TEMA 1
Neurociencia de la Salud: plasticidad cerebral y estilos de vida

¿Qué veremos en este tema? Antes de comenzar a profundizar en las distintas variables de estilo de vida que condicionan la salud cerebral, es conveniente definir los conceptos básicos. Así, este tema asienta las bases de la Neurociencia de la Salud, la rama que articula todo el conocimiento de la psicobiología para mejorar la calidad de vida de las personas. Para ello, es importante conocer sus bases, comenzando el tema con un primer punto elaborando el rol del cerebro como predictor y resultado de la salud, así como las principales técnicas de registro cerebral, genético y/o molecular que emplea la disciplina para obtener resultados. El segundo punto aporta las principales vías mediante las cuales se interrelacionan el cuerpo y el cerebro, con las rutas descendentes (*top-down*) y ascendentes (*bottom-up*), y los mecanismos neuroanatómicos implicados. Seguidamente, los dos siguientes apartados plantean dos de las variables clave de las vías anteriores, como son el concepto de plasticidad cerebral y reserva cognitiva, y cómo los hábitos pueden modularlos, así como vías para fomentar que sean adaptativos. Por último, el apartado final del tema hace una breve descripción de los siete pilares que definen el resto del temario, incluyendo el sueño, ejercicio físico, socialización o una dieta equilibrada, entre otros. En algunos puntos del temario se introducirán ejemplos de la interacción cerebro-cuerpo, como el eje intestino-cerebro o los modelos de cambio de hábitos, los cuales servirán como una breve explicación que se profundizará en sus temas correspondientes.

La principal **bibliografía** empleada para la elaboración de este tema y adecuada para profundizar en los contenidos es la siguiente:

- *Tang, Yi-Yuan - (2024) - Fundamentals of Health Neuroscience / Yi-Yuan Tang and Rongxiang Tang. - Academic Press: Capítulos 1, 2 y 5.*
- *Carlson, N. R., & Birkett, M. A. (2024). Fisiología de la conducta (13.ª ed. en inglés, 1.ª ed. en español; trads. M. L. Román & M. Bravo Gutiérrez). Capítulos 1, 2 y 3.*
- *Castellanos, N. (2022). Neurociencia del cuerpo: Cómo el organismo esculpe el cerebro. Editorial Kairós.*
- *Pascual-Leone, Á., Fernández Ibáñez, Á. y Bartrés Faz, D. (2018).* El cerebro que cura*. Plataforma Editorial. Para referencia general y los siete pilares.*
- *Padrón González, I., Domínguez Martínez, A., & González Mora, J. L. (2023). Técnicas neurocientíficas aplicadas a la salud. Ediciones Pirámide.*

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

1.1. Concepto y marco epistemológico de la Neurociencia de la Salud

La Neurociencia de la Salud (Health Neuroscience) es un campo interdisciplinario emergente que integra investigaciones procedentes de la neurociencia cognitiva, afectiva y social, la psicología de la salud, la ciencia del cambio de comportamiento y la salud integrativa, abarcando con esta última el bienestar físico, mental, emocional y cognitivo. A nivel histórico, este concepto fue propuesto por primera vez en el año 2014, combinando el conocimiento cerebral aportado por la neurociencia con los planteamientos terapéuticos de la psicología sanitaria. Posteriormente, el campo experimentó una importante evolución al integrar de forma explícita la neurociencia social, cognitiva y afectiva, ampliando su marco teórico hasta llegar a su concepción actual, la cual se centra fundamentalmente en la salud integrativa y en las intervenciones dirigidas a la interacción mente-cuerpo.

1.1.1. Definición y alcance interdisciplinar de la Neurociencia de la Salud

En este sentido, para conocer cómo funciona exactamente el cerebro, la Neurociencia de la Salud se articula en torno al cuerpo de conocimientos de la neurociencia general. Esto es, disciplinas como la neurología, la farmacología, la psicofisiología o la neuroanatomía, aportan los modelos del funcionamiento cerebral y sistémico, y se asume su conocimiento para cualquiera que quiera formarse en dicha disciplina. Sin embargo, a menudo abordan el cerebro de forma aislada, conciben redes especializadas para funciones, o se centran exclusivamente en el alivio de síntomas específicos. En este sentido, la Neurociencia de la Salud se distingue por, sin renunciar a esos conocimientos, tratar a la persona en su totalidad. Este enfoque interdisciplinar propone que la prevención y el tratamiento de las enfermedades deben dirigirse a sus causas fundamentales, es decir, a la **disfunción y el desequilibrio originados en la interacción entre el cerebro y el cuerpo**, en lugar de abordar cada síntoma o trastorno de manera aislada. De este modo, muy en la línea del modelo biopsicosocial, trasciende la clásica noción de solo atender al síntoma, adoptando un enfoque holístico donde todas las variables en torno a la persona tienen su importancia para garantizar la salud física y cerebral.

Entre sus características principales destacan:

- Se fundamenta en un **modelo de salud integrativa** que amalgama la medicina convencional, las terapias complementarias (como la meditación o el mindfulness) y el autocuidado. Así la persona deja de ser un paciente pasivo que espera una solución por parte de un profesional externo, para convertirse en el **promotor principal de su propio bienestar** físico, emocional, cognitivo y social a lo largo de toda su vida. Si bien no se renuncia al seguimiento sanitario a varios niveles, como el control nutricional, farmacológico o psicológico, se busca al mismo tiempo que la persona lleve a cabo acciones positivas que complementen estos beneficios.

