que se enamoró de él y le dio en secreto una espada y un ovillo de hilo. Le dijo que atara el hilo en la abertura del laberinto antes de adentrarse en él y, así, después de matar al Minotauro, podría seguirlo de vuelta a la libertad. Según la leyenda, Teseo mata al monstruo, salva a los jóvenes que habían sido enviados con él y escapa de Creta con Ariadna.

Además de la mitología griega, los laberintos también tienen una presencia

Los laberintos del cerebro

significativa en otras culturas antiguas. En Egipto, por ejemplo, los jeroglíficos y los grabados en tumbas representaban laberintos como símbolos de transición y renacimiento. En la antigua Roma, se construyeron laberintos en mosaicos y frescos y se utilizaron como espacios para la reflexión y la meditación.

En Egipto, el más famoso es el laberinto de Hawara. Esta construcción era tan impresionante que, según Heródoto, rivalizaba con cualquiera de las maravillas del mundo antiguo. El laberinto era un recinto que formaba parte de un complejo compuesto por múltiples patios construido en Hawara por Amenemhet III, de la XII Dinastía, durante el periodo del Reino Medio (2040-1782 a.C.). Se trataba del complejo mortuario más grandioso e intrincado que cualquier otro construido hasta entonces. Heródoto lo menciona así:

Yo mismo lo vi y es una maravilla que no se puede describir con palabras... Tiene doce patios techados con puertas enfrentadas, seis al norte y seis al sur y en línea continua. Los pasadizos que atraviesan las salas y las sinuosas entradas y salidas a través de los patios, en su extrema complicación, nos causaron innumerables maravillas a medida que los recorriamos, desde el patio a las salas, y desde las salas a los corredores con columnas, y luego desde estos corredores a otras salas de nuevo, y desde las salas a otros patios después. El techo del conjunto es de piedra, al igual que las paredes y éstas están llenas de figuras grabadas, y cada patio está rodeado de pilares de piedra blanca, ajustados con gran exactitud. En la esquina donde termina el laberinto hay, cerca, una pirámide de 240 pies de altura y grabada con grandes animales. El camino hacia ella es subterráneo. (Historias, II.148)

<https://www.worldhistory.org/Labyrinth/>

A medida que avanzaba la historia, los laberintos continuaron teniendo un impacto en la arquitectura y el diseño. En la Edad Media, las catedrales góticas a menudo presentaban diseños laberínticos en el pavimento, que los peregrinos recorrían en busca de penitencia y espiritualidad. El laberinto más famoso de este período es el de la catedral de Chartres, Francia.

Durante el Renacimiento, el interés por los laberintos se renovó, y se crearon jardines laberínticos en toda Europa. Éstos, como los famosos jardines de Versalles, ofrecían a los visitantes un entorno lúdico y desafiante para perderse y explorar. Los laberintos también se volvieron populares en los libros y la

Los laberintos del cerebro

literatura de la época, como Laberinto de fortuna de Juan de Mena y Laberinto de amor de Diego de San Pedro.

En nuestra época, los laberintos han encontrado nuevas formas de expresión y utilidad. Desde su inclusión en videojuegos y rompecabezas hasta su uso como herramienta terapéutica en la rehabilitación y el tratamiento de diversas condiciones de salud, los laberintos siguen siendo la fuente de inspiración y fascinación a la que hemos dedicado esta exposición.

EL CONOCIMIENTO SOBRE EL CEREBRO A LO LARGO LA HISTORIA

Los primeros indicios de la investigación del cerebro se remontan a las antiguas civilizaciones egipcia y griega. Los antiguos egipcios tenían una comprensión básica de la anatomía humana y creían que el cuerpo estaba compuesto por varios órganos vitales, entre los que incluían el cerebro. Sin embargo, los egipcios no reconocían la función y la importancia del cerebro como lo entendemos en la actualidad. Creían que el corazón era el asiento de la mente y la personalidad. El cerebro se consideraba más como una masa gelatinosa y se desechaba durante el proceso de momificación. Se creía que su función principal era producir mucosidad y no se le atribuía un papel significativo en la cognición ni el pensamiento. A pesar de esta percepción errónea sobre el cerebro, los antiguos egipcios fueron avanzados en muchos aspectos de la medicina y la anatomía. Sus conocimientos sobre el cuerpo humano fueron fundamentales en la antigüedad para el desarrollo posterior de la medicina y la anatomía.

Sin embargo, fue durante el período helenístico que la comprensión del cerebro en la antigua Grecia alcanzó su punto álgido. Hipócrates (460-370 a.C.), a menudo considerado el padre de la medicina, reconoció la importancia del cerebro y afirmó que era el órgano responsable de las funciones sensoriales y motoras.

Herófilo y Erasístrato realizaron disecciones humanas y estudiaron detalladamente la anatomía del cerebro. Herófilo (335-280 a.C.), considerado el primer anatomista, se basó en la disección de cadáveres para describir grandes hallazgos anatómicos relacionados con el sistema nervioso. Descubrió las meninges, el cerebelo y clasificó los nervios en sensitivos y motores y también en voluntarios e involuntarios. Formuló, además, una hipótesis muy adelantada a su tiempo: que la inteligencia reside en el cerebro. Aristó-

Los laberintos del cerebro

teles (384-322 a.C.) afirmaba que esa función era competencia del corazón y defendía que el cerebro era un sistema diseñado para enfriar la sangre: ¡los sabios también yerran! Herófilo consiguió diferenciar los nervios de los vasos sanguíneos y ligamentos, ganando nuevamente la partida a Aristóteles, que no los distinguía de los tendones. Por su parte, Erasístrato (304-250 a.C.) abandonó la teoría humoral: fue un impulsor de la anatomía y fisiología y una figura importante de la medicina alejandrina de su época dorada por sus acertadas descripciones sobre la anatomía corporal.

Durante la Edad de Oro del Islam, que abarca aproximadamente desde los siglos VIII al XIII, los científicos y médicos árabes realizaron avances significativos en diversos campos, incluyendo la medicina. Inspirados en la tradición médica griega y romana, realizaron investigaciones en anatomía, fisiología y patología y reconocieron la importancia del cerebro en el funcionamiento del cuerpo y la mente.

Uno de los médicos más influyentes de la época fue Ibn al-Nafis, quien vivió en el siglo XIII. Ibn al-Nafis desafió la teoría galénica prevaleciente en ese momento y propuso que la sangre pasaba a través de los pulmones en lugar de a través del tabique del corazón. Si bien su trabajo se centró más en la circulación sanguínea, también mencionó la importancia del cerebro y su relación con el sistema nervioso.

Otro médico árabe destacado fue Ibn Sina, también conocido como Avicena, quien vivió en el siglo XI. Avicena fue autor de la obra maestra *El canon de la medicina*, que se convirtió en un texto fundamental durante siglos. En su obra, Avicena discutió la anatomía y la función del cerebro, describiendo las estructuras cerebrales y su relación con las facultades cognitivas y sensoriales. Además, los árabes también realizaron contribuciones en el campo de la oftalmología, que estaba estrechamente relacionado con el estudio del cerebro. Investigaron la conexión entre la visión y el cerebro y reconocieron la importancia de la corteza visual en la interpretación de los estímulos visuales.

La Revolución Científica que tuvo lugar entre los siglos XVI y XVIII fue un período de gran avance y transformación en el ámbito científico. Durante este tiempo, se produjeron importantes cambios en la forma en que se entendía y se investigaba el mundo natural, incluyendo el estudio del cerebro humano. Esta época fue impulsada por el pensamiento crítico, la observación sistemática y el método científico. Los estudiosos adoptaron una actitud más

Los laberintos del cerebro

empírica y se alejaron de la tradición y la especulación filosófica y, en lugar de depender únicamente de teorías y autoridades antiguas, confiaron en la experimentación para comprender los fenómenos naturales.

En el contexto del estudio del cerebro humano, la Revolución Científica trajo consigo nuevos enfoques y métodos de investigación. Los científicos utilizaron la disección anatómica y la observación directa para comprender la estructura y función del cerebro humano. Este enfoque más práctico y basado en la evidencia permitió un mayor avance en su conocimiento.

En el siglo XVI, Andrés Vesalio publica su *De humani corporis fabrica*, una obra capital que representa un punto y aparte en el estudio de la anatomía humana y, por tanto, del cerebro. Esta extensa obra (nada menos que diez tomos) sentó las bases de la anatomía cerebral moderna. Sin embargo, hasta el siglo XVII la investigación del cerebro no dio un gran salto adelante hasta los trabajos pioneros de científicos como René Descartes y Thomas Willis. Descartes propuso la teoría del dualismo mente-cuerpo, sugiriendo que la mente y el cerebro eran entidades separadas pero interconectadas. Willis, por su parte, realizó estudios detallados sobre la anatomía y la función del cerebro, identificando importantes estructuras y estableciendo las bases de la neuroanatomía moderna. Además, en este siglo, la invención del microscopio por Antonie van Leeuwenhoek permitió a los científicos cambiar de forma extraordinaria la escala de sus observaciones, que hasta el momento eran macroscópicas, y estudiar las células y tejidos cerebrales con detalle sin precedente. Esto condujo a importantes descubrimientos en la estructura y función del cerebro, sentando las bases de la neuroanatomía moderna y pavimentando el camino que, años después, transitaría uno de los mayores genios de la historia de la ciencia, don Santiago Ramón y Cajal, a quien nos referiremos más adelante.

Ya en el siglo XVIII, Giambattista Morgagni, autor del primer libro de anatomía patológica, propuso a la comunidad científica una idea extraordinaria al relacionar, por primera vez, las enfermedades con alteraciones de la anatomía normal; por ejemplo, afirmó que la apoplejía estaba causada por lesiones en los vasos cerebrales. En el siglo XVIII, los avances en la física y la química también influyeron en el estudio del sistema nervioso. Por ejemplo, la electricidad y los fenómenos electromagnéticos captaron la atención de los científicos, que comenzaron a explorar las bases eléctricas de la actividad cerebral. Experimentos como los de Luigi Galvani sobre la estimulación eléctrica de

Los laberintos del cerebro

los músculos sentaron las bases para una comprensión más profunda de la actividad eléctrica del cerebro, lo que, a partir del siglo XX, rendiría hallazgos extraordinarios para conocer el funcionamiento íntimo de las neuronas y los circuitos de los que forman parte, abriendo un gran futuro para entender procesos fundamentales como la comunicación interneuronal, las bases de múltiples patologías y la plasticidad cerebral, sustrato de la memoria, el aprendizaje y la neurorrehabilitación.

El siglo XIX fue testigo de importantes avances en el estudio del cerebro humano. El desarrollo de técnicas de tinción permitió a científicos como Camillo Golgi y Santiago Ramón y Cajal examinar cortes de tejido nervioso, analizar su estructura íntima y comprender que está compuesto por células individuales que se comunican entre sí. Cajal fue el gran artífice de éste y otros descubrimientos seminales que después comentaremos al hablar del genio de Petilla de Aragón.

A medida que ingresamos en el siglo XX, el estudio del cerebro humano se benefició enormemente de los avances tecnológicos. Desde el registro del electroencefalograma por Hans Berger en 1924, que permitió la medición de las señales eléctricas generadas por el cerebro, abriendo la puerta al estudio de las ondas cerebrales y la actividad eléctrica que se beneficiaría, hasta nuestros días, gracias a los gigantescos saltos en materias como la electrónica y la computación.

En las décadas siguientes, la investigación del cerebro se vio impulsada por el desarrollo de técnicas de neuroimagen, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Estas técnicas impulsaron avances clave en la medicina, contribuyendo a salvar millones de vidas y permitiendo a los investigadores observar el cerebro en vivo y mapear regiones específicas involucradas en funciones cognitivas, emocionales y motoras (para una revisión sobre estudio del cerebro a lo largo de la historia consultar Duque-Parra 2001; Blanco 2014).

CAJAL Y EL ORIGEN DE LA MODERNA NEUROCIENCIA

Santiago Ramón y Cajal, considerado el padre de la neurociencia moderna, fue un destacado científico español que revolucionó nuestra comprensión del sistema nervioso. A través de sus investigaciones, demostró la existencia de células nerviosas individuales, conocidas desde muy poco después como

Los laberintos del cerebro

“neuronas”, sentó las bases de la organización general del cerebro y con ello abrió la puerta al estudio sistemático de la función cerebral. La importancia de Cajal en la neurociencia moderna radica en su contribución fundamental en tres áreas principales: la utilización y perfeccionamiento de la tinción de Golgi (y desarrollo posterior de otras técnicas histológicas complementarias), la teoría de la neurona y la formulación de principios básicos de la plasticidad cerebral.

1. En primer lugar, Cajal empleó con maestría y perfeccionó la técnica de tinción de Golgi, que permitía visualizar las neuronas de manera detallada bajo el microscopio. Esta caprichosa técnica, que implica la impregnación de las células nerviosas con sales de plata, proporcionó imágenes claras de las estructuras neuronales, como el soma, las dendritas, las espinas dendríticas y los axones. Gracias a esta técnica, Cajal pudo describir y dibujar las complejas conexiones y ramificaciones de las neuronas, lo que nos permitió comprender la organización y la arquitectura del cerebro de una manera sin precedentes. Aquí es donde Cajal demuestra su genialidad. Mediante las imágenes estáticas observadas a través de un microscópico monocular muy rudimentario, fue capaz de concebir un cerebro en movimiento. Encontró lógica viviente en las células y fibras nerviosas que observaba prediciendo cómo se comportarían in vivo las estructuras que estudiaba y de dónde y hacia dónde fluía la información. Su técnica mejorada de la tinción de Golgi (1888) se convirtió en una herramienta fundamental en la investigación neurocientífica en todo el mundo.

2. En segundo lugar, lo que conocemos como “teoría de la neurona” demostrada por Cajal (1888) fue una idea revolucionaria que cambió la forma en que comprendemos el sistema nervioso. Antes de sus investigaciones, prevalecía la creencia defendida por Golgi (y la práctica totalidad de investigadores de su época, que eran reticularistas) de que el tejido nervioso era un entramado continuo (una red) y no estaba formado por células individuales. Sin embargo, Cajal, con su minucioso trabajo microscópico, demostró que el sistema nervioso está compuesto por células separadas e individualmente funcionales, las neuronas, y describió cómo se conectan entre sí a través de los espacios que hoy conocemos como sinapsis. Además y como complemento indispensable de la “teoría neuronal”, Cajal enunció la denominada “ley de polarización dinámica de las neuronas” (1892-1895), en la que, estudiando cerebros fijados (y por lo tanto estáticos, muertos), desentrañó la dirección en que los impulsos nerviosos debían orientarse, lo que marcó con las

Los laberintos del cerebro

famosas flechas de sus dibujos. Dio así un contenido funcional a sus observaciones sobre conexiones estructurales: esas flechas explicaban muchas de las funciones que se observan en la fisiología cerebral. Con estos avances cruciales, Cajal sentó las bases para la neurociencia moderna y nos permitió entender cómo se transmiten los impulsos eléctricos y las señales químicas a través de estas células, abriendo el camino al estudio sistemático de las funciones y disfunciones cerebrales.

