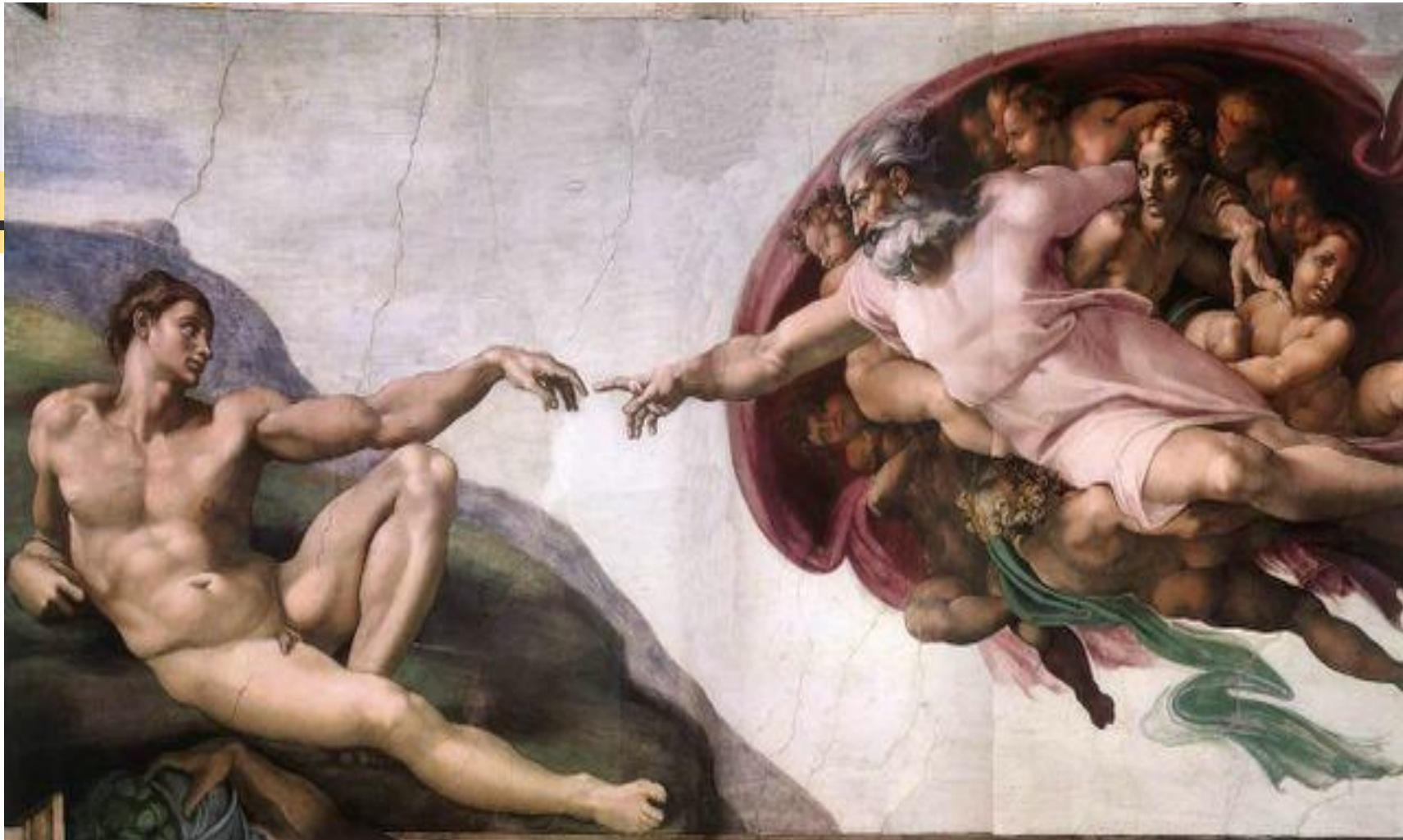


# **SISTEMAS INTELIGENTES. 2020-21.**

## **Tema 7.1.- Sistemas Conexionistas : Origen y Contexto**





# Evolución histórica de los Sistema Inteligentes

---

- Desde el pasado más remoto se hacen intentos de emular, o al menos simular alguna de las facetas de los seres vivos y en concreto la Inteligencia. Esto se refleja en el aspecto físico en la construcción de “autómatas y homúnculos” que funcionan como herramientas o máquinas, en el intelectual creando artilugios que desarrollen, o al menos potencien, la inteligencia, y en el sentido metafísico creando seres semejantes al hombre mismo “ex nihilo”, es decir, a partir de lo inerte (Frankenstein, Robots Universales de Rossum,...).
- En el **aspecto físico** ya se constató el uso de estatuas animadas en ceremonias mágico-religiosas, en Egipto, dónde las estatuas reproducían los movimientos más cotidianos. Se continua con la fabricación de herramientas de cálculo, de relojería y autómatas que son entes cuyos mecanismos actúan en virtud de una estructura interna, la acción procede de una adecuada organización de las fuerzas motrices, y los más perfeccionados son móviles pudiendo desplazarse todo el conjunto.



# Evolución histórica de los Sistema Inteligentes

- Los griegos aportan muchas realizaciones como la "Paloma" de Architas de Tarente, los Automatismos defensivos en Siracusa" de Arquímedes contra la flota romana, los "Actores de la Guerra de Troya" de Hero de Alejandría, etc. En la época alejandrina se inventan todo tipo de mecanismos automáticos combinando pistones, sifones, ruedas dentadas, levas, etc., para diseñar y construir figuras móviles, lavabos automáticos, maquinarias escénicas, etc.