- **Incorporación de variables comportamentales a las explicaciones cerebrales**. Variables tradicionalmente relegadas a otras ramas de la psicología, como la personalidad, la motivación, las emociones y la toma de decisiones, son combinadas con el conocimiento biológico que aportan las distintas ramas de la neurociencia. En este sentido, esta disciplina plantea cómo interactúan con nuestros sistemas nerviosos central y autónomo para forjar o romper hábitos, demostrando que nuestras

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

propias creencias (por ejemplo, creer que el estrés es siempre dañino) influyen biológicamente en nuestra fisiología, conectado directamente con la idea del cerebro dual, indicada a continuación.

- Asumir un **modelo dual de la arquitectura cerebral**. Por un lado, **el cerebro actúa como un predictor de la salud**, donde medidas de su estructura en reposo o su conectividad funcional pueden anticipar la reactividad fisiológica al estrés, el rendimiento cognitivo o la eficacia de diversos tratamientos preventivos. Por otro lado, el **cerebro es concebido como un resultado de la salud**, ya que factores como el estatus socioeconómico en la infancia o las patologías periféricas alteran profundamente su neurodesarrollo, volumen y funcionalidad. Es decir, podemos considerarlo una estructura con capacidad prospectiva y retrospectiva al mismo tiempo, como se elaborará en los subapartados posteriores.

Si bien todos estos puntos son relevantes, desde la investigación en psicobiología se pone especial énfasis en el último aspecto, ya que permite actualizar el cuerpo de conocimientos de la disciplina para guiar de forma óptima a los profesionales que los aplican desde la práctica clínica. Por ello, resulta fundamental profundizar en las dos vías del modelo dual ya que, como iremos viendo en temas posteriores, son el eje vertebrador de todos los hallazgos de la disciplina independientemente de la variable estudiada. Siguiendo la historia de la neuropsicología, recordaremos cómo se desplazó el origen del comportamiento del corazón (teoría cardiocéntrica) al cerebro (teoría cerebrocéntrica), la cual fue evolucionando de un modelo localizacionista estricto al actual enfoque de redes de conectividad funcional. En este sentido, la Neurociencia de la Salud matiza aún más este modelo para indicar que la direccionalidad del efecto de estas redes no es en un solo sentido, como veremos a continuación.

1.1.2. El cerebro como predictor de la salud (Brain as predictor)

La noción del cerebro como predictor implica que la identificación mediante técnicas de registro cerebral de la neuroanatomía, funcionamiento molecular y de redes del encéfalo en un momento concreto del tiempo posee una extraordinaria capacidad para anticipar resultados clínicos a largo plazo. Así, estas métricas cerebrales permiten a los investigadores determinar los mecanismos patológicos y fisiológicos subyacentes de las enfermedades, como, por ejemplo, distintos niveles de volumen en la sustancia gris, la presencia anormal de ciertos neurotransmisores, o la alteración de la conectividad funcional de ciertos circuitos. Esto resulta especialmente relevante de cara a **predecir con precisión la eficacia de diversas estrategias de prevención e intervención**, pudiendo equiparar la arquitectura cerebral a una especie de guía predictora que cuenta una historia sobre la trayectoria vital de un sujeto. Es, por tanto, considerar el cerebro un agente prospectivo, que permite anticipar el futuro a partir del estado actual.

Un ejemplo paradigmático y extensamente documentado de esta capacidad predictiva reside en la **corteza cingulada anterior** (*anterior cingulate cortex* o ACC, por sus siglas en inglés). Esta estructura cerebral se encuentra implicada tanto en el procesamiento cognitivo como en el afectivo, siendo al mismo tiempo altamente sensible al procesamiento de estímulos relacionados con el dolor y la recompensa. A nivel clínico, **la ACC es el sustrato neural fundamental de la autorregulación y el autocontrol**, y la literatura científica ha confirmado

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

que la presencia de anomalías estructurales o funcionales en esta región predice el desarrollo de problemas conductuales relacionadas con el control de impulsos. Estas vulnerabilidades predecibles incluyen, entre otras, el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), síntomas de ansiedad, depresión, trastornos relacionados con el estrés, esquizofrenia, adicciones e incluso enfermedades neurodegenerativas tempranas.

