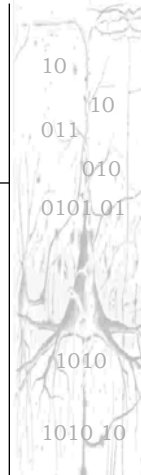


Tema 3. MODELOS

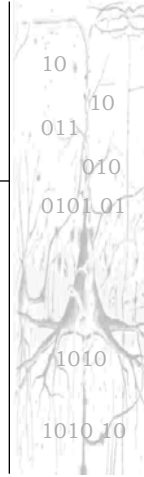


CONTENIDOS

FUNDAMENTOS

1. Modelos computacionales.
2. Computación y Neurociencia.
 - 2.1 Apoyo Informático a la investigación experimental.
 - 2.2 Modelos del cerebro:
 - A. Realistas – biológicos.
 - NEURON
 - GENESIS
 - MCELL
 - B. Conexionistas – RNA.
 - C. Estadísticos o simbólicos.

MODELOS COMPUTACIONALES



MODELOS COMPUTACIONALES

MODELO: Representación de un **sistema real**. Gracias a su construcción pueden obtenerse resultados importantes y posee utilidades diversas:

- Es un medio que permite resolver problemas científicos estableciendo relaciones entre datos que a simple vista se presentan aislados.
- Sirve para poner a prueba teorías, suposiciones o hipótesis.
- Hace surgir nuevas dudas e interrogantes, lo que llevará a posteriores pruebas y afianzamiento de nuevos descubrimientos.

MODELOS COMPUTACIONALES

- El **lenguaje formal** en el que se describe un modelo facilita el poder discriminar y abstraer conceptos complejos.
- Puede abordar el estudio de un sistema complejo **descomponiéndolo** en elementos más sencillos y posteriormente integrarlo para estudiar su funcionamiento global.
 - Difícil aislar los subsistemas de un ser vivo y determinar sus límites con precisión, ya que todos están interrelacionados.

MODELOS COMPUTACIONALES

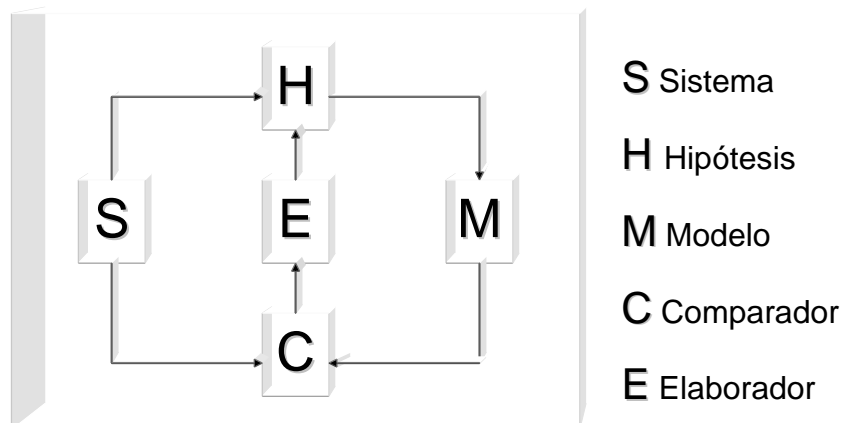
- **Construir un modelo:** encontrar un marco de referencia adecuado que permita interpretar datos experimentales.
- Los modelos, aunque sean incompletos, **si son suficientemente representativos de nuestro conocimiento de la realidad**, pueden ser de gran ayuda debido a que en el sistema existen normalmente:
 - Limitaciones para obtener información.
 - Limitaciones del sistema debidas a su estructura.

MODELOS COMPUTACIONALES

- Aunque la utilización de modelos tiene muchas ventajas, **hay que manejarlos con cierto cuidado**. Por ejemplo:
 - A un sistema le llega una entrada del exterior y el sistema la analiza, modifica y produce una salida al exterior.
 - Si la señal de entrada va acompañada de ruido, la equivalencia entre el comportamiento del sistema real y el modelo puede no ser total.
 - De todas formas el modelo puede dar una idea de lo que ocurre en el sistema real.
- El comportamiento de cualquier modelo sometido a estímulos adecuados, "simulará" el funcionamiento del sistema real estudiado.

MODELOS COMPUTACIONALES

PROCESO DE MODELIZACIÓN



MODELOS COMPUTACIONALES

- Se considera que el modelo y el sistema a modelizar **son equivalentes**:
 - Si ofrecen el mismo comportamiento frente a excitaciones equivalentes.
- Se procura que el modelo posea el **número de características más simplificado posible** que dé origen al comportamiento esperado, cuidando **no omitir ningún parámetro importante**.
- Las **diferencias comprobadas** entre los resultados de una simulación y la experimentación:
 - Permiten mejorar la construcción del modelo, dando la posibilidad así de **adaptar mejor el modelo al sistema real**.