- Referente a la faceta de **potenciación de la Inteligencia**, es en la mitología griega donde aparecen las primeras referencias a los androides, definiendo a Talo (robot de bronce, para unos obra de Dédalo, para otros de Zeus y para los más de Hefestos – dios del fuego y las forjas) como invulnerable defensor de la isla de Minos (Regalo de Hefestos. Recorría la isla 3 veces al día), que moriría desangrándose por su única vena cuando Medea le quitó el alfiler que le taponaba su sistema circulatorio.
- También cuenta Homero en la Iliada, la visita que hace la diosa Tetis al taller automatizado del Dios Hefestos para encargarle una armadura para su hijo Aquiles. Decía Tetis que los dos androides de oro macizo de Hefestos **tenían inteligencia en su mente**. Esta es la primera referencia conocida de la Inteligencia Artificial.



# Evolución histórica de los Sistema Inteligentes

---

- Las épocas romana y bárbara son nefastas para la Ciencia y la Tecnología. Se preocupaban más de la guerra y las conquistas, sin olvidarnos de el Derecho, la Ingeniería y la Construcción en obra civil: carreteras, acueductos, etc.
- En la Edad Media, reaparecen siendo destacable San Alberto Magno con su "mayordomo" (recibía y despedía a los visitantes), Leonardo con su "león florido y animado" (descubre su pecho ante Luis XII a su entrada en Milán, y en lugar de corazón tenía una flor de lis) y Ramón Lull con el "Ars Magna", método lógico que ensaya exhaustiva y sistemáticamente todos los medios permitidos hasta llegar a la solución de un problema (a partir de todos los principios elementales en que se puede subdividir un problema se ensayan todas las posibles combinaciones entre ellos hasta obtener la solución al problema. Computacionalmente es poco eficaz).