Sin embargo, como ya hemos establecido previamente, el cerebro no actúa de forma aislada, y su estado concreto se puede correlacionar directamente con otras regiones del cuerpo con las que se interconecta con vías ascendentes y descendentes. En este sentido, estudios la ACC también regula directamente las **alteraciones de la presión arterial frente a estresores conductuales**. Así, la investigación de este campo ha encontrado cómo los niveles de actividad en dicha región influyen en parámetros cardiovasculares concretos. A su vez, se ha estudiado cómo su funcionalidad se ve alterada tras aplicar determinados fármacos antidepresivos a dianas moleculares concretas. Este cuerpo de conocimiento de investigación básica, en el modelo de la Neurociencia de la Salud, permite su traslación aplicada para, por ejemplo, anticipar cómo responderá el paciente a los tratamientos antidepresivos. Así, de manera simplificada, podemos deducir que la neuroanatomía aporta la funcionalidad de ACC, la farmacología el funcionamiento del antidepresivo, y la neuropsicología cómo esto se traduce a cambios conductuales. Por último, la Neurociencia de la Salud aporta otras variables que influyen en la funcionalidad de la ACC (ej: el impacto del abuso del móvil sobre los mecanismos de refuerzo) y aglutina todos esos hallazgos para definir las vías más adecuadas para tratar la depresión. No se limita únicamente a administrar una pastilla como el modelo biomédico clásico, sino que contempla todas las variables posibles para conseguir el tratamiento más eficaz.



Resumen ilustrado de la funcionalidad de ACC como predictor de salud y enfermedad. Adaptado con Gemini 3 Pro a partir del contenido de la bibliografía.

La predicción, por tanto, no tiene solo carácter neuroanatómico, sino que también existen correlatos funcionales. Así, los patrones de conectividad funcional del cerebro no solo

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

anticipan la vulnerabilidad fisiológica, sino que también **pueden predecir con gran exactitud el rendimiento en el desempeño de tareas cognitivas humanas**. Es decir, conocer el estado de la ACC a nivel anatómico, molecular y funcional puede anticipar que una persona tendrá problemas de control de impulsos, y adaptar los tratamientos en base a esa limitación. El desarrollo de estos predictores o biomarcadores cerebrales sienta las bases estructurales de **la psiquiatría y la salud mental de precisión**, en el cual la predicción del cerebro mediante el análisis complejo de múltiples predictores permite diseñar perfiles clínicos personalizados y abandonar los tratamientos genéricos.

1.1.3. El cerebro como resultado de la salud (Brain as an outcome)

Normalmente, se suele decir que toda acción tiene una consecuencia. Por ejemplo, un corte profundo puede dejar una cicatriz o realizar repetidas veces un ejercicio de pesas altera la morfología muscular. La **noción del cerebro como resultado** sigue el mismo principio, indicando cómo el estado actual del cerebro puede permitir entender el impacto que han tenido múltiples variables del estilo de vida sobre su morfología, conectividad e indicadores moleculares, entre otros. Así, si considerábamos el cerebro como predictor un enfoque prospectivo o hacia el futuro, este otro enfoque lo plantea como un **modelo retrospectivo o de "huella"**, donde los eventos que ha experimentado el sujeto a lo largo de su vida han marcado irremediablemente su cerebro. Por supuesto, ambos enfoques se interrelacionan, del modo que una variable de estilo de vida puede alterar la morfología de la ACC (*outcome*) y esto llevarla a un estado que pueda multiplicar el riesgo futuro de ciertas patologías vinculadas con un déficit de control de impulsos (*predictor*). Ambas nociones se conectan directamente con el principio de la plasticidad cerebral que veremos en puntos posteriores del temario.

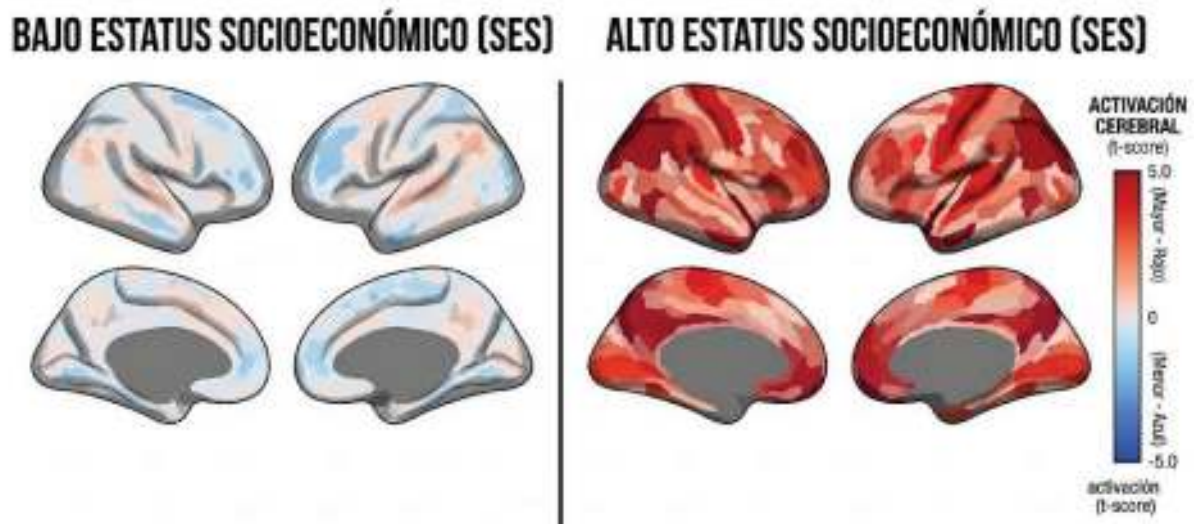
Siguiendo el ejemplo de la ACC, existen algunas actividades que pueden modular directamente de forma positiva su funcionalidad y, por tanto, reducir tanto el comportamiento impulsivo presente, como el riesgo futuro derivado de su alteración. Por ejemplo, la actividad física (explicada en mayor detalle en el Tema 3) incrementa tanto la activación funcional de ACC en tareas complejas como su volumen de sustancia gris, un aspecto especialmente relevante para el deterioro derivado del envejecimiento. Por otro lado, la práctica dirigida de Mindfulness regula los niveles de expresión del glutamato, neurotransmisor excitador del cerebro, en la ACC, y una mayor mielinización. Todo ello se traduce en que los mecanismos funcionales de esta estructura (esto es, la autorregulación) se fortalecen, impactando positivamente en la calidad de vida.