MODELOS COMPUTACIONALES

CONSIDERACIONES IMPORTANTES:

- A la construcción de un modelo le sigue su **validación**:
 - Se compara su comportamiento con el del sistema que representa: mecánico (coche), biológico (neurona), etc.
- Se intentan **descubrir características del modelo que no fueran previstas** inicialmente.
- Importante verificar si el **nivel de estudio es adecuado**:
 - Por ejemplo, una neurona puede ser estudiada a nivel: bioquímico, fisiológico, informático, etc.

MODELOS COMPUTACIONALES

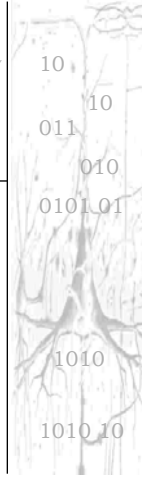
- En el sistema nervioso, un proceso relevante a modelizar puede ser:
 - **Subcelular**: mecanismos de membrana.
 - **Entrada y salida** de una neurona, considerada aisladamente y como una unidad funcional.
 - Funcionamiento de **redes de neuronas** con relaciones intercelulares complejas.
 - **Correspondencias** entre redes de neuronas y el propio comportamiento global del organismo con respecto a su medio.
- Uno de los principales problemas: unificación terminológica.
 - Se precisarán **equipos multidisciplinares** para avanzar en un área compleja.

CONTENIDOS

FUNDAMENTOS

1. Modelos computacionales.
2. **Computación y Neurociencia.**
 - 2.1 Apoyo Informático a la investigación experimental.
 - 2.2 Modelos del cerebro:
 - A. Realistas – biológicos.
 - NEURON
 - GENESIS
 - MCELL
 - B. Conexionistas – RNA, RNGA.
 - C. Estadísticos o simbólicos.

COMPUTACIÓN Y NEUROCIENCIA:



APOYO A LA EXPERIMENTACIÓN

- La **Computación** aporta a la **Neurociencia** tanto nuevas herramientas como nuevas metodologías de trabajo.
- Algunas herramientas computacionales son programas informáticos que ofrecen múltiples posibilidades en el laboratorio tradicional.
- Las aplicaciones usuales son:
 - Presentación de estímulos: En experimentos relacionados con sistemas sensoriales es importante la precisión de los estímulos así como la exactitud en aspectos tales como la velocidad, la orientación, la intensidad, el brillo, etc.

APOYO A LA EXPERIMENTACIÓN BIOLÓGICA

- Más aplicaciones usuales:
 - Recogida y etiquetado de datos: la cantidad de datos puede ser elevada, hay que almacenarlos y etiquetarlos convenientemente para reconocer el tiempo en el que se han tomado, la vía de la que proceden, las condiciones en las que se llevó a cabo el proceso, etc.
 - Control del experimento: Las computadoras se ocupan de sincronizar la presentación de estímulos, tiempo de cada evento, etc.
 - Análisis de datos: programas estadísticos, de gráficos, etc.
 - Toma y reconstrucción de imágenes 3D: Mediante programas asociados a microscopía confocal, TAC, Resonancia, etc.

MODELOS COMPUTACIONALES EN NEUROCIENCIA

TIPOS DE MODELOS DEL CEREBRO:

1. **REALISTAS**: Concretar o especificar las estructuras conocidas de los sistemas biológicos y posterior estudio del comportamiento que ocasionan. Suelen ser utilizado por los científicos.
2. **CONEXIONISTAS**: Lo suelen utilizar los ingenieros. Consiste en especificar un comportamiento e intentar construir unas estructuras que lo ejecuten.
 - McCulloch y Pitts, Wiener y Von Neumann hicieron estudios sobre Cibernética y teoría de autómatas para la integración biológica con métodos de ingeniería. Son McCulloch y Pitts quienes proponen en 1.943 el modelo de neurona artificial que lleva su nombre.
3. **ESTADÍSTICOS O SIMBÓLICOS**. Analizan la dinámica de conjuntos de neuronas y pretenden modelar funciones cognitivas de alto nivel, como el razonamiento o la capacidad de resolución de problemas.