# Evolución histórica de los Sistema Inteligentes

---

- Ya en la edad moderna se logran gran número de realizaciones:
  - “Golem” de Loew (XVI) RABINO DE PRAGA (Robot Mongoloide que se emancipa).
  - “Malzel Chess Automaton” de VON KEMPELEN. EDGAR A. POE (1894) demuestra “lógicamente” su falsedad
    - Cálculos fijos y determinados por su propia naturaleza (aritméticos y algebraicos)
    - Proceso con pasos fijos sin cambios ni modificaciones (sólo dependiente de los datos iniciales)
    - En ajedrez no hay jugadas predefinidas (No se puede predecir, por alguna disposición particular de las figuras en un periodo de una partida su disposición en un periodo diferente).
  - “Androides” de los relojeros de la familia Droz (dos niños y una dama, Museo de Neuchatel, Suiza), que escribían mensajes de hasta cuarenta caracteres, dibujaban, y tocaban el órgano. Inquisición
  - Vaucanson con “tocador de flauta”, “tocador de caramillo” y “pato”.
- A diferencia con los clásicos, salvo en el caso del Golem, aquí se pensaba y ejecutaba un programa para cambiar las acciones. En los griegos eran órdenes de sus dueños



# Evolución histórica y precursores en las Bases Biológicas

---

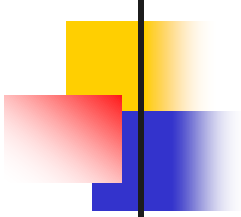
- Precursores en las **Bases Biológicas** (1.890- 1.940):
  - Son **Cajal** con **Sherrington** y **Pavlov** los tres hombres que más han hecho por acercar a una explicación experimental el misterio del procesamiento de la información en el cerebro.
  - **Williams** (1.890) describe el primer sistema subsimbólico afirmando: "cuando dos procesos cerebrales están en activo conjuntamente o cuando existe una inmediata sucesión, uno de ellos tiende a propagar la excitación al otro".
  - **Lashley** (1.900) es el primero en estudiar cómo almacenar y procesar información utilizando para ello una representación distribuida de la misma.



# Evolución histórica y precursores en las Bases Biológicas



- **Precursores en las Bases Biológicas**
- **Cajal.** J. McCulloch (1.952), refiriéndose a Cajal, dice: "su teoría neuronal ha sido tan fuertemente establecida como la base de nuestra Ciencia, que nosotros ignorábamos qué pasaba antes, y hemos olvidado que él fue el primero que lo propuso". En 1.895, Cajal sienta las bases de lo que él ya llamaba, en aquellos tiempos "Ingeniería Neuronal".
  - Dos reflexiones de **Cajal** realizadas hace un siglo:
    - A)** "La superioridad funcional del SN de los humanos estaría relacionada con la abundancia prodigiosa y con la cuantía considerable de las llamadas neuronas de axón corto" ya que no se encuentran diferencias cualitativas entre las células del SN de los humanos y de los animales
    - B)** "En las zonas del SN dónde se procesa el conocimiento más sofisticado desde el punto de vista cognitivo, el índice de Glía llega a ser 50/1 con respecto al número de neuronas".

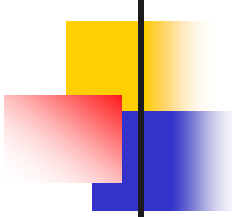


# Evolución histórica y precursores: **Escenario multidisciplinar para el desarrollo de un nuevo área de trabajo**

---

- Los estudios interdisciplinarios florecen en el siglo XIX cuando Hemholtz, Maxwell y Mach hacen su contribución en Física, Fisiología y Neurofisiología logrando con su colaboración conjunta grandes avances en Matemáticas, Física y Fisiología. Con la “explosión científica” del siglo XX surge la alta especialización, creándose un “clima” perjudicial para los estudios interdisciplinarios que aún persiste, en cierta medida, en la actualidad.
- En las Sistemas Inteligentes Subsimbólicos intervienen diferentes áreas de la ciencia: ciencias básicas (matemáticas, física, química, ...), ciencias de la vida (biología, medicina,...), computación, psicología, etc.