3. En tercer lugar, Cajal fue pionero en la formulación de principios básicos de la plasticidad cerebral (1895). Observó que las conexiones entre las neuronas pueden modificarse a lo largo del tiempo en respuesta a la experiencia y el aprendizaje. Esta idea desafió la concepción predominante de que el cerebro adulto era estático e inmutable. Cajal lo definió, por el contrario, como un órgano dinámico que puede reorganizarse y adaptarse, idea que hoy conocemos como plasticidad cerebral. Sus investigaciones sentaron las bases para futuros estudios sobre la capacidad del cerebro para cambiar en respuesta a estímulos ambientales, lesiones y enfermedades.

En resumen, la importancia de Santiago Ramón y Cajal en la neuro-ciencia moderna es inmensa. Sus contribuciones en la teoría de la neurona, la ley de polarización dinámica de las neuronas, el desarrollo cerebral y la formulación de principios de plasticidad cerebral han sido fundamentales para el entendimiento actual del sistema nervioso. Cajal no sólo estableció las bases para el estudio de la estructura y función del cerebro sino que también sentó las bases para el desarrollo posterior de muchas otras áreas de investigación. No cabe duda de que sin su enorme trabajo y sin las aportaciones de los más destacados miembros de la escuela que creó, la neurociencia actual no sería la misma (para entender mejor la obra de Cajal, su escuela y su legado ver: de Castro et al. 2007; Fuster 2007; Swanson y Lichtman 2016; de Castro 2019; Nombela et al. 2021).

Este año celebramos el 150º aniversario del nacimiento de don Santiago. Sirvan estas letras y el espíritu de esta exposición, como homenaje al maestro y padre de la neurociencia que aunó a la grandeza científica de su obra, la no menos gran calidad artística de sus dibujos que han maravillado al mundo (de Castro, 2021). En palabras de Fernando de Castro (1896-1967), uno de sus discípulos más destacados, “con los dibujos de Cajal, la ciencia se con-

Los laberintos del cerebro

vierte en arte” (De Felipe, 2006).

IMPORTANCIA DE LA NEUROCIENCIA

El laberíntico cerebro humano, con su complejidad y misterio, ha sido objeto de fascinación durante siglos. Sin embargo, sólo en las últimas décadas hemos comenzado a desentrañar sus secretos a través de los avances en la neurociencia, una disciplina que combina la biología, la psicología, la química, la física, la ingeniería y otras áreas de conocimiento para estudiar la estructura, función y desarrollo del sistema nervioso. A través de técnicas de vanguardia como la neuroanatomía, la neuroimagen, la electrofisiología y la genética, los neurocientíficos han podido investigar las bases neuronales de los procesos mentales y cognitivos, así como las enfermedades neurológicas y psiquiátricas.

La neurociencia, como campo de estudio que se centra en el funcionamiento del sistema nervioso con la aspiración última de entender el cerebro humano, desempeña un papel fundamental en nuestra comprensión del mundo. A través de su enfoque científico y multi-disciplinario, la neurociencia nos brinda una visión única y profunda de los procesos cognitivos, emocionales y conductuales que dan forma a nuestra experiencia y comportamiento. Nos proporciona una base sólida para comprender los aspectos fundamentales de nuestra existencia, como la naturaleza de la mente, la conciencia y el libre albedrío. Durante siglos, filósofos y pensadores han debatido sobre la relación entre la mente y el cuerpo, cuestionando si la mente es simplemente una manifestación del funcionamiento cerebral o si existe como una entidad separada. La neurociencia nos ha permitido abordar esta pregunta desde una perspectiva científica, al investigar las conexiones entre la actividad cerebral y los procesos mentales. Mediante técnicas como la neuroimagen y el registro de la actividad neuronal, los neurocientíficos han podido identificar correlatos neuronales de diferentes estados mentales y cognitivos, proporcionando evidencia empírica que respalda la idea de que la mente es producto del cerebro. Esta comprensión tiene implicaciones profundas en nuestra concepción de la identidad, la conciencia y la responsabilidad personal (para una revisión sobre la historia de la neurociencia, su importancia y su futuro, consultar Blanco 2014; Morris et al. 2016; Altimus et al. 2020).

Además de abordar la naturaleza de la mente, la neurociencia también es esencial para nuestra comprensión de la percepción y la construcción de la

Los laberintos del cerebro

realidad. A través del estudio de la percepción sensorial, los neurocientíficos han revelado cómo los sentidos recopilan información del entorno y cómo el cerebro procesa y organiza esa información para construir nuestra experiencia consciente. La neurociencia ha desentrañado los mecanismos neuronales detrás de la visión, el oído, el tacto y otros sentidos, revelando cómo nuestras percepciones pueden ser influidas por factores internos y externos. Estos hallazgos nos ayudan a comprender cómo percibimos el mundo de manera subjetiva y cómo nuestra realidad puede diferir de la realidad objetiva. Además, la neurociencia también ha investigado fenómenos como la atención, la memoria y la toma de decisiones, proporcionando una comprensión más profunda de cómo procesamos y utilizamos la información que recibimos. La neurociencia ha realizado importantes contribuciones en el estudio y comprensión de las enfermedades neurológicas y psiquiátricas. A través de diversas investigaciones y avances científicos, ha proporcionado información crucial sobre las causas, los mecanismos subyacentes y las posibles estrategias de tratamiento para estas enfermedades. Algunos ejemplos señeros son los siguientes:

1. Enfermedades neurológicas y trastornos psiquiátricos: la neurociencia ha desempeñado un papel fundamental en la comprensión de enfermedades neurológicas como el Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis múltiple, entre otras. Mediante técnicas avanzadas de imagen cerebral, como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET), los investigadores han identificado cambios estructurales y funcionales en el cerebro de los pacientes con estas enfermedades. Estos hallazgos han permitido un diagnóstico más preciso y temprano, así como la identificación de posibles biomarcadores que pueden ayudar a monitorear la progresión de la enfermedad y evaluar la eficacia de los tratamientos (Waxman 2005). De igual manera, la neurociencia ha ampliado nuestra comprensión de trastornos psiquiátricos como la depresión, la ansiedad, el trastorno bipolar y la esquizofrenia (Ross et al. 2015; Travis 2019). A través de estudios de neuroimagen (Hendler et al. 2009), se han identificado diferencias en la estructura cerebral, la conectividad funcional y la actividad neuronal en individuos con estos trastornos. Estos hallazgos han ayudado a desterrar la noción de que los trastornos psiquiátricos son meramente problemas de “mente” y han demostrado que también tienen bases biológicas y neuroquímicas. Además, ha contribuido al desarrollo de nuevos enfoques terapéuticos enfocados tanto a la neurología como a la psiquiatría, algunos invasivos, como la estimulación cerebral profunda mediante electrodos implantados en el cerebro o median-

Los laberintos del cerebro

te ultrasonidos focalizados, y otros no invasivos, como la neuromodulación (estimulación magnética transcraneal o estimulación mediante corriente), que han demostrado ser de gran utilidad para entender el funcionamiento del sistema nervioso y para el tratamiento de patologías refractarias a los abordajes más habituales, como el Parkinson, el temblor esencial, la depresión o el trastorno obsesivo compulsivo (Rossi et al. 2021; Baek et al. 2022; Neumann et al. 2023; Sheth et al. 2023).

2. Plasticidad cerebral y rehabilitación: la neurociencia ha revelado la notable capacidad del cerebro para la adaptación y para la reorganización neuronal. Esto ha tenido importantes implicaciones en la rehabilitación de pacientes con daño cerebral, como en aquéllos que han sufrido un accidente cerebrovascular o una lesión traumática. Los estudios han demostrado que el cerebro puede reasignar funciones a áreas no dañadas y establecer nuevas conexiones neuronales en respuesta a la terapia y la rehabilitación. Estos hallazgos han llevado al desarrollo de enfoques de rehabilitación más efectivos y personalizados que aprovechan la plasticidad cerebral para maximizar la recuperación y mejorar la calidad de vida de los pacientes (Khan et al. 2016; Ferrazzoli et al. 2022).

3. Farmacología y desarrollo de medicamentos: la neurociencia ha sido fundamental en el desarrollo de medicamentos para el tratamiento de enfermedades neurológicas y psiquiátricas (Trist et al. 2014; Yeung et al. 2018). Los avances en la comprensión de los mecanismos de acción de los fármacos y las interacciones entre los neurotransmisores han permitido el desarrollo de tratamientos más específicos y efectivos. Asimismo, la neurociencia ha contribuido al descubrimiento de nuevos blancos terapéuticos y ha facilitado la evaluación de la eficacia y seguridad de los medicamentos mediante estudios clínicos y preclínicos.

4. Otro ámbito en el que la neurociencia es crucial es la tecnología (Cometa et al. 2022). La comprensión de los principios fundamentales del cerebro humano nos brinda la oportunidad de desarrollar nuevas tecnologías bio-inspiradas. La neuroingeniería, por ejemplo, busca aplicar los conocimientos neurocientíficos para diseñar sistemas y dispositivos que puedan interactuar con el cerebro de manera segura y efectiva. Estos avances en la neurotecnología han llevado al desarrollo de prótesis biónicas controladas por la mente, interfaces cerebro-computadora para ayudar a personas con discapacidades y dispositivos de neuroestimulación para tratar trastornos neuropsiquiátri-

Los laberintos del cerebro

cos. Al mismo tiempo, la neurociencia también ha contribuido al campo de la inteligencia artificial (Yan et al. 2023), permitiendo el desarrollo de algoritmos y redes neuronales artificiales inspiradas en el cerebro humano, lo que ha supuesto avances significativos en múltiples campos como el abordaje de enfermedades neuro-degenerativas, reconocimiento de voz, procesamiento del lenguaje natural y visión por computadora (Cudeiro et al. 2019).

5. La educación es otro terreno en el que la neurociencia puede desempeñar un papel transformador en el futuro de la humanidad (Dubinsky et al. 2019). Comprender cómo aprende el cerebro puede ayudarnos a desarrollar métodos de enseñanza más efectivos y adaptados a las necesidades individuales de los estudiantes. La neurociencia cognitiva ha revelado que el cerebro humano tiene una gran plasticidad y capacidad para el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Esto implica que los métodos educativos deben centrarse en la estimulación de las capacidades cognitivas y emocionales de los estudiantes, así como en la promoción de un entorno enriquecedor que favorezca el desarrollo cerebral óptimo. La integración de los hallazgos neurocientíficos en la práctica educativa contribuye a incrementar la retención de información, fomentar la creatividad y mejorar la calidad de la educación en general.

LABERINTOS PARA MEJORAR EL CEREBRO

Los laberintos, al igual que los puzzles o la realidad virtual, han demostrado ser beneficiosos para estimular y mejorar las funciones cognitivas y motoras (Clemenson y Stark, 2015; Wais et al. 2021) y ofrecen posibilidades de ayuda en el tratamiento de diversas enfermedades y trastornos del sistema nervioso. Los laberintos son complejas tareas visomotoras de planificación y resolución de problemas que requieren encontrar un camino desde el principio hasta el final lo más rápidamente posible. Los laberintos no son verbales, son fáciles de entender y utilizar, relativamente independientes del nivel educativo y adecuados para una amplia gama de adultos mayores y personas con deterioro cognitivo. Las tareas de laberinto requieren una interacción entre los procesos cognitivos y motores y son similares a las actividades cotidianas complicadas que requieren planificación y resolución de problemas. La resolución de laberintos requiere múltiples procesos cognitivos que incluyen la función atencional, visoespacial y ejecutiva (planificación, previsión y resolución de problemas), así como la función visomotora (para una revisión reciente, ver Nef et al. 2020).

Los laberintos del cerebro

Hasta la fecha, las pruebas de laberinto se han utilizado en algunos estudios para evaluar el funcionamiento cognitivo y motor y han demostrado sensibilidad para diferenciar el envejecimiento normal saludable del deterioro cognitivo leve, la demencia de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson. Además, los rendimientos obtenidos al resolver laberintos se han mostrado como un sólido predictor de la capacidad de funcionamiento diario en adultos mayores (Nef et al. 2020).

Una de las áreas en las que los laberintos han mostrado su utilidad es en la rehabilitación de pacientes con lesiones cerebrales traumáticas (Nobre de Paula et al. 2017; Massetti et al. 2018). Estas lesiones pueden afectar la función motora, la memoria, la atención y otras habilidades cognitivas. Los laberintos proporcionan un entorno seguro y estructurado para que los pacientes practiquen habilidades motoras y cognitivas, mejorando la coordinación, el equilibrio y la planificación.

Asimismo, los laberintos, puzles y la realidad virtual también se han utilizado en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, como las demencias (Devanand et al. 2022; Petrella et al. 2023) y la enfermedad de Parkinson (Marotta et al. 2022) con resultados aún inconclusos, pero prometedores. Estas condiciones se caracterizan por la pérdida progresiva de funciones cognitivas y motoras. Los laberintos ofrecen un entorno estimulante que puede ayudar a mantener y mejorar la función cognitiva, la memoria y la movilidad de los pacientes.

Además, los laberintos han atraído la atención de los especialistas sobre determinados trastornos neuropsiquiátricos, como el trastorno del espectro autista (TEA) (Evasari et al. 2017; Shaughnessy 2022) y el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) (<https://scopepsych.com.au/adhd/adhd-treatment-the-effectiveness-of-finger-labyrinths/>; <https://www.relax4life.com/labyrinth-articles/>). Estas condiciones se caracterizan por dificultades en el procesamiento sensorial, la atención y la regulación emocional. Los laberintos podrían proporcionar estímulos sensoriales y desafíos cognitivos para ayudar a mejorar la integración sensorial, la concentración y la autorregulación emocional. Las ideas a este respecto son muy interesantes, pero claramente queda un largo recorrido para consolidar los hallazgos preliminares. Es importante destacar que los laberintos como terapia deben ser diseñados y supervisados por profesionales de la salud especializados. Cada paciente requiere un enfoque individualizado y adaptado a sus necesidades y capaci-

Los laberintos del cerebro

dades. Los laberintos terapéuticos pueden variar en complejidad, tamaño y diseño para adaptarse a las habilidades y metas específicas de cada individuo.

MAPAS CEREBRALES PARA RESOLVER LABERINTOS

Tanto si usted se encuentra en un gran centro comercial como si se ha adentrado en los laberínticos jardines de Versalles, necesitará salir en determinado momento. Para ello no le quedará más remedio que utilizar las fantásticas posibilidades que le ofrece su cerebro. Lo primero a lo que echará mano es a la información sensorial. Quizá la visión sea la más relevante; oteará el horizonte e intentará buscar pistas visuales que le permitan orientarse y buscar una salida. Pero no hemos de menospreciar otros sentidos, como puede ser la audición: una música o el canto de un pájaro pueden ser referencias; el tacto, mediante el que reconocemos las características del suelo que pisamos y hasta el olfato, porque nos parece recordar que llegaba un olor a garrapiñadas recién hechas desde la izquierda. Como ya habrá imaginado, también necesita la memoria, porque ahí pueden estar almacenados los pequeños detalles que le permitan tomar decisiones y con los que contrastar la información sensorial que está recibiendo. Pero, además, cuenta con la ayuda inestimable de varios tipos de neuronas que se localizan en el lóbulo temporal, más menos encima de las orejas, y que forman parte de dos estructuras cerebrales conocidas como hipocampo y corteza entorrinal. Estas partes del cerebro son fundamentales para la memoria, pues permiten establecer la propia localización en el espacio como si se tratara de un GPS. La investigación sobre su funcionamiento ha valido un premio Nobel en el año 2014. Veamos cómo ha sido.