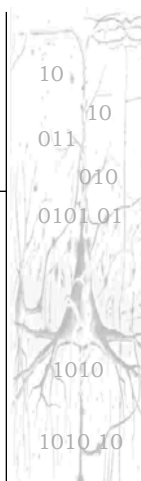
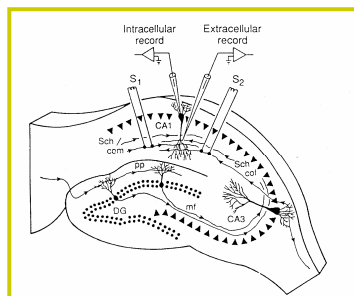
MODELOS COMPUTACIONALES EN NEUROCIENCIA

SE ANALIZARÁN LOS DOS PRIMEROS TIPOS:

1. **REALISTAS:** Modelos computacionales biológicos. Se analizará un ejemplo de su aplicación:
 - Corriente AHP en Neuronas Piramidales de Hipocampo.
2. **CONEXIONISTAS:** Redes de Neuronas Artificiales.

MODELOS REALISTAS

Modelos Computacionales Biológicos



MODELOS COMPUTACIONALES REALISTAS

- Modelos en Neurociencia creados con el fin de aumentar el conocimiento existente sobre el sistema nervioso.
- El sistema nervioso es increíblemente complejo.
- Existen diversas maneras de analizar la estructura del sistema nervioso:
 - Técnicas de tinción.
 - Scanners cerebrales.
 - Medición de corrientes y voltaje con microelectrodos.
 - Pruebas clínicas: electroencefalogramas, electromiogramas, etc.

MODELOS COMPUTACIONALES REALISTAS

- En neurofisiología, neuroanatomía y cibernética los investigadores solo pueden analizar destruyendo parcialmente. Ejemplos:
 - Introduciendo un microelectrodo en el sistema nervioso, se pueden obtener datos de gran detalle local, pero también se habrá causado un pequeño trauma.
 - Un ciberneta que estudie el comportamiento de animales puede producir una lesión intelectual.
- Cada técnica empleada permite analizar un cierto fenómeno o varios, pero no todos.
- Necesario **reunir los resultados de todas las técnicas** para conseguir una visión completa.

MODELOS COMPUTACIONALES REALISTAS

NO SE PUEDE DECIR CUÁL ES LA MANERA MÁS ADECUADA DE AVANZAR EN INVESTIGACIÓN, PERO:

- Es necesario que el investigador tenga el **asesoramiento y preparación adecuados** en los temas implicados en el trabajo que va a realizar.
- En estudios con los modelos computacionales se evitará la **destrucción**, aunque fuera parcial.

TAREA MUY DIFÍCIL Y DE MÁXIMA IMPORTANCIA

Reunión de científicos de todas las áreas implicadas en el modelo a construir, consiguiendo que se entiendan entre ellos: **idioma común**.

MODELOS COMPUTACIONALES REALISTAS

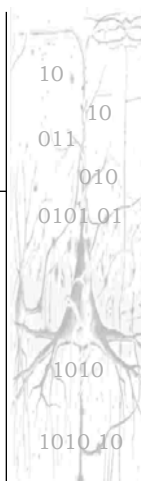
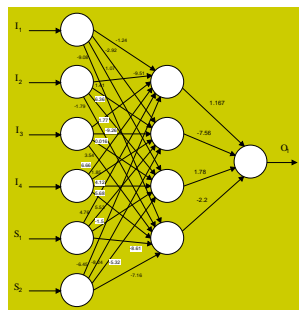
- El diseñador del modelo tiene acceso a cada una de las variables y puede definir escenarios similares a los experimentales con el objetivo de comparar resultados simulados con los reales.
- Esta flexibilidad es imposible de conseguir con las técnicas de la neurociencia clásica.
- **Pasos para la construcción del modelo:**
 - Toma de datos. Dependen del problema:
 - Dinámica de una neurona: registros in vitro e in vivo.
 - Proceso cognitivo de alto nivel: técnicas de imagen.
 - Elaboración de hipótesis. En función de las evidencias experimentales y del nivel de descripción (molecular, neuronal, sinapsis, etc).

MODELOS COMPUTACIONALES REALISTAS

- Determinación de los mecanismos biofísicos y bioquímicos neuronales que podrían explicar los fenómenos observables y los datos recogidos.
- Determinación de los modelos matemáticos apropiados para representar las hipótesis sobre los mecanismos anteriores.
- Selección de métodos numéricos: traducen las ecuaciones matemáticas a algoritmos.
- Simulación computacional: Traducir el algoritmo a un lenguaje de programación en simuladores neuronales.

MODELOS CONEXIONISTAS

Redes de Neuronas Artificiales



RR.NN.AA.