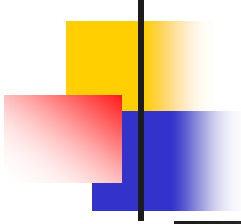




# Evolución histórica y precursores: **Escenario multidisciplinar para el desarrollo de un nuevo área de trabajo**

---

- Debido a esta multidisciplinariedad aparece, en primer lugar, el problema de la unificación terminológica entre los investigadores.
- Prueba de ello es que todavía no existe consenso en cómo han de llamarse estas agrupaciones de elementos que son capaces en su conjunto de tener comportamientos o realizar acciones inteligentes. Así, algunos autores las denominan “redes neuronales”, “sistemas conexionistas”, “sistemas neuromórficos”, “sistemas de procesamiento paralelo”, etc.
- Nosotros vamos a denominarlas “Redes de Neuronas Artificiales”, para hacer referencia tanto a la arquitectura de estos sistemas como a las características propias de sus elementos constituyentes. Así, intentamos expresar su similitud con los sistemas biológicos aunque no su equivalencia dadas las grandes diferencias constitucionales de sus elementos.



# Evolución histórica y precursores: **Escenario multidisciplinar para el desarrollo de un nuevo área de trabajo**

---

- El confusionismo no se ciñe exclusivamente a la terminología, sino que este es, en parte, el producto resultante de la confusión conceptual que reina en este campo, llegando incluso a lo que algunos llaman la “esquizofrenia” de la Inteligencia Artificial, representada por las dos ramas o enfoques conceptuales clásicos de las misma y a las nuevas aproximaciones adaptativas:
  - Simulación o “cognoscitivo”. Paradigma: Sistemas Expertos
  - Emulación o “conexionista”. Paradigma: Redes de Neuronas Artificiales
  - Nuevos sistemas adaptativos: Algoritmos Genéticos, Sistemas Sociales, Sistemas de Coevolución, Sistemas de Vida Artificial,...
- Todo este confusionismo, tanto terminológico como conceptual se agrava, incluso con descalificaciones personales y enfrentamientos entre los miembros de las distintas tendencias durante alguna décadas.



# Evolución histórica y precursores

---

- Son de destacar los constructores de máquinas automáticas como:
  - **Pascal** (gran teórico e ingeniero de automatismos)
  - **Leibnitz** (creador de un sistema binario, con el que pretenderá demostrar la existencia de Dios y convertir al catolicismo al emperador de oriente, Álgebra universal)
  - **Freege** (creador de un sistema notacional para el “pensamiento mecánico”)
  - **Boole** (crea un álgebra para “representar el conocimiento”)
  - **Zuse y Sreyers** (1940) con la 1ª computadora
  - **Charles Babbage** y su colaboradora en la construcción de la máquina analítica **Ada Augusta Byron Lovelace**, quién establece el régimen que lleva su nombre “Régimen de Lovelace” (ambos eran buenos como científicos y malos como ingenieros), donde dice que dicha máquina “no tiene pretensión alguna de originar nada. Puede hacer todo aquello que sepamos como ordenarle que haga y su misión es facilitar lo ya conocido”.



# Evolución histórica y precursores

---

- Esto fue rebatido después de un siglo por los programas :
  - Programa “Teórico Lógico” (Ernst, Newell y Simon): en 1.957 encuentran la prueba de un teorema de lógica-matemática que ni Bertran Russell ni North Whitehad habían podido ver.
  - “General Problem Solver” (Shaw, Newell y Simon): en 1.963 comienzan su construcción logrando con su análisis medios-fines, establecer metas y planes para alcanzarlos adaptativamente. Capaz de organizar una serie de subprogramas orientados a un fin.
  - “Programa para jugar a las damas” (Samuel): en 1.959 gracias a la capacidad de aprendizaje del programa fue capaz de vencer a su creador.
- El desarrollo de la IA se inicia con los deseos de Charles Babbage de que su máquina analítica sea capaz de jugar al ajedrez y “piense, aprenda y cree”.
- El verdadero punto de inflexión (arranque) se sitúa en el año 1943 con la publicación simultanea de tres trabajos teóricos relacionados con la cibernética de Wiener (ciencia de la comunicación y el control en y entre los animales).