Sin embargo, el impacto en el cerebro también ocurre cuando los hábitos no son adecuados o el contexto que rodea a la persona promueve adaptaciones de plasticidad inadecuadas. En este sentido, los trabajos centrados en el estudio de **estatus socioeconómico durante la infancia (*socioeconomic status* o SES,** por sus siglas en inglés**)** evidencian cómo la variabilidad en este aspecto puede dejar una profunda impronta neurobiológica a lo largo del desarrollo, particularmente en periodos críticos. Si bien se explicará esto mucho más en detalle en temas posteriores, conviene reseñarlo aquí como ejemplo paradigmático.

Un ejemplo de la influencia del SES se encuentra en un trabajo de Sydnor et al. (2023) que evaluó el impacto del nivel socioeconómico sobre el desarrollo de la actividad intrínseca del cerebro en jóvenes de entre 8 y 23 años. Los hallazgos indicaron que los niños de barrios

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

favorecidos seguían una trayectoria madurativa normativa que se despliega a lo largo del denominado **eje "sensorimotor-asociación" (S-A).** Durante la adolescencia media, estos jóvenes mostraban un incremento sustancial en las fluctuaciones de la actividad cerebral en este eje. Asimismo, exhibían una mayor segregación de sus redes funcionales al llegar a la veintena, una característica esencial para el procesamiento cognitivo eficiente. En contraste**, los jóvenes procedentes de barrios desfavorecidos presentaban un patrón atípico de desarrollo funcional** y una menor segregación de las redes al llegar a la edad adulta temprana, reflejando el peaje biológico de crecer en entornos con menores recursos.



*Determinadas variables del entorno, como la empleabilidad, ingresos o situación familiar modulan el desarrollo cerebral de forma asimétrica. Realizado con Gemini 3 Pro en base a Sydnor, V.J., Larsen, B., Seidlitz, J. et al. Intrinsic activity development unfolds along a sensorimotor– association cortical axis in youth. Nat Neurosci **26**, 638–649 (2023). https://doi.org/10.1038/s41593-023-01282-y*

1.1.4. Metodologías de investigación en Neurociencia de la Salud

Como resulta evidente, el modelo dual del cerebro necesita un conocimiento científico ampliamente contrastado, evidenciado y replicable para poder guiar intervenciones precisas. El surgimiento de las técnicas de registro cerebral fueron un evento paradigmático para la neurociencia, permitiendo refrendar el cambio hacia un modelo de redes funcionales y alcanzar un nivel de precisión sin precedentes en los albores de la disciplina. Hoy en día, especialmente en los abordajes más punteros que veremos más adelante, adquirir datos lo más precisos y completos posible es clave para poder diseñar intervenciones personalizadas precisas, y en ello la neuroimagen sigue resultando clave, complementada con otras técnicas. Así, la complejidad inherente a la interacción mente-cuerpo requiere metodologías de investigación a diversos niveles de escala, que abarquen desde lo molecular e intracelular hasta el análisis de redes sistémicas de todo el cerebro para obtener resultados como los descritos en los trabajos de apartados previos. Para ello, además del conocimiento preexistente de otras disciplinas de neuropsicología, la Neurociencia de la Salud se nutre principalmente de técnicas de neuroimagen multimodal y neuromodulación, las cuales se describen brevemente a modo de repaso del conocimiento previamente adquirido en la titulación:

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

- **Resonancia Magnética (RM) Estructural y Funcional (fMRI):** La RM estructural proporciona imágenes de alta resolución para cuantificar parámetros anatómicos de la sustancia gris y blanca (volumen, grosor cortical, área de superficie). Por su parte, la fMRI y la electroencefalografía (EEG), esta última con una superior resolución temporal, permiten evaluar la actividad funcional intrínseca (en estado de reposo) y la evocada por tareas.

- **Imágenes con Tensor de Difusión (DTI):** Esta técnica parte de los principios de la RM para rastrear la difusión de las moléculas de agua en el tejido cerebral. Esto permite mapear y modelar la integridad de los tractos de sustancia blanca, importante para la mejor conductividad neural. A través de métricas como la anisotropía fraccional (FA), los investigadores pueden evaluar la eficiencia estructural de las redes. Por ejemplo, se ha documentado que el entrenamiento en *mindfulness* incrementa significativamente la FA en la corona radiata, el cual conecta la ACC con otras áreas cerebrales, evidenciando mejoras tangibles en los circuitos de autorregulación y detección de incongruencias.