El trabajo del científico estadounidense John O'Keefe ha sido fundamental en el campo de la neurociencia, especialmente en lo que respecta al sistema de navegación del cerebro. Su investigación revolucionaria sobre las "células de lugar" (place cells, en inglés) en el hipocampo ha proporcionado una comprensión profunda de cómo el cerebro codifica y representa el espacio y la ubicación espacial. En la década de 1970, O'Keefe y su equipo llevaron a cabo experimentos utilizando ratas para investigar cómo el sistema nervioso procesa la información espacial. Descubrieron que ciertas neuronas en el hipocampo de las ratas se activaban de manera específica cuando los animales se encontraban en lugares particulares del entorno. Estas células de lugar

Los laberintos del cerebro

mostraban patrones de actividad distintivos que correspondían a ubicaciones espaciales concretas. Estaban señalando en qué parte del espacio, de la habitación o, en nuestro caso, del centro comercial o de los jardines de Versalles, estamos localizados; permiten crear y mantener una representación mental del entorno, lo que proporciona la base para la navegación espacial y la memoria de lugares

(<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/summary/>).

Posteriormente, dos científicos noruegos, el matrimonio May-Britt y Edvard I. Moser, realizaron unos hallazgos muy interesantes que completaban perfectamente los de O'Keefe. Los Moser son reconocidos por su descubrimiento de las "células de rejilla" (grid cells), un tipo de neurona que desempeña un papel crucial en la navegación espacial. Estas células de rejilla, ubicadas en el entorno del hipocampo y la corteza entorrinal, tienen una actividad neuronal que permite delimitar zonas del espacio con una estructura hexagonal. Esto capacita al cerebro para crear y recordar una especie de mapa interno que nos ayuda a navegar, orientarnos en el entorno y conocer los bordes del espacio por el que nos movemos. Y no sólo eso: debido a las características especiales de otras células, también podemos estimar la dirección y la velocidad del movimiento cuando nos desplazamos a través de nuestros mapas espaciales.

El trabajo de estos autores no solo ha contribuido significativamente a nuestra comprensión de la función cerebral sino que también ha tenido un impacto importante en diversos campos. Estos son, en resumen, algunos aspectos destacados de la importancia de su trabajo:

1. Entendimiento de la cognición espacial: ha proporcionado una base sólida para comprender cómo el cerebro codifica y representa el espacio. El descubrimiento de las células de lugar y de rejilla ha permitido avances significativos en el campo de la cognición espacial y la navegación.
2. Aplicaciones en robótica e inteligencia artificial: el estudio del sistema de navegación del cerebro ha influido en el desarrollo de algoritmos y modelos utilizados en robótica y sistemas de navegación autónoma. Los principios de codificación espacial han sido aplicados en el diseño de robots que pueden mapear y navegar entornos desconocidos.
3. Implicaciones para la investigación de enfermedades cerebrales: la com-

Los laberintos del cerebro

La comprensión de cómo el cerebro codifica y representa la información espacial es relevante para el estudio de trastornos neurológicos y psiquiátricos relacionados con la memoria espacial, como las enfermedades de Alzheimer y de Parkinson. Los hallazgos de O'Keefe y el matrimonio Moser han proporcionado una base para investigar posibles disfunciones en el sistema de navegación del cerebro en estas enfermedades.

LOS LABERINTOS Y LOS VIDEOJUEGOS AL RESCATE, SEA HERO QUEST, UN JUEGO PARA MEJORAR

En esta exposición se ofrece información sobre lo que ha sido el estudio más grande de la historia en el que ha participado la ciudadanía: *Sea Hero Quest*.

Se trata de un proyecto dirigido originalmente por Deutsche Telecom, junto con Glitchers, UCL, UEA y Alzheimer's Research UK. El proyecto se puso en marcha para ayudar a los científicos a comprender las capacidades de navegación espacial a lo largo de la vida y recoger información en masa que les ayudara a comprender mejor lo que ocurre en las demencias, como la enfermedad de Alzheimer, en donde las dificultades de orientación son muy características. Estos datos podrían, además, contribuir al diagnóstico precoz de la enfermedad. *Sea Hero Quest*, disponible para el público a través del móvil y en realidad virtual, fue el primer juego de masas que permitió a los ciudadanos participar en una investigación científica a tan gran escala.

En el juego tenemos que trazar constantemente rutas de navegación que nos permitan llegar a nuestro destino. La información obtenida de las rutas que establecen los jugadores sumada a sus datos epidemiológicos y sociológicos (edad, raza, condición socioeconómica, etc.) es analizada por los científicos, quienes han logrado identificar patrones que han resultado muy útiles para entender las estrategias de navegación espacial y los cambios con el envejecimiento. Desde su lanzamiento en 2016, más de cuatro millones de personas de todo el mundo han jugado al *Sea Hero Quest*, lo que ha proporcionado a los científicos datos que la investigación tradicional de la demencia habría tardado siglos en recopilar. A partir de los datos recogidos, las primeras conclusiones demostraron que las capacidades de navegación espacial empiezan a disminuir a partir de los 19 años y que existen diferencias fundamentales en las estrategias espaciales de navegación entre hombres y mujeres. Los hombres obtuvieron mejores resultados que las mujeres, pero la diferencia entre ambos sexos se redujo en los países con mayor igualdad de

Los laberintos del cerebro

género.

Más aún, en un artículo que apareció en el año 2019, un equipo de científicos, utilizando los datos obtenidos en el juego, estudió los resultados de las personas genéticamente predispuestas a padecer Alzheimer, en comparación con las que no lo eran. Los resultados, publicados en la revista PNAS (Coughlan et al. 2019), muestran que las personas con riesgo genético de desarrollar Alzheimer pueden distinguirse de las que no lo están en determinados niveles del juego Sea Hero Quest. Los datos son muy relevantes porque, como nos recuerda el profesor Michael Hornberger, investigador principal del estudio, desde hoy hasta 2050 la demencia afectará a 135 millones de personas en todo el mundo y es necesario identificar cuanto antes a los afectados para iniciar intervenciones precoces y reducir su riesgo de desarrollar demencia. (<https://www.eurekalert.org/news-releases/757471>).

LOS LABERINTOS Y LA VIDA

Julio Cortázar escribe en Rayuela, novela extraordinaria y laberinto cambiante a elección del lector, que “el mundo no existe, hay que crearlo, como el ave fénix”. No se podría conjugar mejor en una frase la esencia del cerebro como constructor de la realidad que habitamos y arquitecto de lo que somos. Algo parecido ocurre con los laberintos, que son, cómo no, creaciones de nuestra mente y reflejan bien lo intrincado del pensamiento. Los laberintos, que nacen como un ejercicio intelectual para detener al Minotauro, reflejan lo complejo del espíritu humano, los infinitos caminos del pensamiento, la observación, la toma de decisiones... Y, en fin, son metáfora de la búsqueda continua a la que nos conduce la existencia.

En esta exposición, ofrecemos una información rigurosa a la vez que entretenida para todos aquellos que quieran adentrarse en el conocimiento del cerebro y de los laberintos y conseguir una perspectiva muy novedosa de cómo interaccionan entre sí. Quienes la visiten podrán resolver laberintos a la vez que entenderán lo que hace su cerebro para ello y experimentar cómo un pasatiempo tan entretenido puede ser muy beneficioso para sus neuronas. Probablemente, al final, resolverán un laberinto que se plantea como parte de la vida, que no es otro que ¿a dónde vamos? Descubrirán, con Juan Ramón Jiménez, que la respuesta es tan simple como laberíntica. Esto es lo que nos dice el poeta: “¡No corras, ve despacio, que donde tienes que ir es a ti sólo!”.

Los laberintos del cerebro

BIBLIOGRAFÍA

Altimus CM, Marlin BJ, Charalambakis NE, Colón-Rodríguez A, Glover EJ, Izbicki P, Johnson A, Lourenco MV, Makinson RA, McQuail J, Obeso I, Padilla-Coreano N, Wells MF, for Training Advisory Committee. The Next 50 Years of Neuroscience. *J. Neurosci.* 2020; 40(1):101–106.

Baek H, Lockwood D, Mason EJ, Obusez E, Poturalski M, Rammo R, Nagel SJ, Jones SE. Clinical Intervention Using Focused Ultrasound (FUS) Stimulation of the Brain in Diverse Neurological Disorders. *Frontiers in Neurol.* 2022; 13, 880814.

Blanco, C. Historia de la neurociencia. El conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar. Editorial Biblioteca Nueva, S.L. (Colección Fronteras), 2014.

Clemenson GD, Stark CEL. Virtual Environmental Enrichment through Video Games Improves Hippocampal-Associated Memory. *J. Neurosci.* 2015; 35(49):16116–16125.

Cometa A, Falasconi A, Biasizzo M, Carpaneto J, Horn A, Mazzoni A, Micera S. Clinical neuroscience and neurotechnology: An amazing symbiosis. *iScience* 2022; 25:105124.

Coughlan G, Coutrot A, Khondoker M, Minihane AM, Spiers H, Hornberger M. Toward personalized cognitive diagnostics of at-genetic-risk Alzheimer's disease. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2019; 116(19):9285-9292.

Cudeiro D, Bolkart T, Laidlaw C, Ranjan A, Black M. Capture, Learning, and Synthesis of 3D Speaking Styles. *Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* 2019; 0101-10111.

de Castro F, López-Mascaraque L, de Carlos JA. Cajal: Lessons on brain development. *Brain Res. Rev.* 2007; 55:481–489.

de Castro F. Cajal and the Spanish Neurological School: Neuroscience Would Have Been a Different Story Without Them. *Front. Cell. Neurosci.* 2019; 13:187.

de Castro F. El Arte que alumbró la moderna neurociencia: El dibujo científico

Los laberintos del cerebro

de Cajal y sus discípulos. *Kranion* 2021;16:146-58

DeFelipe J. Cajal y sus dibujos: ciencia y arte. *Boletín SEBBM* 2006; 148:16-33.

Devanand DP, Goldberg TE, Qian M, Rushia SN, Sneed JR, Andrews HF, Nino I, Phillips J, Pence ST, Linares AR, Hellegers CA, Michael AM, Kerner NA, Petrella JR, Doraiswamy PM. Computerized Games versus Crosswords Training in Mild Cognitive Impairment. *NEJM Evid* 2022; 1 (12).

Duque- Parra JE. Elementos neuroanatómicos y neurológicos asociados con el cerebro a través del tiempo. *Rev. Neurol.* 2002; 34: 282-6.

Dubinsky JM, Guzey SS, Schwartz MS, Roehrig G, MacNabb C, Schmied A, Hinesley V, Hoelscher M, Michlin M, Schmitt L, Ellingson C, Chang Z, Cooper JL. Contributions of Neuroscience Knowledge to Teachers and Their Practice. *The Neuroscientist* 2019; 25(5):394-407.

Evasary H, Maulidia Y, Crisantium Chaerunnisa PG. The Effectiveness of Labyrinth Game in Improving Interpersonal Intelligence of Children with Autism. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 2017; 128:199-202.

Ferrazzoli D , Ortelli P, Iansek R, Volpe D. Rehabilitation in movement disorders: From basic mechanisms to clinical strategies. *Handbook Clin. Neurol.* 2022; 184:341-355.

Fuster JM. Cajal y la neurociencia cognitiva cien años más tarde. *Quark* 2007; 39-40: 59-65.

Hendler T, Bleich-Cohena M, Sharon H. Neurofunctional view of psychiatry: clinical brain imaging revisited. *Current Opinion in Psychiatry* 2009; 22:300–305.

Khan F, Amatya B, Galea MP, Gonzenbach R, Kesselring J. Neurorehabilitation: applied neuroplasticity. *J Neurol.* 2017; 264(3):603-615.

Marotta N, Calafiore D, Curci C, Lippi L, Ammendolia V, Ferraro F, Invernizzi M, de Sire A. Integrating virtual reality and exergaming in cognitive rehabilitation of patients with parkinson disease: a systematic review of randomized controlled trials. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*

Los laberintos del cerebro

2022; 58(6):818-26.

Morris RGM, Oertel W, Gaebel W, Goodwin GM, Little A, Montellano P, Westphal M, Nutt DJ, Di Luca M. Consensus Statement on European Brain Research: the need to expand brain research in Europe, 2015. *European J. Neurosci.* 2016; 44: 1919–1926.

Masseti T, Dias da Silva T, Brusque Crocetta T, Regiani Guarnieri R, Leal de Freitas B, Bianchi Lopes P, Watson S, Tonks J, Bandeira de Mello Monteiro C. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *Journal of Central Nervous System Disease* 2018; 10: 1–18.

Nef T, Chesham A, Schütz N, Botros AA, Vanbellinghen T, Burgunder J-M, Müllner J, Müri RM and Urwyler P. Development and Evaluation of Maze-Like Puzzle Games to Assess Cognitive and Motor Function in Aging and Neurodegenerative Diseases. *Front. Aging Neurosci.* 2020; 12:87.

Neumann W-J, Horn A, Kühn AA. Insights and opportunities for deep brain stimulation as a brain circuit intervention. *Trends in Neurosci.* 2023; 46(6): 472-487.

Nobre de Paula J, Bandeira de Mello Monteiro C, Dias da Silva T, Miliani Capelini C, Del Cielo de Menezes L, Massetti T, Tonks J, Watson S, Nicolai Ré AH. Motor performance of individuals with cerebral palsy in a virtual game using a mobile phone. *Disability and rehabilitation. Assistive technology* 2017; 13(6):1-5.

Nombela C, Fernández-Egea E, Giné E, Worbe Y, del Río-Hortega Bereciartu J and de Castro F. Women Neuroscientist Disciples of Pío del Río-Hortega: the Cajal School Spreads in Europe and South America. *Front. Neuroanat.* 2021; 15:666938.

Petrella JR, Michael AM, Qian M, Nwosu A, Sneed, Goldberg TE, Devanand DP, Doraiswamy PM. Impact of Computerized Cognitive Training on Default Mode Network Connectivity in Subjects at Risk for Alzheimer's Disease: A 78-week Randomized Controlled Trial. *J. Alzheimers Dis.* 2023; 91(1):483-494.
Ross D, Travis MJ, Arbuckle MR. The Future of Psychiatry as Clinical Neuroscience Why Not Now? *JAMA Psychiatry* 2015; 72(5):413-414.

Rossi S and members of the Consensus Statement from the IFCN Workshop

Los laberintos del cerebro

on “Present, Future of TMS: Safety, Ethical Guidelines”, Siena, October 17-20, 2018, updating through April 2020. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: Expert Guidelines. Clin Neurophysiol. 2021; 132(1): 269–306.

Shaughnessy N. Learning with labyrinths: Neurodivergent journeying towards new concepts of care and creative pedagogy through participatory community autism research. Cristal 2022; 10 (Special Issue): 127-150.

Sheth SA, Mayberg HS. Deep Brain Stimulation for Obsessive-Compulsive Disorder and Depression. Annu Rev Neurosci. 2023. doi: 10.1146/annurev-neuro-110122-110434. Epub ahead of print. PMID: 37018916.