# Evolución histórica y precursores

- **Los precursores computacionales (1.940-1960):**
  - **Rosembueth, Wiener y Bigelow**, en el MIT, donde **sugieren distintas formas de conferir fines y propósitos a las máquinas, es decir, hacerlas teleológicas.**  
***"Behaviour, Purpose and Teleology" (1943).*** Su finalidad última era encontrar un conjunto de principios sencillos que explicaran las actividades de la mente humana, representando igualmente bien las operaciones del cerebro y las actuaciones de artilugios simuladores, sin necesidad de identificar cerebros con máquinas, ni siquiera de explicar los procesos cerebrales sobre la falsa equidad de procesos mecánicos previamente concebidos que los simulen.
  - **Craik (Universidad de Cambridge)**, establece la capacidad de abstracción de las máquinas.  
***"The Nature of Explanation" (1943).*** Dónde propone que las máquinas empleen modelos y analogías en la resolución de problemas, esto es, **establecer la capacidad de abstracción de las máquinas.**



## Evolución histórica y precursores

---

- **Los precursores computacionales (1.940-1960):**

- **W. McCulloch** (Facultad de Medicina de la universidad de Illinois) y **W. Pitts** (matemático del MIT) los cuales se basaron en unos trabajos previos de **Shannon** (creador de la teoría de la comunicación, quien **modeló el comportamiento de los circuitos eléctricos con el Algebra de Boole**, estableciendo así la conexión entre la expresión formal de la Lógica y un medio para automatizar esa lógica con circuitos eléctricos)

***"A Logical Calculus of the Ideas Inmanent in Nervous Activity" (1943).*** Pusieron de manifiesto de que modo las máquinas podían emplear los conceptos de la lógica y de la abstracción y demostraron cómo cualquier ley de entrada-salida podía modelizarse con una red de neuronas formales por ellos definidas. En ese tiempo se pensaba que las neuronas eran binarias, lo cual era inexacto, resultando por tanto su labor infructuosa en cierta medida, pero que servirá de base para los estudios actuales que buscan leyes y modelos de funcionamiento del sistema nervioso.



## Evolución histórica y precursores

---

- En **1.948** se celebra en Caltech, el famoso y reconocido Instituto Tecnológico de California, el **Symposium Hixon** sobre los mecanismos cerebrales en el comportamiento, donde participan, entre otros, el ya citado **Von Neumann** y un joven matemático llamado **John McCarthy**.
- McCarthy había oído la charla de Von Neumann y esta le hace considerar el problema de hacer máquinas que piensen. Será, en **1.956**, el denominador común de dos acontecimientos que lo convertirán en el catalizador científico y tecnológico de la Inteligencia Artificial. El primero es la **publicación de su artículo "Inversion of Functions Defined by Turing Machines"**, donde establece formalmente el problema de la IA. Y el segundo es la **organización del "Darmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence"**, en ese verano de 1.956.





## Evolución histórica y precursores

---

- Para ello, junto con Shannon, Minsky y Rochester enviaron una propuesta a la Fundación Rockefeller en los siguientes términos:

“Proponemos que se lleve a cabo un estudio de 2 meses con 10 personas sobre IA...”. Siendo esta la primera vez que se utilizó dicha expresión y fue acuñada por el propio McCarthy.



## Evolución histórica y precursores

---

- **Los precursores computacionales (1.940-1960):**
  - **Hebb (1.949)** propone un sistema de aprendizaje para la modificación de la sinapsis denominado "**Regla de Aprendizaje Sináptico**" o "Regla de Hebb", donde postula que: "una vía de neuronas es reforzada cada vez que dicha vía es usada".
  - **Rochester**, en los **años 50** realiza con relativo éxito **modelos de RNA** basándose en trabajos previos de Hebb.