- **Espectroscopía por Resonancia Magnética (MRS):** A nivel neuroquímico, la MRS permite medir la quimioarquitectura cerebral en vivo de forma no invasiva, cuantificando la concentración de compuestos y neurotransmisores específicos (como el glutamato) en regiones de interés concretas, permitiendo tener información precisa del metabolismo cerebral para tomar decisiones más adecuadas al diseñar intervenciones personalizadas.

- **Neuromodulación y Neurofeedback:** Más allá de la observación, las metodologías intervencionistas como el neurofeedback (mediante EEG o fMRI en tiempo real) permiten autorregular voluntariamente los patrones de actividad cerebral. Mientras que el neurofeedback por EEG es accesible y económico, carece de la resolución espacial necesaria para acceder a estructuras subcorticales profundas. Para superar este límite, se utiliza el neurofeedback por fMRI en tiempo real, capaz de entrenar la modulación directa de regiones críticas para la respuesta emocional y de estrés, como la amígdala, el hipotálamo o el estriado.

Un ejemplo práctico del uso de estas técnicas en la Neurociencia de la Salud lo tenemos en la modulación de la ACC mediante ejercicio y mindfulness antes descrita. Por ejemplo, mediante la técnica de anisotropía fraccional se ha registrado de manera objetiva un **aumento en la integridad de la sustancia blanca** en esta estructura tras la práctica sostenida de meditación guiada. A su vez, la espectroscopía permite identificar las variaciones en el glutamato, y la electroencefalografía mediante potenciales asociados a eventos, identificar alteraciones en los patrones de oscilación incrementando la **potencia de la onda theta frontal de la línea media**. Esta clase de hallazgos permiten refrendar la validez del enfoque de cerebro como resultado y, mediante el seguimiento longitudinal,

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla



Esquema-resumen de técnicas de registro neuroanatómico, adaptado de los contenidos de Neuropsicología Cognitiva (T1). Esquema adaptado con Gemini 3 Pro.

Por último, el desarrollo tecnológico actual ha hecho posible realizar la secuenciación del genoma y su combinación con otras técnicas de registro y análisis. En un primer nivel, los **estudios de asociación del genoma completo (GWAS)** permiten rastrear el genoma de enormes grupos poblacionales para identificar qué variantes genéticas o polimorfismos de nucleótido único (SNPs) están estadísticamente asociados a un rasgo cognitivo particular, a una enfermedad neurodegenerativa o a un trastorno psiquiátrico. Sin embargo, saber empíricamente qué genes están asociados a una patología no explica por sí mismo su mecanismo biológico subyacente ni su localización. Es aquí donde interviene **el transcriptoma**, que representa el conjunto completo de ARN (tanto codificante como no codificante) en el cerebro, y nos indica qué genes se están transcribiendo o expresando de forma activa en proteínas. Puesto que la resolución espacial de la expresión génica no puede evaluarse in vivo con precisión celular, la neurociencia depende ineludiblemente del análisis de muestras de **tejido post mortem** mediante un muestreo espacialmente denso para combinarlo con los hallazgos genéticos, y así obtener un cuadro más preciso.

El hito científico mundial más destacado en la cristalización de esta integración metodológica es el **Atlas del Cerebro de Allen (Allen Brain Atlas).** Este monumental proyecto neuroanatómico recopiló mapas cartográficos de expresión génica a partir de los cerebros post mortem de seis individuos sanos. La creación de este atlas requirió un nivel de detalle técnico sin precedentes, llevando a cabo un muestreo extremadamente denso que incluyó más de 62.000 sondas genéticas por perfil y aproximadamente 500 muestras de tejido por cada hemisferio, abarcando exhaustivamente el cerebro, el cerebelo y el tronco encefálico. Gracias a la infraestructura de este atlas, los investigadores pueden cruzar los datos de riesgo genético poblacional obtenidos mediante GWAS con el mapa espacial del Atlas de Allen para determinar de manera neuroanatómica en qué áreas exactas del cerebro humano se expresan de manera activa los genes vinculados a patologías mentales, resultando de especial utilidad para guiar el trabajo de la Neurociencia de la Salud.

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

1.2. Interacción bidireccional entre cerebro, cuerpo y conducta

1.2.1. Superación del dualismo mente-cuerpo

La filosofía occidental, fuertemente influenciada por el dualismo cartesiano propuesto por **René Descartes**, conceptualizó históricamente la mente (*res cogitans* o la sustancia pensante) y el cuerpo (*res extensa* o la sustancia física) como dos entidades ontológicamente distintas y separables. Bajo este paradigma, los procesos mentales se consideraban fenómenos no físicos que ejercían un control direccional sobre el cuerpo físico, el cual se limitaba a ejecutar órdenes. En el contexto histórico de la época, esto facilitó el progreso de la neurociencia, rompiendo con siglos de prevalencia de la teoría ventricular de Galeno y el veto al estudio del ser humano por considerarse un asunto “divino” y vinculado a la religión, altamente influyente en dicho periodo.