Swanson LW and Lichtman JW. From Cajal to Connectome and Beyond Annu. Rev. Neurosci. 2016; 39:197–216.

Travis MJ. Neuroscience and the Future of Psychiatry. Focus 2019; 17:30–31.

SOBRE LA RECICLADORA CULTURAL

CULTURA QUE SE MUEVE

La Recicladora Cultural es un proyecto promovido por la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN), que busca impulsar el panorama cultural a través de la reutilización de elementos museográficos y el depósito y la itinerancia de exposiciones, fomentando la sostenibilidad medioambiental y la lucha contra el cambio climático.

Nuestro objetivo es promover la sostenibilidad en el sector cultural, colaborando con museos y otros espacios culturales, tanto públicos como privados, y con especial atención al fomento de la cultura en municipios de transición justa y de reto demográfico.

CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN



Los laberintos del cerebro

Los laberintos siempre han fascinado y cautivado al ser humano. Primero como protagonistas de leyendas, ritos y mitos, como el construido por Dédalo en Creta donde encerró al Minotauro que acabaría venciendo Teseo gracias a la ayuda de Ariadna, quien le proporcionaría el hilo para escapar del laberinto. Más tarde, como símbolo religioso, imagen del tortuoso tránsito hacia la salvación, en los pavimentos de iglesias y catedrales, como el gran laberinto de la Catedral de Chartres (Francia), el mayor de la Edad Media.

A partir del Renacimiento, como elemento ornamental y divertimento para las clases nobles en sus jardines palaciegos, como el denominado “Laberinto del Amor” en Villa Pisani (Italia) y, con la irrupción de la ciencia, como reto matemático origen de nuevas ramas como la topología y la teoría de grafos. Ya en el siglo XX, como pasatiempo popular y como herramienta para el estudio del funcionamiento del cerebro, primero en animales y luego en humanos. Hasta llegar al momento actual, donde los laberintos no sólo se emplean para la investigación en neurociencia sino también para el diagnóstico de trastornos mentales y como terapia para su tratamiento y rehabilitación.

Es precisamente este último ámbito, el de la investigación neurocientífica, el que pretende explorar esta exposición. Todo ello de un modo práctico y lúdico, con laberintos que conviertan al lector en sujeto de estudio y le

CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN

permitan comprobar en primera persona las explicaciones y elementos de información que se presentan.

Título: Los laberintos del cerebro.

Comisariado: Francisco Javier Cudeiro Mazaira.

Organización y producción: MUNCYT (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología).

Coordinador de la exposición: Miguel Barral Precedo.

¿CÓMO NOS ENFRENTAMOS A UN LABERINTO?

Nuestra habilidad para resolver y/o navegar por un laberinto se basa en nuestra capacidad para percibir las señales del entorno a través de los sentidos –sobre todo, la vista– y en la capacidad de nuestro cerebro para procesar, almacenar esta información e integrarla con otras ya registradas en nuestro “disco duro” cerebral.

En síntesis, gracias a la combinación de información sensorial –principalmente visual– y memoria. Si alguna de las dos falla, está mermada o comprometida (en otra tarea), nuestra habilidad para enfrentarnos a un laberinto se ve seriamente disminuida.

Por ejemplo, la ausencia de referencias visuales condiciona y dificulta nuestra capacidad para orientarnos en un laberinto. Por eso es más fácil perderse o desorientarse por la noche, sobre todo en entornos rurales o en la naturaleza. Y también por eso nuestros ancestros preferían desplazarse y buscar alimento durante el día y resguardarse al caer la oscuridad.

PROCESO (DEL LAT. *PROCESSUS*):

1. M. ACCIÓN DE IR HACIA DELANTE

Ya hemos visto que a la hora de orientarnos en un laberinto, los sentidos y otros sistemas de procesamiento sensorial como la memoria y la lógica actúan conjuntamente. Pero, en ocasiones, en función de las circunstancias particulares, pueden prevalecer unos u otros⁸. Un ejemplo muy evidente son los laberintos lógicos.

Inventados por Robert Abbot en 1952, los laberintos lógicos son laberintos visualmente muy simples de resolver, pero en los que hay que observar una serie de reglas. Eso exige una mayor capacidad de procesamiento por parte del cerebro. Por eso nos enfrentamos a ellos sabiendo de antemano que su dificultad no reside en su trazado (que, de hecho, suele ser muy sencillo) sino en la obligatoriedad de recorrerlo cumpliendo unas determinadas normas. Y por ello nos apoyamos más en nuestra capacidad de procesamiento.

En otras ocasiones, también podemos primar voluntariamente una capacidad –visión o procesamiento cerebral– sobre la otra. De hecho, lo hacemos sin ser conscientes de ello ante la necesidad de dedicar una de ellas –vista o memoria– a alguna tarea más urgente o importante. Por ejemplo, en nuestro remoto pasado, cuando se modeló nuestra habilidad para enfrentarnos a un entorno laberíntico: identificar posibles señales de presas o depredadores o localizar fuentes de alimento. O, en la actualidad, atender a una conversación telefónica, *guasapear* con alguien, recordar una información importante, etc.

8 Zhao Min, Marquez, Andre G. 2013. *Understanding humans strategies in maze solving*. arXiv:1307.5713 (2013) (<https://doi.org/10.48550/arXiv.1307.5713>)

EL LABERINTO DEL SUPERMERCADO

Un caso práctico y un experimento para hacer de camino a casa es acceder a un supermercado. Prueba a recorrer los pasillos del supermercado desde la entrada hasta alcanzar la pescadería y luego la salida. Repite la experiencia, pero teniendo que recordar los productos de la lista de la compra o recitando una canción, tareas que mantiene (parcialmente) ocupada la memoria.

EL NAVEGADOR INTERNO O “GPS” DEL CEREBRO

Una vez que ya tenemos claro que nuestra capacidad para navegar por un laberinto depende de nuestros sentidos (fundamentalmente, la vista) y la capacidad computacional de nuestro cerebro, llega el momento de resolver cómo nos orientamos en un entorno laberíntico. La respuesta es que lo hacemos porque nuestro cerebro cuenta con un sofisticado navegador espacial: el sistema de posicionamiento interno o “GPS” del cerebro.

VIVIMOS RODEADOS DE LABERINTOS

¿Por qué es tan importante este sistema de posicionamiento interno? Porque los laberintos pueden ser muy divertidos cuando se afrontan como entretenimiento, por ejemplo, en el parque de atracciones o en un videojuego, pero no lo son tanto cuando están presentes e interfieren en nuestro día a día. Y la realidad es que lo están: cada día nos enfrentamos a multitud de escenarios laberínticos por los que nos movemos echando mano de nuestro navegador interno, nuestro “GPS” cerebral (y, a veces, también los de nuestro vehículo o nuestro teléfono). Cuando circulamos entre las estanterías del supermercado o por los pasillos de un gran centro comercial; al subir al metro y escoger la ruta idónea o al buscar un recorrido alternativo para intentar evitar los atascos de tráfico de camino del trabajo a casa⁹. Vivimos rodeados de laberintos.

NAVEGADOR INTERNO DEL CEREBRO: COMPONENTES Y MANUAL DE USO

¿Cómo funciona nuestro sistema de localización espacial? El sistema de posicionamiento interno o “GPS cerebral” consta de dos elementos o funcionalidades: un sistema para identificar señales destacadas y ubicarlas y un sistema de referencia universal para desplazarnos.

⁹ Bongiorno, C., Zhou, Y., Kryven, M. et al. *Vector-based pedestrian navigation in cities*. *Nat Comput Sci* 1, 678–685 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00130-y>

El sistema de referencia es una red o cuadrícula (análoga al sistema de meridianos y paralelos) y es siempre el mismo en cualquier entorno: es universal. El cerebro lo superpone al escenario al que nos enfrentamos para disponer de una guía que nos permite saber en todo momento dónde estamos y en qué dirección y cuánto nos desplazamos por ese entorno.

Una vez integrado el escenario en este sistema de referencia, el cerebro identifica señales o hitos particulares y las ubica en una de esas casillas.

De este modo y con estos hitos como referencias, podemos estimar en qué dirección nos movemos y la distancia: cuántas casillas hemos avanzado y en qué dirección. Y al revés, cuántas casillas y en qué dirección tenemos que movernos para alcanzar un hito concreto, por ejemplo, una iglesia que queremos visitar y cuyo campanario vemos a distancia.

Todas estas estimaciones las realiza el cerebro gracias a diferentes tipos de neuronas especializadas: así, hay neuronas que se activan en función de la dirección a la que apunta nuestra cabeza, hacia dónde miramos, y, de este modo, el cerebro sabe en qué sentido nos desplazamos; en tanto que otro tipo de neuronas estiman el ritmo o velocidad a la que nos movemos y, a partir de ello, la distancia recorrida.

TENEMOS CEREBRO DE TURISTAS... Y TAMBIÉN MEMORIA DE TURISTAS

Lo cierto es que nuestro cerebro emplea un sistema de navegación que funciona de forma similar a los planos de las guías de viajes¹⁰. Porque cuando circulamos por un entorno ya conocido, nuestro cerebro accede a su archivo de mapas mentales para recuperar ese plano en concreto con las posiciones exactas de los hitos destacados en ese escenario y, a partir de ellos, reconocer dónde estamos y cómo tenemos que movernos para llegar al destino deseado. La diferencia es que ya no vamos identificando y fijando la posición de los hitos particulares conforme los descubrimos, sino que ya partimos con esa información en mente, lo que nos permite avanzar más rápido y con mayor seguridad, ya que realizamos una estimación más precisa de nuestra posición en cada momento.

Esta aparente seguridad es también la que, a veces, nos juega una mala pasada cuando nos cambian las piezas del escenario inesperadamente¹¹. Por ejemplo, y de vuelta a nuestro caso práctico del supermercado, cuando en el centro al que acudimos normalmente cambian la ubicación de los diferentes tipos de productos o la distribución en los estantes de un día para otro¹².

10 Moser, May-Britt; Moser, Edvard I. *The Brain's GPS Tells You Where You Are and Where You've Come from*. *Scientific American*, (January, 2016).

11 Shikachi, Y., Ishii, S. *Decoding the view expectation during learned maze navigation from human fronto-parietal network*. *Sci Rep* 5, 17648 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep17648>.

12 Zheng, L., Gao, Z., McAvan, A.S. et al. *Partially overlapping spatial environments trigger reinstatement in hippocampus and schema representations in prefrontal cortex*. *Nat Commun* 12, 6231 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26560-w>

UN DESCUBRIMIENTO QUE BIEN MERECE UN PREMIO... NOBEL (O INCLUSO DOS)

El descubrimiento de cómo funciona este “GPS” interno fue reconocido con el premio Nobel de Medicina y Fisiología de 2014 a sus descubridores: John O’keefe, May Britt Moser y Edvard I. Moser¹³.

Un hito y una distinción que encuentran su origen en otro descubrimiento: el de las neuronas por parte de Santiago Ramón y Cajal merced a una técnica desarrollada por Camilo Golgi y que asimismo mereció el premio Nobel de Medicina y Fisiología de 1906¹⁴.

¹³ NobelPrice.org. The 2014 Nobel Price in Physiology or Medicine.

¹⁴ NobelPrice.org. The 1906 Nobel Price in Physiology or Medicine.

LOS LABERINTOS DE LA NEUROCIENCIA

¿Por qué es tan importante entender cómo funciona en detalle el navegador interno del cerebro? Porque, entonces, los laberintos se convierten en un instrumento para el diagnóstico y/o tratamiento de enfermedades y trastornos mentales. De este modo, y conforme la neurociencia ha ido profundizando en cómo el cerebro se enfrenta, procesa y resuelve los laberintos, éstos se están convirtiendo en una herramienta cada vez más aplicada¹⁵, no sólo en la investigación del cerebro sino también para diagnosticar desórdenes neurológicos y como terapia para tratarlos¹⁶.

15 Goodwin, C. J. *A-mazing research*. *Monitor on Psychology*, 43(2). February 1, 2012. <https://www.apa.org/monitor/2012/02/research>

16 Mennenga SE, Baxter LC, Grunfeld IS, Brewer GA, Aiken LS, Engler-Chiurazzi EB, Camp BW, Acosta JJ, Braden BB, Schaefer KR, Gerson JE, Lavery CN, Tsang CW, Hewitt LT, Kingston ML, Koebele SV, Patten KJ, Ball BH, McBeath MK, Bimonte-Nelson HA. *Navigating to new frontiers in behavioral neuroscience: traditional neuropsychological tests predict human performance on a rodent-inspired radial-arm maze*. *Front Behav Neurosci*. (2014) doi: 10.3389/fnbeh.2014.00294.

¡SIGA A ESE TAXI!

En este sentido, uno de los grandes avances se produjo en 2011 cuando un estudio¹⁷ demostró que los taxistas londinenses tenían más desarrollada la región del cerebro en la que se almacena la información y los recuerdos de los que depende nuestro sistema de navegación. Y también que este aumento de la capacidad cerebral era consecuencia de la práctica. Los taxistas más experimentados presentaban una mayor capacidad. Es decir, que esta capacidad se puede entrenar. Mejor aún, que la capacidad para orientarse aumenta al entrenarla. Un descubrimiento que abrió las puertas a su aplicación como terapia para el cerebro.

LABERINTOS MEMORABLES

Otro reciente estudio¹⁸ efectuado en 2021 ha confirmado que navegar por entornos laberínticos virtuales mejora la memoria a largo plazo de los individuos de edad avanzada. Esto abre la puerta a su futura aplicación para paliar, ralentizar y combatir la pérdida de memoria asociada a la edad y como posible tratamiento para ayudar en problemas neurodegenerativos como el Alzheimer¹⁹. Para alcanzar esta

17 Maguire E., Gadian D., Johnsrude I., Frith C. et al. *Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers*. PNAS, 97 (8) 4398-4403 (2000) <https://doi.org/10.1073/pnas.070039597>

18 Wais, P.E., Arioli, M., Anguera-Singla, R. et al. *Virtual reality video game improves high-fidelity memory in older adults*. *Sci Rep* 11, 2552 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82109-3>

19 Rubtcova, M. y Pavenkov, O. (2017) *International Conference on Inclusive Education-2017*, University of South Australia School of Education, October 27th-29th 201

conclusión, los autores de la investigación desarrollaron el juego de realidad virtual *Labyrinth* que sumerge al individuo en realistas y novedosos entornos y escenarios.

SEA HERO QUEST: UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA RECREATIVA PARA DIAGNOSTICAR EL ALZHEIMER

La dificultad para la navegación espacial es uno de los síntomas comunes de las primeras fases del Alzheimer y de otras demencias. Entender cómo se manifiesta permitiría diagnosticar estas enfermedades en sus fases más tempranas²⁰. *Sea Hero Quest* es un juego de orientación diseñado como aplicación para el móvil por neurocientíficos de la Universidad de East Anglia (Reino Unido) en colaboración con el University College London, el CNRS y otras prestigiosas universidades. El objetivo era recopilar un ingente volumen de datos de un gran número de personas de todas las edades, etnias, géneros, procedencias, etc. Y a partir de estos datos, determinar cómo evoluciona con el paso del tiempo nuestra capacidad de navegación y cuál es el declive normal propio de la edad. Lo que a su vez permitirá un diagnóstico más temprano de las enfermedades cuando las señales de pérdida del paciente superen (o se manifiesten de otro modo) a las normales para su rango de edad.