# Evolución histórica y precursores

---

## ■ Los precursores computacionales:

- **A. Turing** con su computadora "Colossus" para descifrar la máquina alemana del cifrado "Enigma", y por la concepción teórica de la "Máquina de Turing", "madre" de todas las computadoras convencionales actuales. "Me propongo examinar la pregunta siguiente: **¿pueden pensar las máquinas?**".
- sus trabajos sobre autómatas **J. Von Neumann**, "padre" de las computadoras actuales basadas en la lógica booleana. En 1.958 publica el libro "The computer and the Brain« dónde establece relaciones directas entre el cerebro y la computadora. Propone su arquitectura secuencial, sus trabajos sobre autómatas y sus relaciones entre cerebro y las computadoras (presentados post-mortem en la Universidad de Yale.



# Evolución histórica y precursores

---

- **Los precursores computacionales (1.940-1.960 ):**
  - Un psicólogo, **Rosenblatt**, entre **1.958 y 1.962**, presenta el **Perceptron**, máquina con un comportamiento adaptativo capaz de reconocer patrones dotado de la regla del aprendizaje denominado de "autoasociación", donde el estímulo y la unidad de respuesta están asociadas por la acción de las entradas.
  - En **1.959**, **Widrow y Hoff** desarrollan **ADALINE** (Neurona Adaptativa Lineal) que conformarán las **MADALINES**, las cuales son las **primeras RNA aplicadas a un problema del mundo real**, puesto que se utilizaron como filtros adaptativos para eliminar ecos y ruidos en las líneas telefónicas comerciales.



# Declive de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

---

- El declive de la Inteligencia Artificial de Emulación o subsimbólica dura hasta casi paralizarse durante 20 años, se produce a partir de:
  - La publicación del libro de **Minsky y Papert, en 1.969**, titulado "**Perceptrons**", donde demuestran las limitaciones en lo que los Perceptrones podían aprender a reconocer y sugieren que, probablemente, no se encontraría solución al problema del aprendizaje en las capas ocultas.
  - "**Informe Lighthill**", emitido en **1.973**, el cual desautorizó los objetivos de la Inteligencia Artificial al considerar que, desde el punto de vista científico, Gödel había demostrado que no era factible formalizar, en lógica de primer orden, las teorías científicas y que, por tanto, **no era posible crear una teoría automatizada de la inteligencia**.



# Renacimiento de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos con fuerte Inspiración Biológica

---

- Resurgir e Impulsores de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos de Inspiración Biológica
  - **Anderson**, un neurofisiólogo que, en esta época, hace las primeras aproximaciones a la "**Memoria Lineal Asociativa**" en **1.969** .
  - **Fukushima** que desarrolla el "**Cognitron**" y el "**Neocognitron**" entre los años **70 y 80**.
  - **Grossberg**, un psicólogo que propone entre otras cosas, en **1.967** la "**Teoría de la avalancha**" y creará junto con **Amari, McClelland, Rumelhart, Edelman, Reeke, Kohonen, Kosko** y otros investigadores nuevos modelos de células, arquitecturas y algoritmos de aprendizaje que servirán de base a los modelos más investigados actualmente, los denominados "**Modelos Biológicos**".



# Renacimiento de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos con fuerte Inspiración Biológica

---

- **Hopfield**, presenta en los primeros **años 80**, con una fuerte fundamentación matemática y de forma coherente, el modo de trabajar de los **modelos de Sistemas inteligentes de Emulación**. Fue clave su claridad y el análisis matemático en los modelos analizados, mostrando cómo deberían trabajar las RNA.
- La "**Máquina Conexionista**" presentada a **mediados de los 80** por **Daniel Hillis**, consta de más de 65.500 elementos de procesamiento de información dispuestos en paralelo, **representó durante mucho tiempo el mayor logro "hardware"** realizado dentro del mundo de la inteligencia artificial.