Actualmente, gracias al progreso de las técnicas de neuroimagen y al cuerpo acumulado de evidencia a partir de mediados del siglo XX, esta visión reduccionista y unidireccional ha sido progresivamente desmantelada. Hoy sabemos que el **cerebro y el cuerpo no operan de forma aislada, sino que mantienen una regulación bidireccional** continua e inseparable. Como podemos deducir, esto se encuentra directamente vinculado con la noción del cerebro dual anteriormente indicada. Desde una perspectiva clínica, abandonar el dualismo mente-cuerpo tiene implicaciones profundas. Investigaciones recientes han revelado que **una mala salud corporal general suele ser un indicador pronóstico incluso más fuerte de enfermedades psiquiátricas** (como ansiedad, depresión, trastorno bipolar o esquizofrenia) **que los propios cambios estructurales aislados en el cerebro** (Tian et al., 2023). Esto subraya el error de tratar los trastornos mentales como fenómenos puramente "psicológicos" y las enfermedades físicas como alteraciones puramente "mecánicas".

Referencia del estudio: Tian, Y. E., Di Biase, M. A., Mosley, P. E., Lupton, M. K., Xia, Y., Fripp, J., Breakspear, M., Cropley, V., & Zalesky, A. (2023). Evaluation of Brain-Body Health in Individuals With Common Neuropsychiatric Disorders. JAMA psychiatry, 80(6), 567–576. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2023.0791

Al reconocer que el cerebro y el cuerpo trabajan siempre en conjunto para determinar el comportamiento y los resultados de salud, el modelo de la Neurociencia de la Salud aboga por intervenciones integrativas que traten a la persona en su totalidad, asumiendo que optimizar la fisiología corporal es un requisito ineludible para alcanzar el bienestar psicológico y viceversa. Si bien la hipótesis del cerebro dual está claramente alineada con esta visión, de nada serviría sin una evidencia científica que la respalde. Así, el soporte neuroanatómico que la confirma se asienta en la identificación de **vías de comunicación descendentes y ascendentes,** que interconectan el cerebro y el resto de las regiones del cuerpo, tal y como se detalla en los siguientes puntos. Esto permite explicar que el cerebro pueda ser tanto predictor como resultado de la salud, conectando directamente con lo ilustrado en el apartado previo.

1.2.2. Vías de comunicación descendente (Top-Down o Cerebro-Cuerpo)

La comunicación de control que ejerce el cerebro sobre los órganos periféricos (comunicación *top-down*) se logra principalmente a través de la funcionalidad del sistema nervioso periférico (SNP), que abarca tanto el sistema nervioso somático (que rige las respuestas motoras

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

voluntarias) como, de manera crítica para la salud, el sistema nervioso autónomo (SNA). El SNA funciona de forma inconsciente para mantener la homeostasis del organismo, regulando parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la temperatura y la digestión, a partir de las órdenes que envía el cerebro.

El SNA se bifurca en dos ramas con funciones antagónicas y complementarias:

- **El sistema nervioso simpático (SNS):** Es el responsable de movilizar la energía y desencadenar las respuestas de lucha o huida (*fight or flight*) ante situaciones de estrés o amenaza. Su hiperactivación crónica, propia de los estilos de vida modernos y el estrés prolongado, resulta perjudicial para la salud.

- **El sistema nervioso parasimpático (SNP):** Promueve estados de calma, descanso, recuperación y digestión (*rest and digest* o *feed and breed*), contrarrestando la activación simpática y devolviendo al organismo a su línea base tras un estresor. Las intervenciones de estilo de vida se dirigen a potenciarlo.

En un estado de salud integrativa óptimo, el cerebro, a través de estructuras como la corteza prefrontal y la corteza cingulada anterior (ACC) indicada en el punto previo, ejerce un control regulador (*top-down*) adecuado sobre el SNA, modulando de forma flexible el equilibrio entre la activación simpática y parasimpática en respuesta a las demandas del entorno. Intervenciones conductuales como el *mindfulness* operan precisamente reforzando estas vías descendentes, incrementando la actividad parasimpática (reflejada en una mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca de alta frecuencia, HF-HRV) y modulando la actividad de la ACC. Tendremos oportunidad en el Tema 5 de profundizar en ello.

1.2.3. Vías de comunicación ascendente (Bottom-Up o Cuerpo-Cerebro)

La comunicación *top-down* resulta clave en muchos procesos corporales y cognitivos, y fue la noción tradicional definida desde los tiempos de la teoría cerebrocéntrica de la Antigua Grecia. Sin embargo, como se ha indicado previamente, el desarrollo tecnológico e investigador permitió identificar rutas en la dirección contraria, por las cuales la fisiología periférica informa y altera el estado del cerebro (comunicación *bottom-up*). Este proceso se denomina **interocepción**, definida como la **capacidad del sistema nervioso para censar, interpretar, integrar y regular las señales que se originan dentro del propio cuerpo**, dotando al cerebro de una lectura continua del estado fisiológico interno.