²⁰ Wood, H. A virtual Morris maze to assess cognitive impairment in Alzheimer disease. *Nat Rev Neurol* 12, 126 (2016). <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2016.16>

¿ERES DE PUEBLO O DE CIUDAD?

Una de las primeras evidencias alcanzadas a partir de los datos recopilados por el juego gracias a la participación ciudadana –anunciada en marzo de 2022– es que las personas que viven en entornos urbanos tienen una peor capacidad de orientación (parecen tener un sistema de navegación interno menos efectivo) que las personas que viven en entornos rurales²¹. Tanto peor cuanto más cuadrículado o planificado (calles anchas y rectas) es el diseño de las ciudades o barrios en los que viven. En resumen, de la configuración más o menos laberíntica de su entorno.

¿QUÉ ES LA CONFIGURACIÓN LABERÍNTICA O “LABERINTICIDAD”?

En los años 80 del pasado siglo, el experto en diseño arquitectónico Bill Hillier definió el término configuración laberíntica o “laberinticidad” de un lugar (barrio, ciudad, etc.) atendiendo a cuán fácil o asequible era circular a través de él para alcanzar el destino deseado²². Introdujo una escala de 0 a 10 de dificultad creciente y señaló como ejemplo de máxima “laberinticidad” Barbican Estate (Londres),

21 Coutrot, A., Manley, E., Goodroe, S. et al. *Entropy of city street networks linked to future spatial navigation ability*. *Nature* 604, 104–110 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04486-7>

22 Yamu, Claudia, Akkelies van Nes, and Chiara Garau. *Bill Hillier's Legacy: Space Syntax—A Synopsis of Basic Concepts, Measures, and Empirical Application*. *Sustainability* 13, no. 6: 3394. (2021). <https://doi.org/10.3390/su13063394>

un complejo de edificios construido en varios niveles y que cuenta con numerosas entradas y corredores, lo que para muchos lo convierte en una especie de laberinto de hormigón. Para ayudar a los visitantes a llegar a su destino, los recorridos están marcados con líneas de colores en el suelo y carteles.

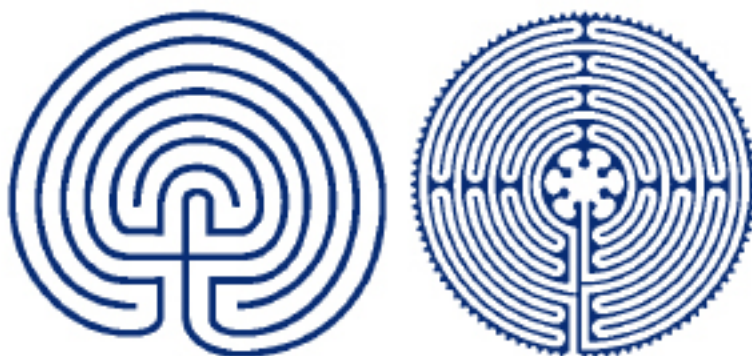
EL COVID PUEDE AFECTAR A NUESTRO NAVEGADOR ESPACIAL

El COVID persistente puede causar anomalías neurológicas como la denominada niebla cerebral caracterizada por problemas de memoria, falta de claridad mental e incapacidad para concentrarse. Un reciente estudio²³ publicado en marzo de 2023 vincula haber padecido COVID persistente con dificultades en la capacidad de navegación espacial y con la aparición de prosopagnosia o ceguera facial, un raro trastorno del sistema visual que impide el reconocimiento de las caras familiares y que ha saltado a los medios de comunicación porque el famoso actor Brad Pitt ha reconocido padecerla. Las dificultades de localización afectan a la capacidad para situar un lugar conocido con respecto a tu ubicación actual. Por ejemplo, las distintas secciones de nuestro supermercado (frutería, carnicería, congelados, etc.) o la plaza del aparcamiento donde se ha estacionado el coche.

23 Kieseler M-L., Duchaine B. *Persistent prosopagnosia following COVID-19*. Cortex, Volume 162, Pages 56-64, (May, 2023) (<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.01.012>).

DESCONEXIÓN MENTAL

Finalmente, otra de las recientes aplicaciones terapéuticas de los laberintos nos devuelve a su “origen”. Desde la Antigüedad y durante la Edad Media, los laberintos eran entendidos, sobre todo, como un escenario o una herramienta que invitaba a la meditación (y la espiritualidad) al recorrerlos. En la actualidad, se ha recuperado este uso y se recurre al empleo de laberintos para tratar la ansiedad y el estrés. En concreto, se emplean pequeños diseños de pared que hay que recorrer con el dedo a fin de alcanzar un estado de relajación mental. La plena concentración en esta tarea ayuda a liberar la mente de otras preocupaciones, urgencias y angustias²⁴.

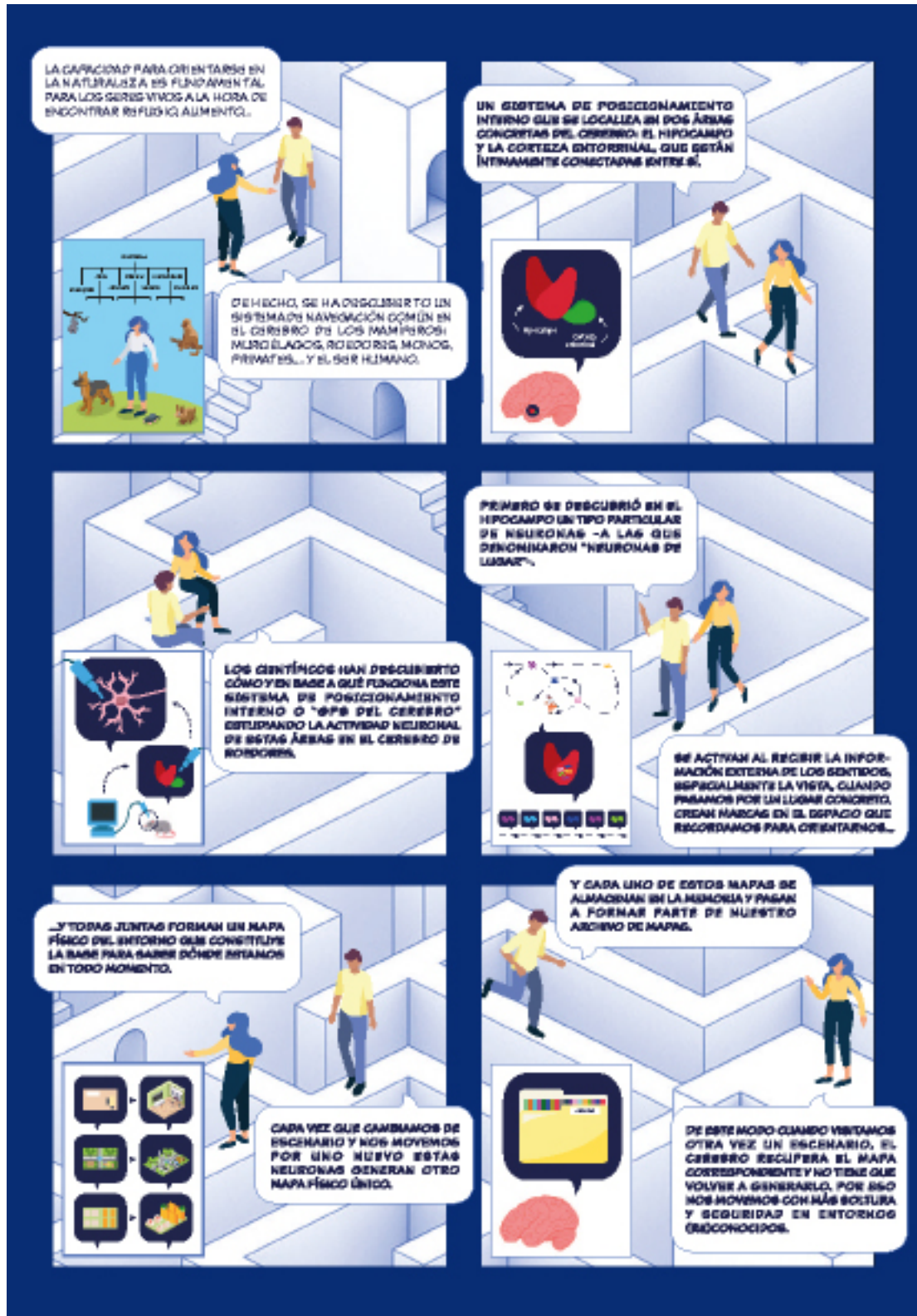


24. Lin et al. *On Variation in Mindfulness Training: A Multimodal Study of Brief Open Monitoring Meditation on Error Monitoring*. *Brain Sciences* 9/9:226 (2019) <https://doi.org/10.3390/brainsci9090226>

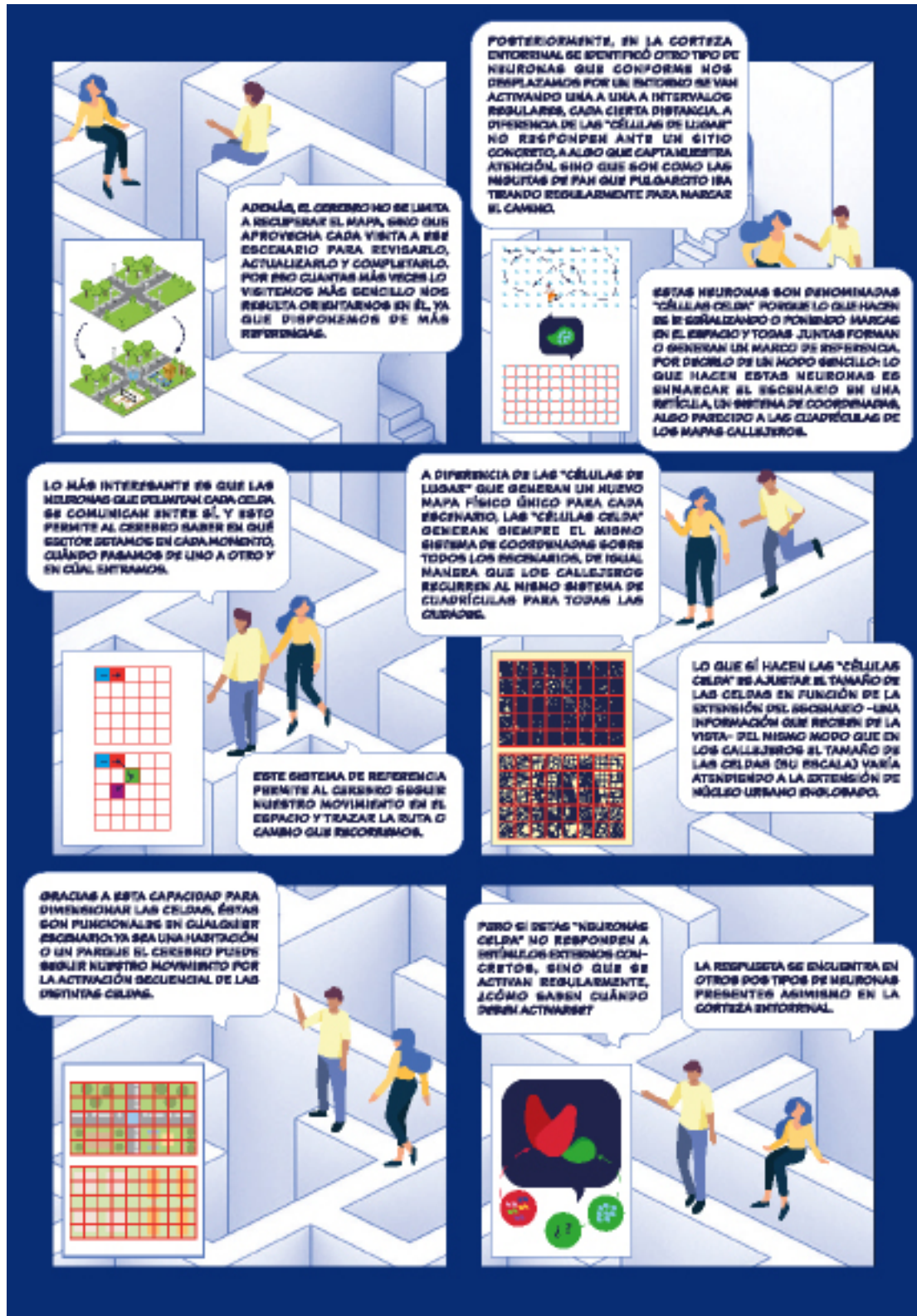
UN COMIC PARA PROFUNDIZAR EN EL FUNCIONAMIENTO DEL NAVEGADOR INTERNO DEL CEREBRO



LA EXPOSICIÓN



LA EXPOSICIÓN



LA EXPOSICIÓN



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

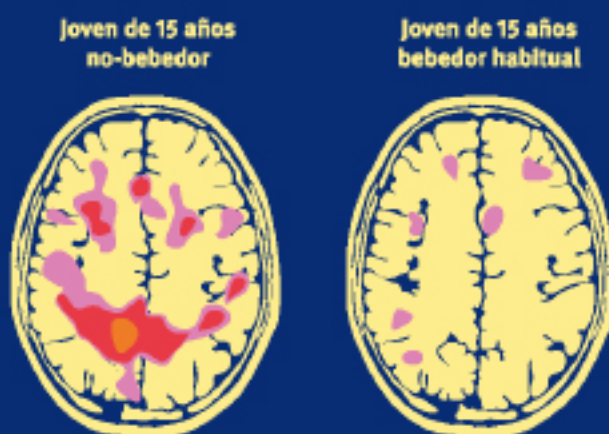


LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

SI BEBES, ESTÁS PERDIDO

Ahora que ya sabemos que nos orientamos gracias a la combinación de la información sensorial y la memoria y que nuestra capacidad para orientarnos se ve comprometida cuando alguna de ellas (o ambas) falla, a la vista de esta impactante imagen, es fácil entender por qué es tan habitual desorientarse y no encontrar el camino de vuelta a casa tras una noche de fiesta. Y no es precisamente porque haya poca luz a esas intempestivas horas...

En la imagen, obtenida por PET (Tomografía por Emisión de Positrones), se observa la activación de la corteza cerebral cuando se realiza una tarea que requiere la memoria para repasar un itinerario -por ejemplo, el camino a casa o al trabajo-. La actividad es mucho menor en el sujeto que consume alcohol con asiduidad a pesar de que la prueba se realizó estando sobrio.



Actividad cerebral durante la ejecución de ejercicios de memoria. El individuo bebedor está sobrio durante la prueba²⁵.