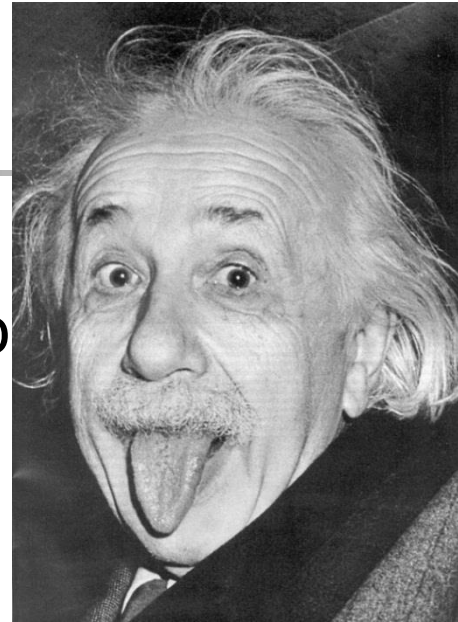
# IA como ciencia y como ingeniería.

- Todos tenemos clara la diferencia entre un sistema biológico inteligente y otro artificial.

Por un lado, tenemos a

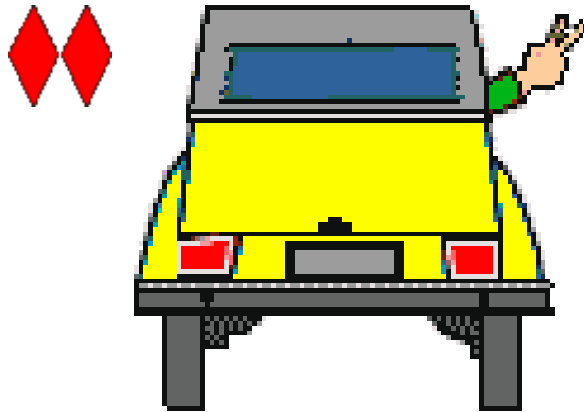
**Albert Einstein** y, por otro, a

**ASIMO** "*Advanced Step in Innovative Mobility*" (paso avanzado en movilidad innovadora), que es un robot humanoide creado en el año 2000 por la empresa Honda. Mide 130 cm, pesa 54 kg y cuenta con varias aplicaciones procedentes de la IA: puede identificar y coger objetos, entender y dar respuesta a órdenes orales e incluso reconocer las caras de algunas personas. Además de una movilidad muy "humanoide"



# IA como ciencia y como ingeniería.

- Incluso tenemos bastante claro **cómo se pueden crear** cada uno de ellos



# IA como ciencia y como ingeniería.

Lo que no está tan claro es como conseguir dotar de inteligencia a un sistema artificial. Para ello, es necesario primero definir la inteligencia.



***Se podría definir la inteligencia como una cualidad que da lugar a interpretaciones tendenciosas, imposible de cuantificar, cambiante a lo largo de la historia, establecida como lo que todavía no existe y que, además, no conserva las realizaciones que concluyen en éxito.***

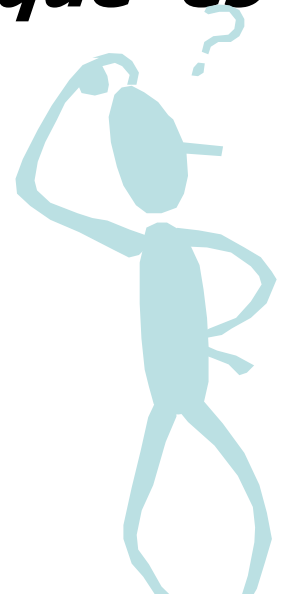
- Según André Malraux en "La condición Humana", a la pregunta ¿Qué es la inteligencia?, el interlocutor siempre contesta con el retrato de su deseo.
- Para Aristóteles eran inteligentes "las personas capaces de sumar".
- Aún estamos lejos de pensar en obtener sistemas artificiales con todas las características de los sistemas inteligentes biológicos.
- Se han implementado y desarrollado muchos productos que partiendo del ámbito de la Inteligencia Artificial. Una vez que han tenido éxito, han dejado de ser considerados productos de IA