A nivel anatómico y celular, la interocepción depende de neuronas sensoriales especializadas, como las neuronas sensoriales vagales (VSNs), que codifican y transmiten señales desde órganos viscerales (corazón, tracto gastrointestinal, pulmones) hacia el tronco encefálico. El nervio vago (el décimo par craneal y el nervio más largo del cuerpo) actúa como la principal vía aferente de este sistema parasimpático. El flujo interoceptivo es fundamental en el marco del **procesamiento predictivo** del cerebro. En este sentido, el cerebro genera constantemente predicciones sobre los estados corporales y las compara con el *input* interoceptivo aferente. Las discrepancias (errores de predicción) obligan al cerebro a ajustar alostáticamente la fisiología o el comportamiento para restaurar el equilibrio. Clínicamente, una interocepción disfuncional, es decir, la incapacidad de interpretar o integrar adecuadamente las señales viscerales, está íntimamente ligada a la desregulación

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

emocional, trastornos del estado de ánimo (depresión, ansiedad), trastornos de la conducta alimentaria y patologías somatomorfas. Por el contrario, un procesamiento interoceptivo afinado facilita la autoconciencia y permite respuestas de afrontamiento adaptativas frente al estrés.

1.2.4. Redes sistémicas específicas en la relación cerebro-cuerpo

Aunque existen rutas unidireccionales, lo más habitual en la comprensión integral de la salud de la persona es que las conexiones cerebro-cuerpo sean bidireccionales. Además, estarían funcionando en torno a una interocepción continua, que produce ajustes en tiempo real que, si son inadecuados, provocan cambios plásticos nocivos a medio plazo. En esta sección se destacan especialmente tres por su relevancia con los contenidos de temas posteriores. Estas son **el eje intestino cerebro, conexión corazón-cerebro, y la interrelación entre el envejecimiento orgánico y el deterioro cognitivo y cerebral**. A continuación, se detallan brevemente cada una de ellas:

- **Eje Intestino-Cerebro (*Microbiota-Gut-Brain Axis*).** Dicho eje, en el cual se profundizará en detalle en el Tema 4, representa uno de los descubrimientos más revolucionarios de la neurociencia médica. Se trata de una intrincada red de comunicación bidireccional entre el sistema nervioso central, el sistema nervioso entérico y el tracto gastrointestinal. La comunicación se establece a través de múltiples vías simultáneas que potencian la interocepción. La principal vía de conexión es neurológica ascendente (del nervio vago al cerebro, indicada previamente), si bien existen otras rutas, fundamentalmente asentadas el funcionamiento de la microbiota intestinal, que pueden impactar directamente en el cerebro. Por ejemplo, se ha demostrado que la microbiota puede regular o sintetizar de forma autónoma neurotransmisores críticos para la salud mental, como el ácido gamma-aminobutírico (GABA), la serotonina, la dopamina y la noradrenalina. A su vez, si se desregula, puede provocar respuestas inmunológicas. Así, un correcto control de la dieta puede contribuir directamente a que el cerebro funcione mejor.

- **Conexión corazón-cerebro (*Brain-Heart Connection*).** Más allá del riesgo vascular de infartos cerebrales, la macroestructura del corazón ejerce una influencia morfométrica y funcional silenciosa sobre el cerebro. Un estudio planteado por Zhao et al. (2023) empleando resonancia magnética cardiovascular (CMR) en el biobanco del Reino Unido (*UK Biobank*) reveló que la identificación de marcadores biológicos asociados a una salud cardíaca alterada (como el agrandamiento del volumen de las cámaras ventriculares o el incremento del área aórtica) correlacionan negativamente tanto con la integridad de la materia blanca cerebral (medida mediante anisotropía fraccional y difusividad media) como con la conectividad funcional en estado de reposo. Específicamente, las disfunciones cardíacas impactan directamente a la red neuronal por defecto (DMN), vinculada a la socialización y la interocepción, sugiriendo que la patología cardíaca subclínica propaga el deterioro anatómico y funcional hacia las redes cerebrales superiores.

  Quizá el hallazgo más llamativo de la investigación de Zhao et al. (2023) fue la demostración de una **relación genética entre patologías cardíacas y la psicopatología, la cual está además mediada por el cerebro**. Específicamente, los

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

loci genéticos vinculados a un perfil cardiovascular concreto lograron explicar un porcentaje sorprendentemente alto de la heredabilidad de características cerebrales. Así, utilizando modelos estadísticos para inferir direccionalidad, el estudio probó que los problemas cardíacos (como las alteraciones en el grosor de la pared del corazón) están vinculados con un mayor riesgo de desarrollar esquizofrenia, trastorno bipolar o trastorno depresivo mayor, entre otros trastornos.

Referencia del estudio: Zhao, B., Li, T., Fan, Z., Yang, Y., Shu, J., Yang, X., Wang, X., Luo, T., Tang, J., Xiong, D., Wu, Z., Li, B., Chen, J., Shan, Y., Tomlinson, C., Zhu, Z., Li, Y., Stein, J. L., & Zhu, H. (2023). Heart-brain connections: Phenotypic and genetic insights from magnetic resonance images. Science (New York, N.Y.), 380(6648), abn6598. https://doi.org/10.1126/science.abn6598