25. Schulte, T., Oberlin, B.G., Karolan, D.A., Marinkovic, K., Müller-Oehring, E.M., Meyerhoff, D.J. and Tapert, S. How Acute and Chronic Alcohol Consumption Affects Brain Networks: Insights from Multimodal Neuroimaging. *Alcohol Clin Exp Res*, 36: 2017-2027 (2012). <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2012.01831.x>

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

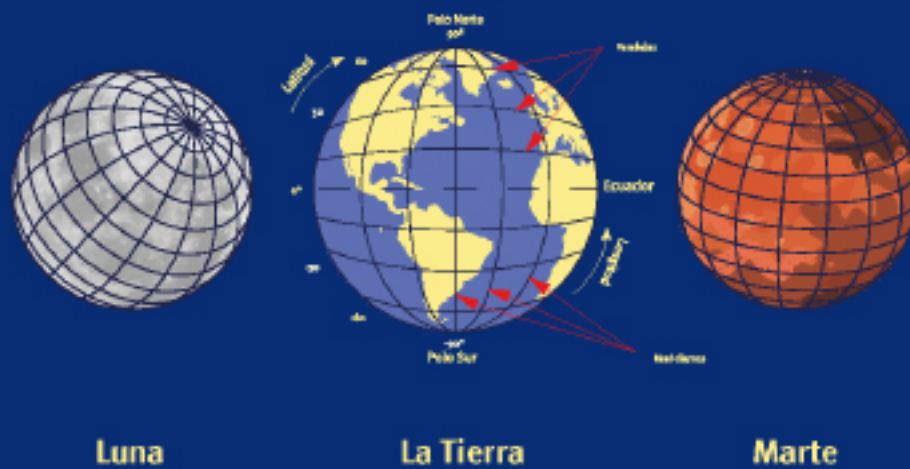
VIVIMOS RODEADOS DE LABERINTOS



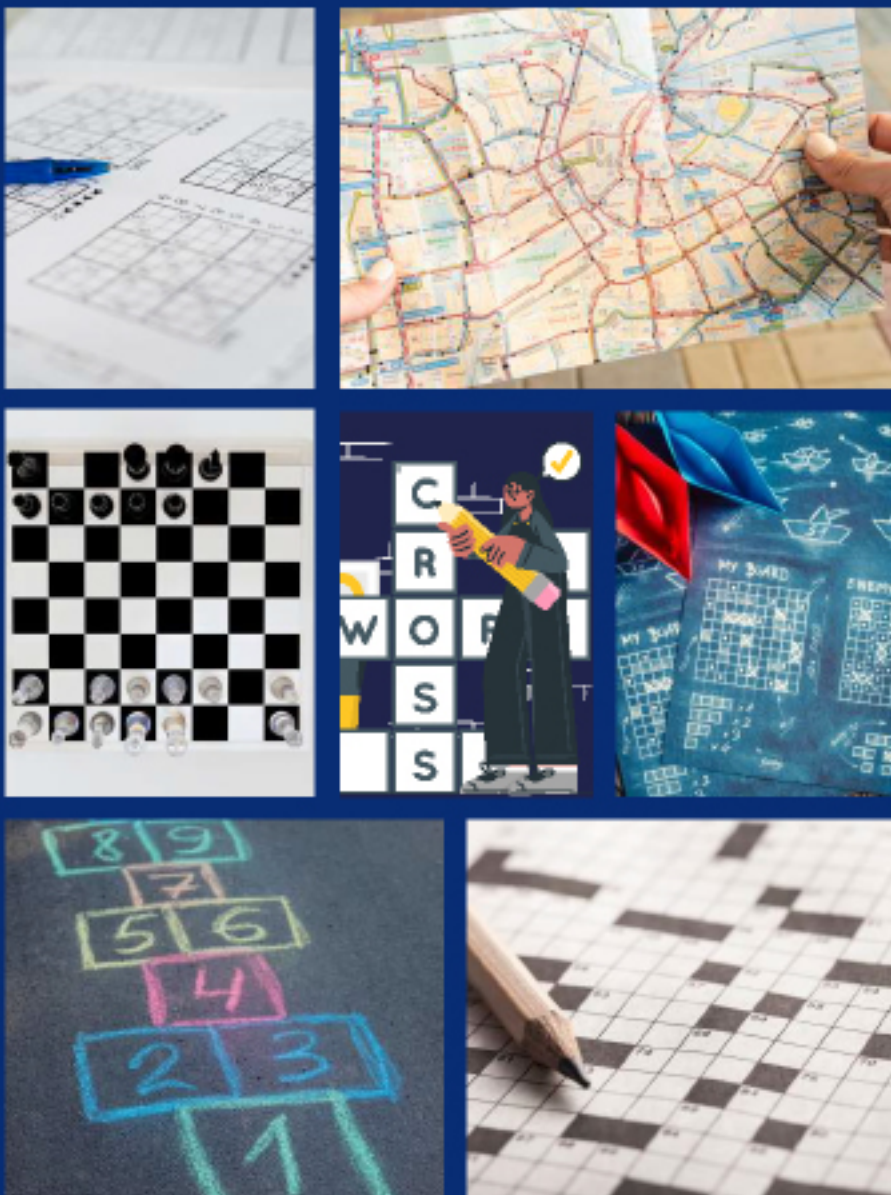
LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

UNIVERSAL: QUE ES COMÚN A TODOS, SIN EXCEPCIÓN ALGUNA

¿Qué significa que el sistema de referencia es universal?
Que es el mismo independientemente del escenario o entorno.



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

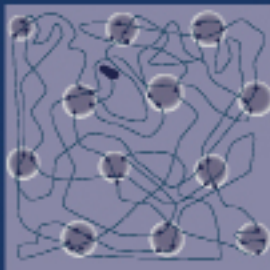
UN DESCUBRIMIENTO QUE BIEN MERECE UN PREMIO... NOBEL

El Premio Nobel en Fisiología o Medicina 2014



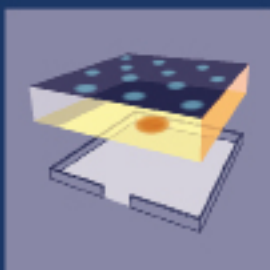
John O'Keefe
Premio compartido: 1/2

John O'Keefe descubrió, en 1971, que ciertas células nerviosas del cerebro se activaban cuando una rata ocupaba un lugar determinado en el entorno. Otras células nerviosas se activaron en otros lugares. Propuso que estas "células de lugar" construyen un mapa interno del entorno. Las "células de lugar" se encuentran en una parte del cerebro llamada hipocampo.



May-Britt Moser
Premio compartido: 1/4

May-Britt y Edvard I. Moser descubrieron en 2005 que otras células nerviosas de una parte cercana del cerebro, la corteza entorrinal, se activaban cuando una rata pasaba por determinados lugares. Juntas, estas ubicaciones formaban una rejilla, en la que cada "célula de la rejilla" reaccionaba según un patrón espacial único. En conjunto, estas cuadrículas forman un sistema de coordenadas que permite la navegación espacial.



Edvard I. Moser
Premio compartido: 1/4

Las células reticulares, junto con otras células del córtex entorrinal que reconocen la dirección de la cabeza del animal y el borde de la habitación, forman redes con las células de lugar del hipocampo. Estos circuitos constituyen un completo sistema de posicionamiento interno, una especie de "GPS", en el cerebro. El sistema de posicionamiento del cerebro humano parece tener componentes similares a los del cerebro de la rata.

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

CAJAL: EL “CEREBRO” DE LAS NEURONAS

El Premio Nobel en Fisiología o Medicina 1906

El Premio Nobel en Fisiología o Medicina 1906 se otorgó conjuntamente a Camillo Golgi y Santiago Ramón y Cajal “en reconocimiento a su trabajo sobre la estructura del sistema nervioso”.

Nuestro cuerpo está controlado por el sistema nervioso. En 1870, Camillo Golgi descubrió una técnica para teñir y estudiar las células nerviosas. Cajal comenzó a utilizar el método de Golgi en 1887 y abrió una era de descubrimientos extraordinarios. Observó que las neuronas eran células independientes, constituían la unidad estructural y funcional del sistema nervioso y se comunicaban entre sí mediante sinapsis, que permitían la transmisión del impulso nervioso. Partiendo de imágenes fijas obtenidas en su microscopio, Cajal dio un sentido funcional a lo que observaba y predijo cómo fluye la información a través del sistema nervioso, sentando las bases de la moderna neurociencia.



Ilustración de célula de Purkinje.
Portada de *The beautiful brain*.
Abrams Books (2017).

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

SEA HERO QUEST: UN JUEGO PARA DIAGNOSTICAR EL ALZHEIMER



En la actualidad, más de 55 millones de personas viven en el mundo con algún tipo de demencia.



Las personas con demencia podrían recibir mejor ayuda si los expertos pudieran diagnosticar antes la enfermedad.



Uno de los primeros signos de demencia es que las personas empiezan a perder la capacidad de orientarse.



Pero los médicos no tienen forma de saber si la gente se pierde porque tiene demencia o si es por otros motivos.



Para ayudar a los médicos a diagnosticar antes la demencia, necesitamos crear una referencia mundial de cómo navegan las personas sanas.



2,4 millones de personas en todo el mundo juegan un juego de móvil que puede seguir las capacidades de navegación espacial de las personas.



Sea Hero Quest® produce el mayor nivel de poder en el mundo de la historia.

El juego de navegación espacial de Sea Hero Quest® es el primer juego de navegación espacial que se ha desarrollado en el mundo.



Gracias a Sea Hero Quest® ahora disponemos de una enorme cantidad de datos y podemos crear una referencia mundial para la navegación espacial humana. Los resultados preliminares revelan que:



Nuestras capacidades de navegación espacial empiezan a disminuir a partir de la edad adulta temprana: estudios anteriores sugieren que este declive es de esperar a una edad más avanzada.



El lugar donde vivimos la infancia afecta a la navegación: los países nórdicos (Irlanda, Suecia, Noruega, Dinamarca) tienen una capacidad de navegación espacial más buena.



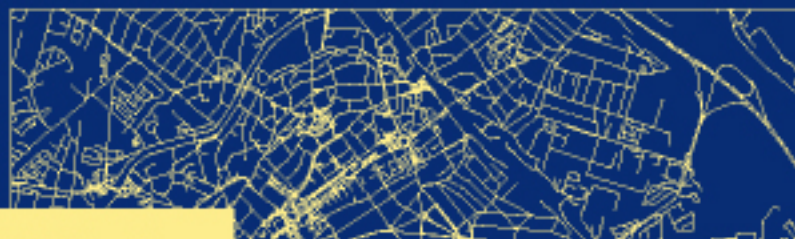
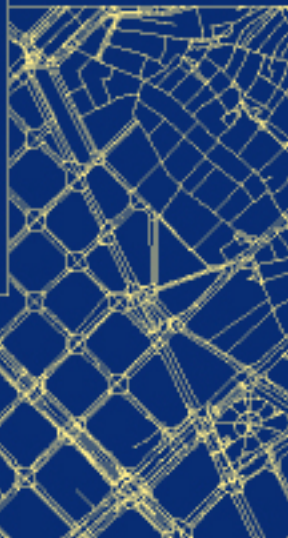
Existen diferencias en las estrategias de navegación espacial entre hombres y mujeres. Sin embargo, en los lugares con más igualdad de género estas diferencias prácticamente desaparecen.



Sea Hero Quest® se aplicará ahora en un estudio clínico para ayudar a predecir la aparición temprana de la demencia, así como para influir en el momento de los pacientes ya diagnosticados con la enfermedad.

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES

¿ERES DE PUEBLO O DE CIUDAD?

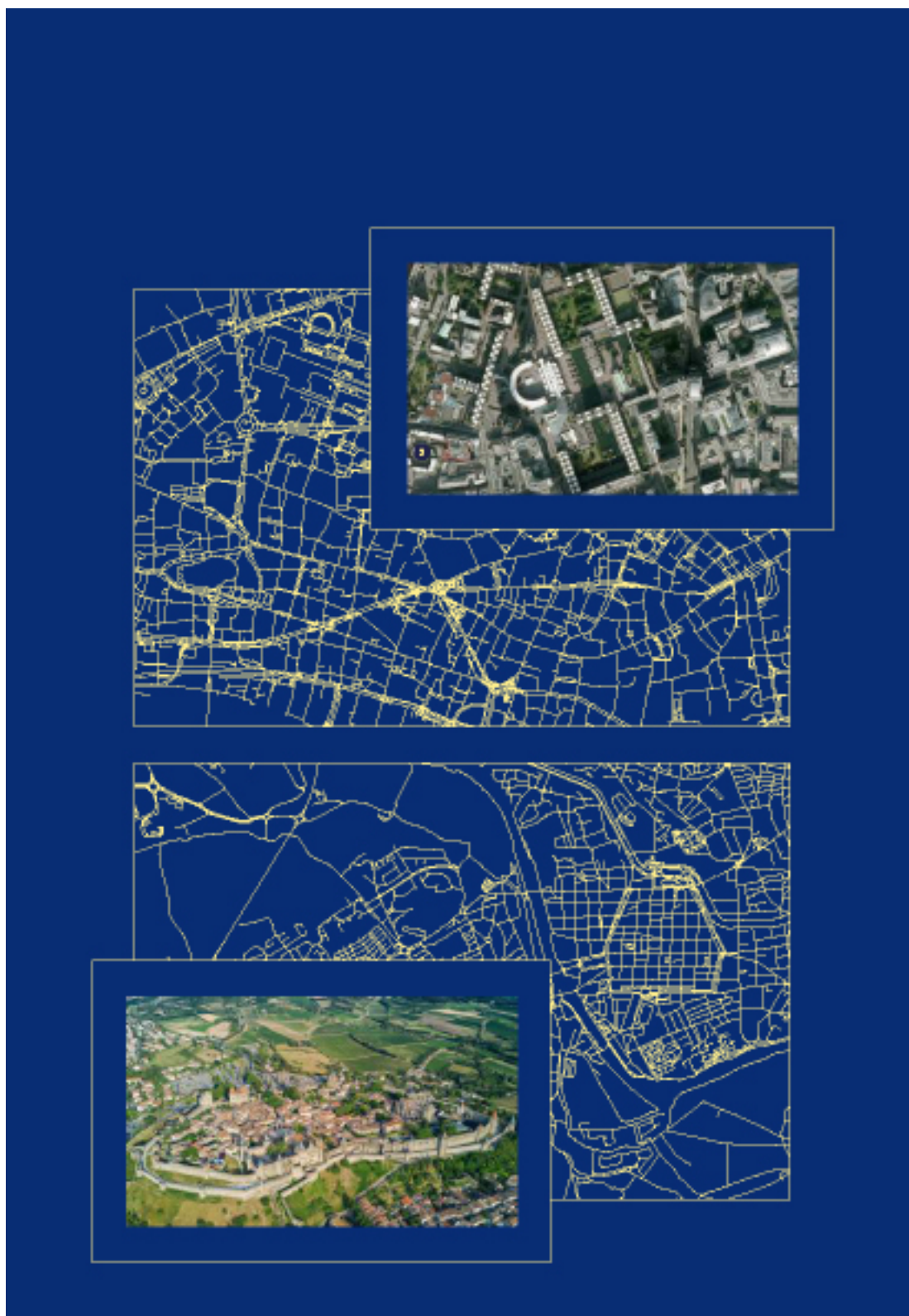


DENTRO DEL LABERINTO

1. Vista aérea de un barrio urbano ordenado: el Eixample de Barcelona.
2. Vista aérea de un barrio histórico urbano: Sibiu, Rumanía.
3. Vista aérea de un complejo de edificios modernos: Ghera y Ghera, City de Londres, Reino Unido.
4. Vista aérea de un pueblo en un entorno rural: Cinque Terre, Italia.