- **Sistemas Conexionistas, RR.NN.AA.,** Sistemas Neuromórficos. Permiten elaborar numerosos tipos de modelos que actúan en ámbitos muy diversos.
- Los sistemas de computación secuencial, tienen éxito en:
 - Resolución de problemas matemáticos o científicos
 - Creación, manipulación y mantenimiento de bases de datos
 - Comunicaciones electrónicas
 - Procesamiento de textos, gráficos y auto edición,
 - Incluso en funciones de control de electrodomésticos, haciéndolos más eficientes y fáciles de usar
- Pero presentan una gran incapacidad para interpretar el mundo real o para manejar el conocimiento natural.

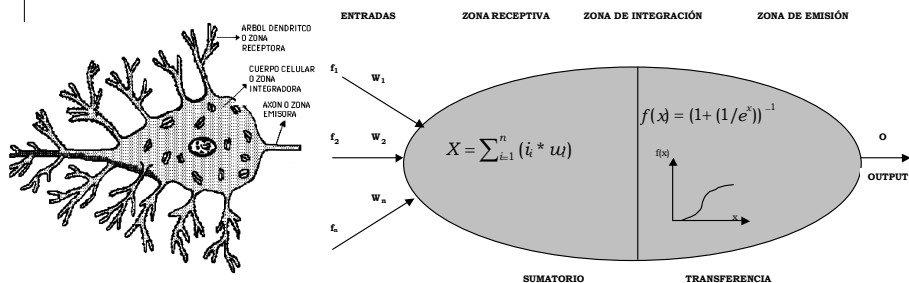
RR.NN.AA. EMULAN EL CEREBRO HUMANO

- Sistemas que permitan solucionar problemas cotidianos, tal como lo hace el cerebro humano.
 - El cerebro aprende, sin instrucciones explícitas de ninguna clase, a crear las representaciones internas que hacen posibles estas habilidades
- Gran número de investigadores centran su atención en el desarrollo de nuevos sistemas de tratamiento de la información.
- El cerebro cuenta con varias características deseables para cualquier sistema de procesamiento, tales como:
 - Es robusto y tolerante a fallos, diariamente mueren neuronas sin afectar su labor.
 - Es flexible, se ajusta a nuevos ambientes por aprendizaje, no hay que programarlo.
 - Puede manejar información difusa, con ruido o inconsistente.
 - Es altamente paralelo.
 - Es pequeño, compacto y consume poca energía.

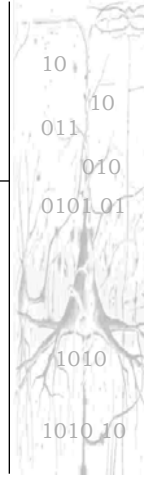
RR.NN.AA. EMULAN EL CEREBRO HUMANO

- Basados en la eficiencia de los procesos llevados a cabo por el cerebro, e inspirados en su funcionamiento, varios investigadores han desarrollado desde hace más de 50 años las **RR.NN.AA.**
- “**Emulan**” las redes de neuronas biológicas, y se han utilizado para aprender estrategias de solución basadas en ejemplos de comportamiento típico de patrones.
- Estos sistemas no requieren que la tarea a ejecutar se programe:
 - Generalizan.
 - Aprenden de la experiencia, esto es, socráticamente.
- El conocimiento de una red de neuronas artificiales no se almacena en instrucciones, el poder de la red está en su topología y en los valores de las conexiones (pesos) entre neuronas.

RR.NN.AA. Comparación entre el elemento biológico y el formal



Conclusiones



CONCLUSIONES

- **Informática y Neurociencia** unidas pretenden alcanzar unos objetivos que beneficien el avance científico en ambas:
 - Comprender cómo funciona el cerebro, intentando reproducir en el laboratorio diferentes fenómenos y comportamientos de los seres vivos.
 - Construir máquinas y sistemas que presenten un comportamiento inteligente.

CONCLUSIONES

- Alcanzar el primer objetivo “Comprender cómo funciona el cerebro” beneficia:
 - Directamente a la **Neurociencia** porque trata de ayudar a desvelar el gran misterio que es todavía el funcionamiento del sistema nervioso.
 - También beneficia a la **Informática** ya que cuantos más conocimientos se posean sobre el cerebro más fielmente podremos plasmarlos para construir sistemas y máquinas con comportamientos más inteligentes.

CONCLUSIONES

- Conseguir el segundo objetivo “Construir máquinas y sistemas que presenten un comportamiento inteligente” beneficia:
 - Directamente a la **Informática** - sistemas con mayores capacidades de procesamiento.
 - Además beneficia a la **Neurociencia** - cuanto más evolucionen los sistemas informáticos, mayores facilidades para estudiar el sistema nervioso:
 - Se podrán **probar más fielmente las hipótesis** que se planteen en los laboratorios de Neurociencia.
 - Puede que en la computadora **se expliquen fenómenos biológicos no entendidos** todavía.