- **Envejecimiento de sistemas periféricos y el deterioro cognitivo.** En base a esta idea, el envejecimiento cerebral y el deterioro cognitivo no se producen en el vacío, sino que están inexorablemente unidos al envejecimiento sistémico del cuerpo. Tian, Cropley et al. (2023), usaron estimadores de la edad biológica en más de 36.000 individuos para siete sistemas corporales u orgánicos principales (cardiovascular, pulmonar, musculoesquelético, inmunológico, renal, hepático y metabólico) y de tres sistemas cerebrales (sustancia gris, sustancia blanca y conectividad funcional). Los resultados demostraron empíricamente que **el envejecimiento avanzado de varios sistemas corporales repercute de manera directa en el envejecimiento cerebral**. El hallazgo más contundente fue la estrecha vinculación con el sistema cardiovascular: un aumento de un año en la edad biológica cardiovascular explica un incremento de 27 días en la edad cerebral general, 19 días en la edad de la conectividad funcional y 27 días en el envejecimiento de la sustancia blanca. Asimismo, se observó que el envejecimiento de los sistemas pulmonar y metabólico correlaciona significativamente con una mayor edad biológica general del cerebro y, específicamente, de la sustancia gris.

  Finalmente, el análisis se amplió para evaluar el **impacto de 158 factores ambientales y de estilo de vida sobre estos relojes biológicos**. Se constató que variables como el tabaquismo, el consumo de alcohol, la menopausia precoz y las desventajas socioeconómicas aceleran drásticamente la edad biológica. Por el contrario, un ritmo de marcha más rápido, un mayor nivel educativo, un mayor peso al nacer y la ausencia de tabaquismo se asociaron con relojes biológicos más jóvenes. Esta perspectiva integradora demuestra inequívocamente que el envejecimiento patológico o normativo del cerebro no puede comprenderse ni tratarse de forma aislada, ya que está causalmente dictado por el ritmo de envejecimiento biológico del resto de los sistemas del organismo. En temas posteriores de la asignatura se profundizará en esta cuestión.

Referencia del estudio: Tian, Y. E., Cropley, V., Maier, A. B., Lautenschlager, N. T., Breakspear, M., & Zalesky, A. (2023). Heterogeneous aging across multiple organ systems and prediction of chronic disease and mortality. Nature medicine, 29(5), 1221–1231. https://doi.org/10.1038/s41591-023-02296-6

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla

1.2.5. Consecuencia de la interacción cuerpo-cerebro: homeostasis y alostasis

¿Por qué motivo contamos con esta intrincada red funcional? ¿Qué objetivo adaptativo tiene la monitorización continua del estado de nuestro organismo para ajustar la conducta? En este sentido, cualquier sistema tiende al equilibrio. Si un ordenador se calienta demasiado, activa sus ventiladores para reducir la temperatura del procesador, o se apaga preventivamente si estos no pueden compensarlo. En ambos casos, se busca mantener unos parámetros que permitan tanto el funcionamiento normal, como prevenir un daño mayor al sistema. Nuestro cuerpo, salvando las distancias, funciona de forma similar, cobrando especial importancia los conceptos de homeostasis y alostasis.

La **homeostasis**, un término definido de forma literal como "mantenerse similar", describe el proceso fisiológico fundamental mediante el cual el organismo mantiene un estado de equilibrio y estabilidad interna que es crítico para el funcionamiento óptimo, la adaptación y la supervivencia de los seres vivos. Este intrincado sistema de regulación opera de manera constante a nivel consciente e inconsciente a través del procesamiento de **señales interoceptivas aferentes**. Para lograr esta estabilidad anticipatoria, la homeostasis se apoya en mecanismos reguladores compuestos por una variable del sistema, un valor u óptimo fijo establecido, detectores específicos y mecanismos correctores que actúan principalmente bajo el principio de **retroalimentación negativa**, un proceso donde el propio efecto de una acción sirve para atenuarla o dar por finalizada la respuesta de corrección.

Por otro lado, cuando el cuerpo se enfrenta a condiciones cambiantes del entorno, desafíos imprevistos o estímulos estresantes agudos, la estabilidad ya no puede sostenerse de manera rígida mediante puntos fijos e invariables, lo que da paso al concepto de **alostasis**. La alostasis se define como el proceso activo de adaptación y respuesta a los estímulos para recuperar y mantener la estabilidad interna, lo que a menudo implica realizar un **cambio dinámico en el punto fijo de un sistema**, es decir, creando una nueva homeostasis. En el marco de la neurociencia de la salud, el ser humano se conceptualiza como un **sistema de alostasis autoorganizado**, donde el cuerpo y la mente cooperan activamente a través de los sistemas nervioso autónomo y endocrino para autorregularse y restaurar el equilibrio, permitiendo transiciones dinámicas a lo largo de un continuo de salud y enfermedad.

Sin embargo, este sistema adaptativo conlleva un coste biológico sustancial cuando las demandas del entorno se prolongan de manera persistente. La **carga alostática** representa el desgaste acumulativo y colectivo que sufren los sistemas corporales debido a una respuesta al estrés excesivamente repetida, exagerada o que simplemente no logra desactivarse de forma oportuna. Sus efectos específicos se explicarán en detalle en el Tema 5. Por este motivo, la neurociencia de la salud impulsa el entrenamiento de las capacidades innatas de **autorregulación y autoequilibrio** del individuo (salutogénesis) mediante estilos de vida saludables, permitiendo amortiguar el desgaste de la carga alostática y sostener la vitalidad cerebral a lo largo de todo el ciclo vital.

© 2026 - Joaquín Castillo Escamilla