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO EN PÓSTERES



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

76

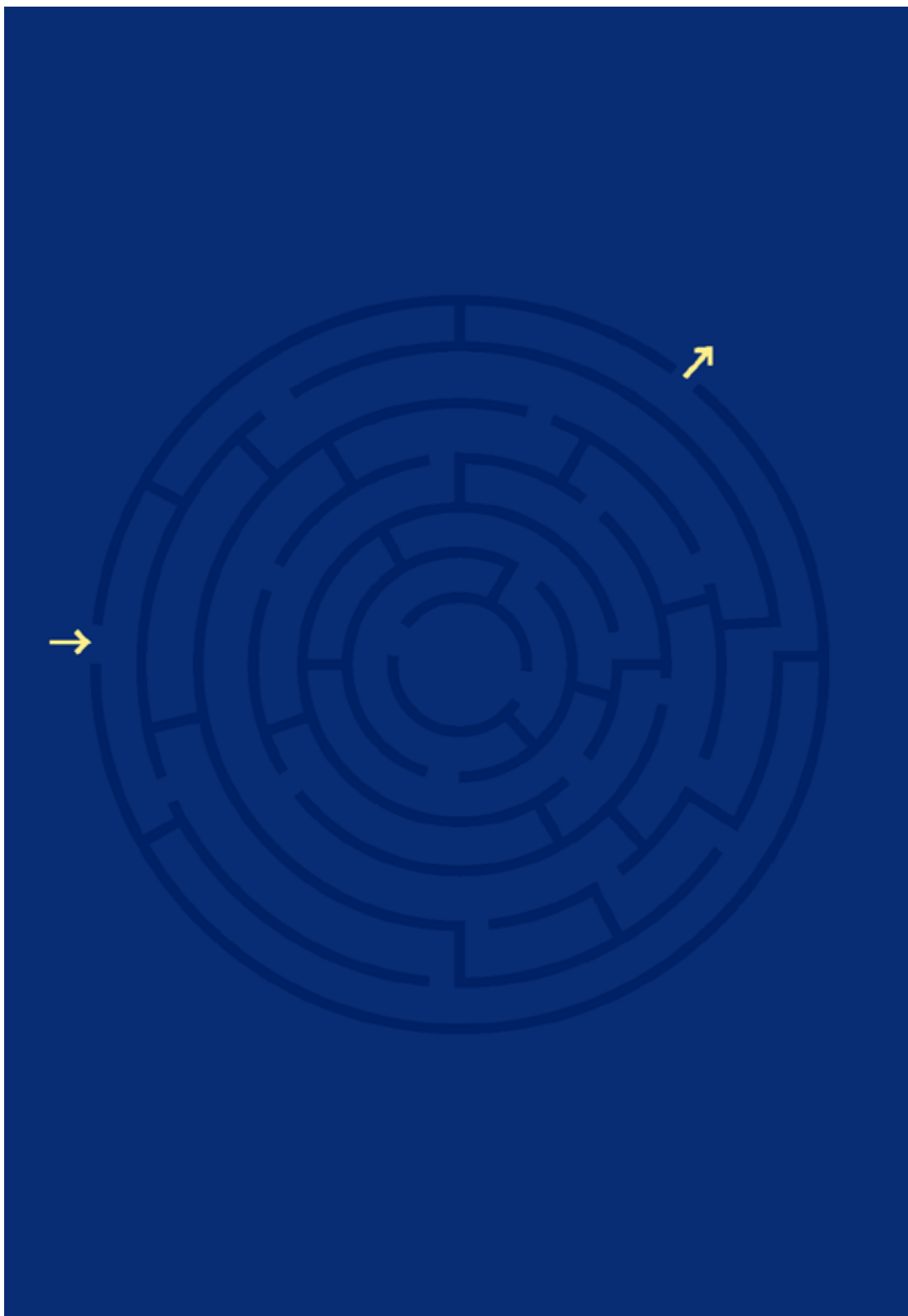
LABERINTO A OSCURAS

La ausencia (o merma) de referencias visuales condiciona y compromete nuestra capacidad para orientarnos en un laberinto.

ANTES DE PASAR LA PÁGINA:

Para enfrentarte a este laberinto busca una estancia a oscuras o en penumbra a fin de comprobar como la merma de visión compromete nuestra capacidad para resolver un laberinto.

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

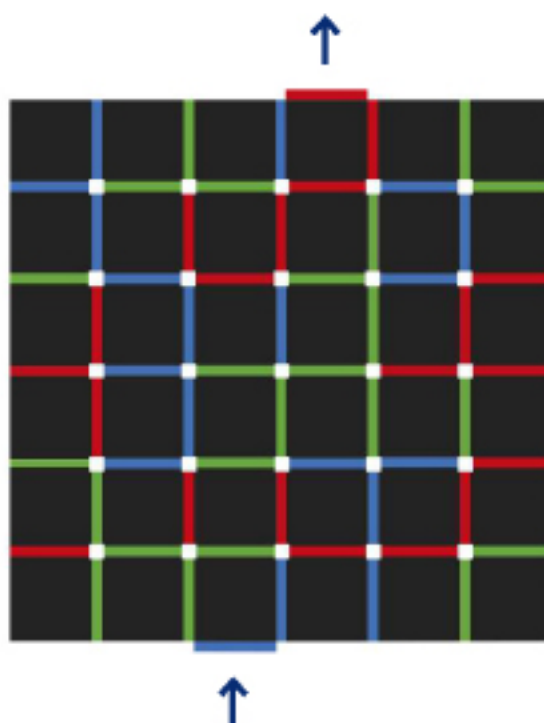


LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

78

PROCESO: ACCIÓN DE IR HACIA DELANTE

Pon a prueba tu capacidad de procesamiento cerebral con estos laberintos lógicos.



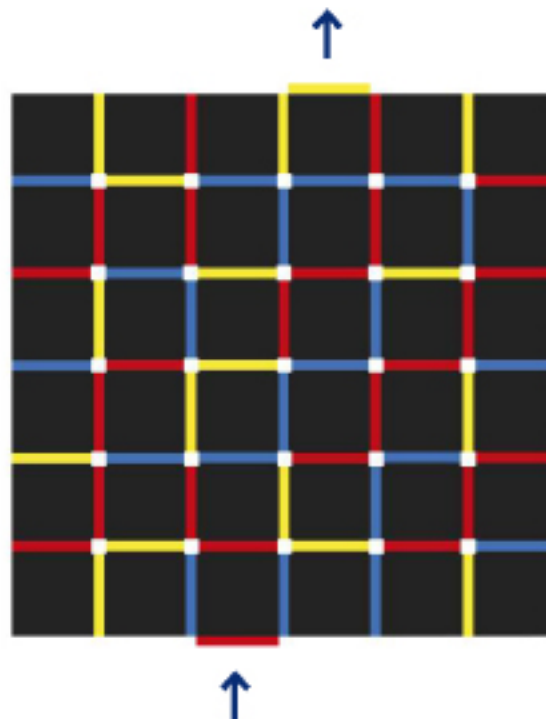
Laberinto 1

REGLA: Da tres pasos sobre el azul, luego cambia a un nuevo color y repite. Debes cambiar de color cada tercer paso. Sigue avanzando (no retrocedas). Si no puedes dar tres pasos completos en una dirección, intenta una dirección diferente. Debes salir en un tercer escalón (rojo)

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

79

PROCESO: ACCIÓN DE IR HACIA DELANTE



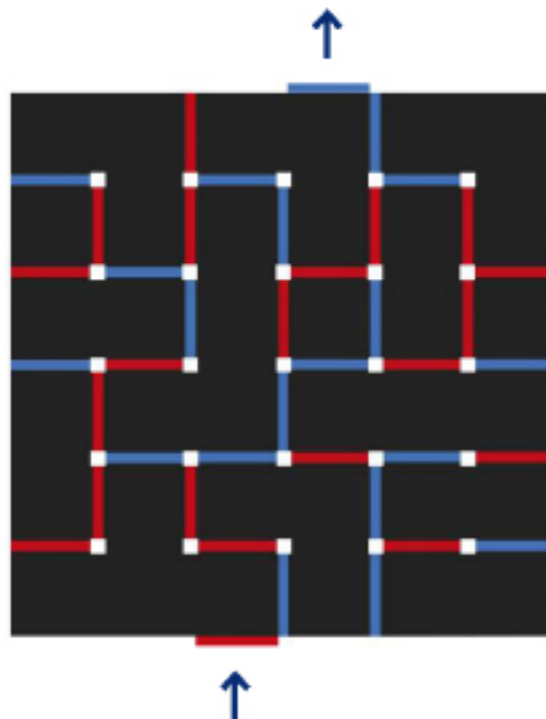
Laberinto 2

REGLA: Realiza siempre la secuencia rojo - azul - amarillo. Repite la secuencia de manera estricta para llegar al final: rojo - azul - amarillo, rojo - azul - amarillo...

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

80

PROCESO: ACCIÓN DE IR HACIA DELANTE



Laberinto 3

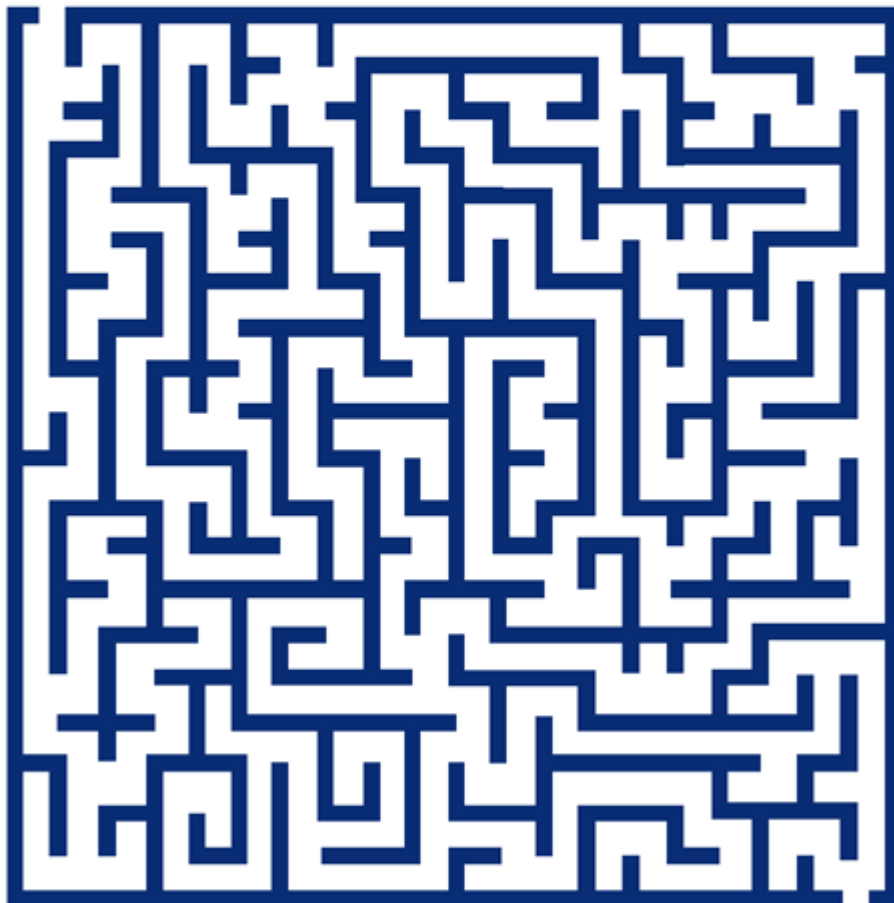
REGLA: Pasa sobre el rojo y luego sobre el azul en estrictas series alternas: rojo - azul, azul - rojo, rojo - azul... Puedes moverte libremente dentro de cada área.

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

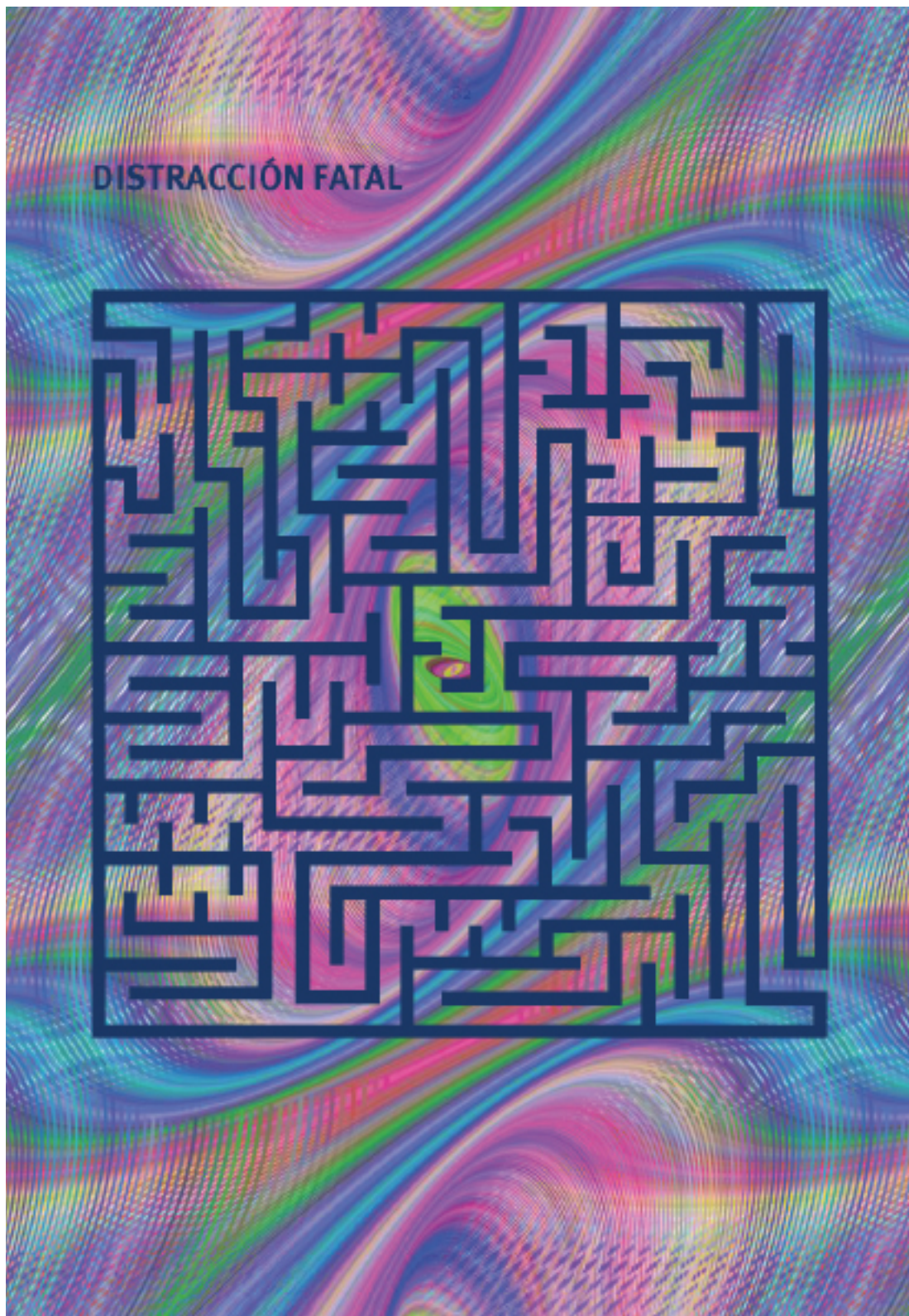
81

DISTRACCIÓN FATAL

La presencia de una distracción que se introduce en nuestro cerebro (parcialmente ocupado procesando la información visual) es suficiente para que nos cueste un poco más encontrar la salida del laberinto.



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

53

TEST DE CONDUCCIÓN

Beber una copa de más, tener lapsus de memoria y no atinar con el camino de vuelta van de la mano. Si te cuesta encontrar el camino, te habremos pillado.



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

84

TENEMOS CEREBRO DE TURISTAS

Ordena en cada caso los siguientes movimientos a fin de alcanzar tu destino.



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

85

Recorrido 1



Recorrido 2



Recorrido 3



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

86

Recorrido 4



Recorrido 5



Recorrido 6



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

87

DÍME DÓNDE VIVES Y TE DIRÉ CÓMO TE ORIENTAS

Un reciente estudio confirma algo que parece obvio: que vivir en un entorno de elevada laberinticidad aumenta nuestra capacidad de orientación. Identifica el camino más corto para llegar a cada destino desde tu posición.

LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - INTERACTIVOS

90

DESCONEXIÓN MENTAL

Relaja tu mente recorriendo estos laberintos con el dedo.

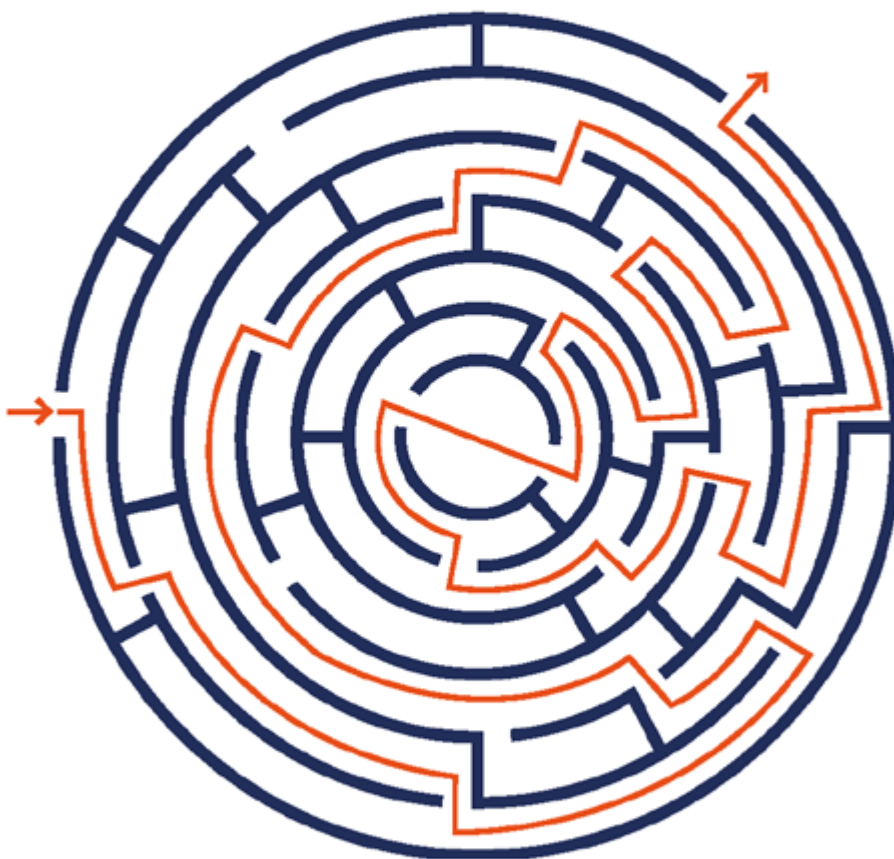


LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

92

SOLUCIONARIO

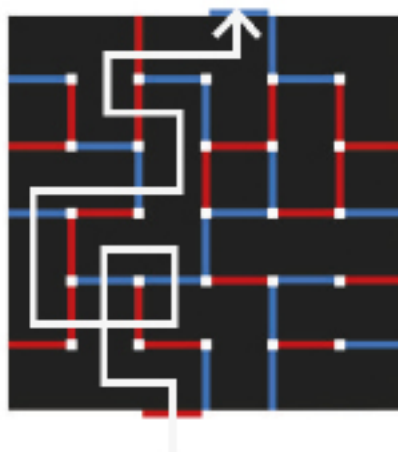
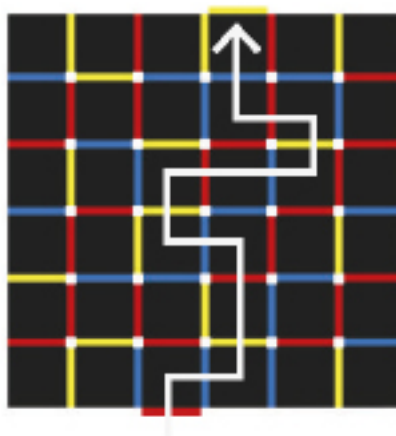
Laberinto a oscuras



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

93

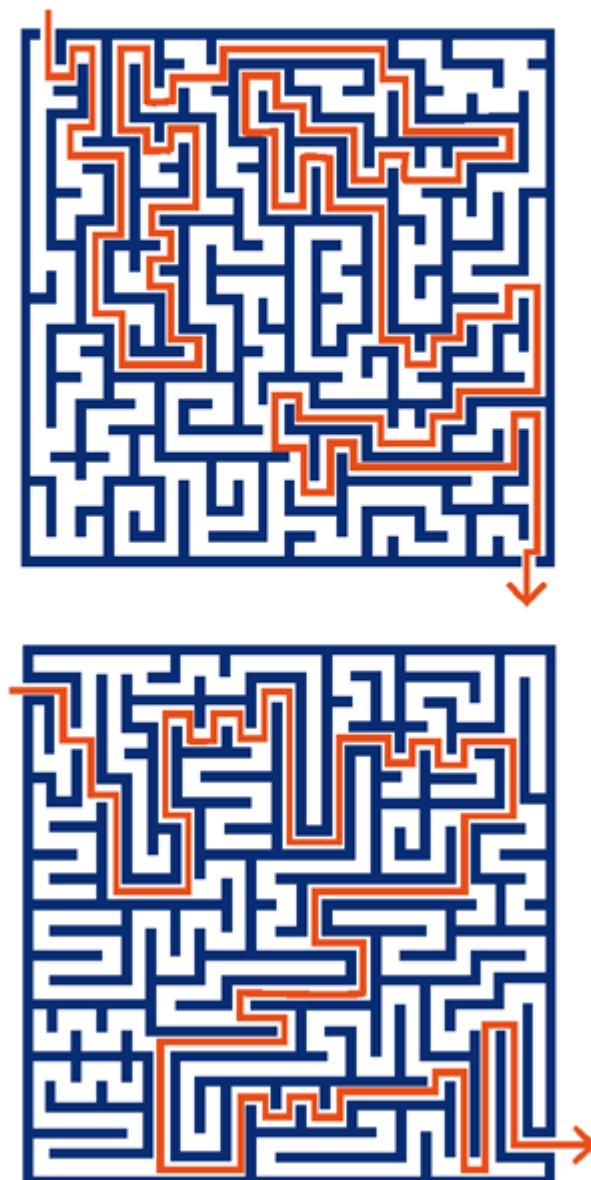
Proceso: acción de ir hacia delante



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

94

Distracción fatal



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

95

Test de conducción

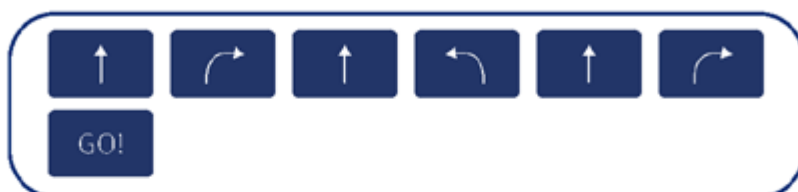


LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

96

Tenemos cerebros de turistas

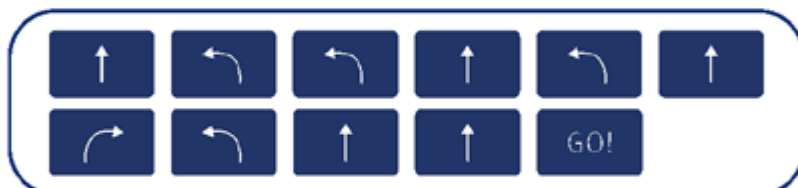
1



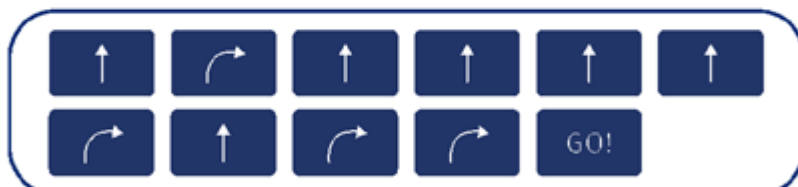
2



3



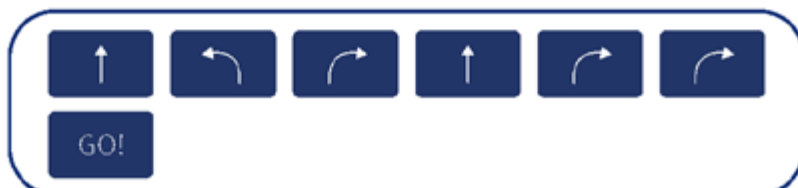
4



5



6



LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

97

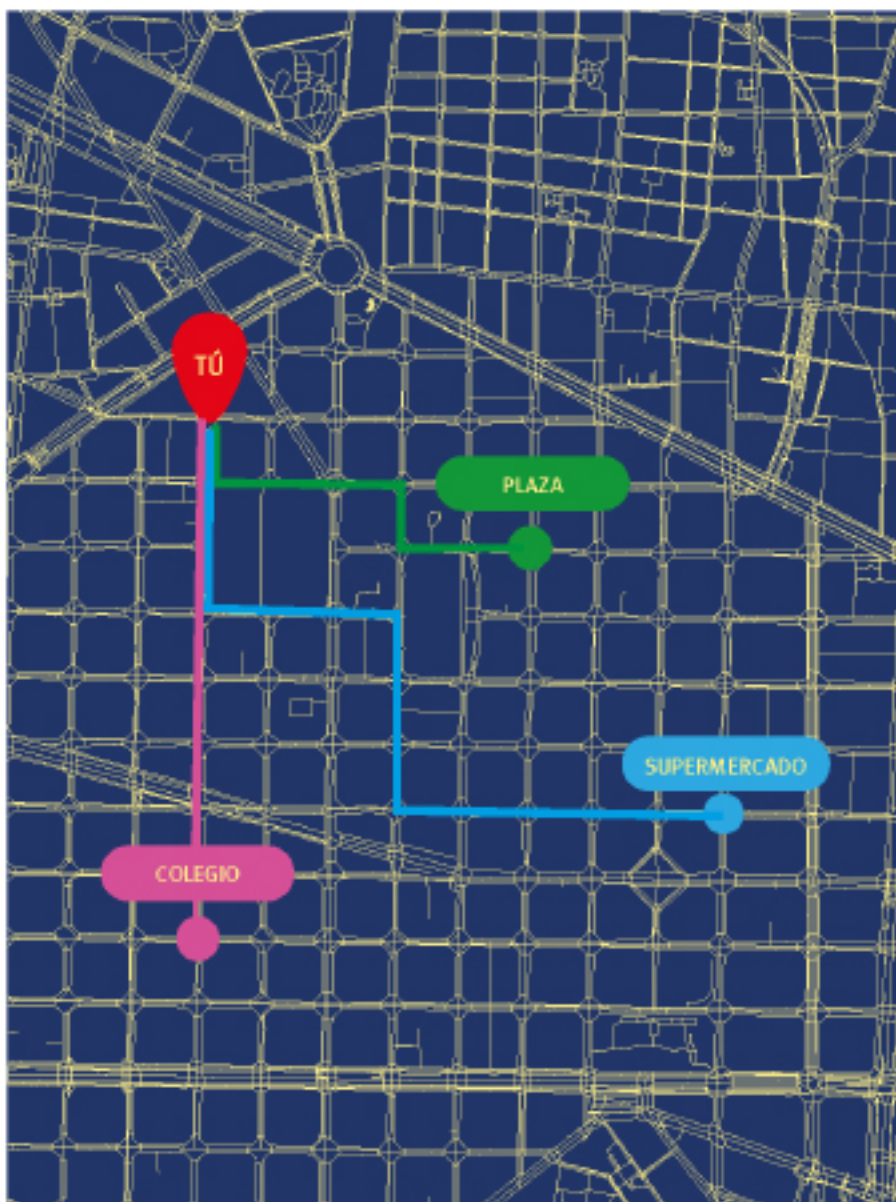
Díme dónde vives y te diré cómo te orientas



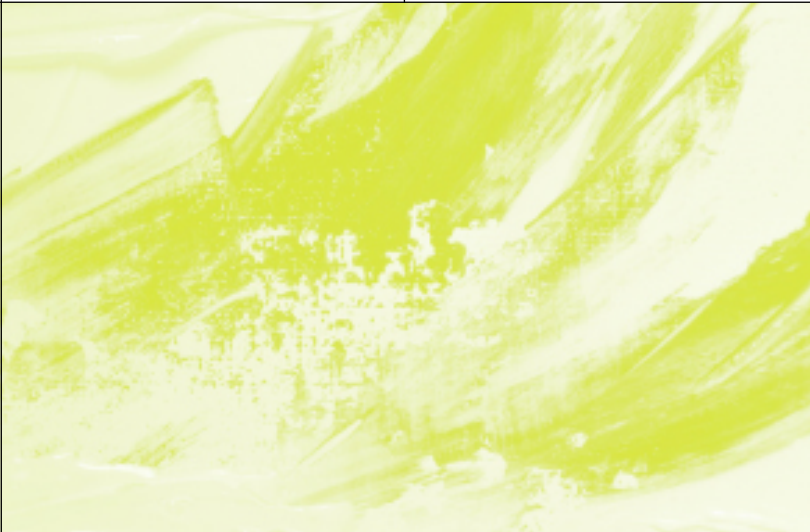
LOS LABERINTOS DEL CEREBRO - SOLUCIONARIO

98

Díme dónde vives y te diré cómo te orientas



MATERIALES Y NECESIDADES DE LA EXPOSICIÓN

Duración mínima 3 MESES Duración máxima 6 MESES		Espacio necesario 100m² Tiene posibilidad de adaptarse al espacio disponible.
Información útil FÁCIL TRANSPORTE Las obras se empaquetan individualmente con papel de burbujas y kraf, en caja protegida específica para transporte de obras de arte.		Total de obras 80 obras gráficas entre dibujos y técnicas mixtas.
		



LA
RECICLADORA
CULTURAL



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