## IA como ciencia y como ingeniería.

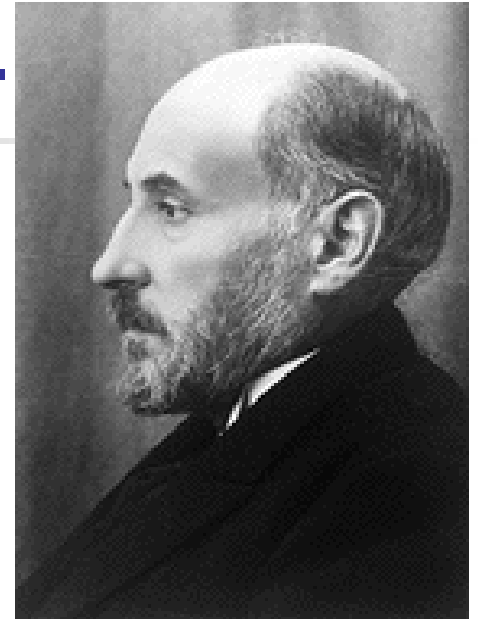
---

- Una definición útil de IA podría ser que es ***"la rama de la ciencia que se encarga del estudio e implementación de sistemas artificiales que presentan un comportamiento que si lo llevara a cabo un humano, se diría que es inteligente"***.



## IA como ciencia y como ingeniería.

- Una definición más formal e ingenieril sería: ***"La IA es el estudio del comportamiento inteligente y su implementación en elementos artificiales que lo reproduzcan"***
- *Las principales figuras de esta rama de la Ciencia y de su consecuente implementación como Ingeniería son: **Santiago Ramón y Cajal, Von Neumann, Turing,...***



# IA como Ciencia y como Ingeniería.

- Alan M. **Turing (1950)**, define ser inteligente como:
  - *"ser amable, hermoso, amistoso, tener recursos, iniciativa, sentido del humor, distinguir el bien del mal, cometer errores, enamorarse, disfrutar de las fresas con nata, hacer que alguien se enamore de él, aprender de la experiencia, utilizar las palabras con propiedad, ser el sujeto de su propio pensamiento, comportarse de maneras tan diversas como las personas, hacer algo nuevo de verdad"*





# Inteligencia Artificial

---

Para **Schank**, los seres inteligentes presentan, al menos, las siguientes características:

- ***Capacidad de Comunicación:*** Lenguaje u otros modos
- ***Consciencia y Conciencia:*** Conocimiento de la realidad y de reconocerse en ella por recepción de estímulos externos e internos y capacidad ética (discernir el bien del mal)
- ***Conocimiento del entorno:*** Incluye encontrar y visualizar la información del entorno. Memorizar y proyectar el pasado al “hoy sostenido” (aspectos inevitables)
- ***Intencionalidad:*** Capacidad de fijarse objetivos y comportamiento guiado por las metas
- ***Inferencia y Razonamiento:*** Supone capacidad de abstracción, de analogía y de poseer sentido común. El conocimiento es más que la suma de las partes.





# Inteligencia Artificial

---

- ***Indexación:*** organización eficiente del conocimiento
- ***Aprendizaje:*** Wiener dice que “si la transformación de una entrada al sistema en una salida está sujeta a cierto criterio de validez de funcionamiento, y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema de acuerdo con ese criterio, se dice que el sistema aprende
- ***Curiosidad:*** entendida como interés por conocer
- ***Creatividad:*** Quizá sea esto lo que diferencia sustancialmente al hombre del resto de los animales superiores. Supone usar algo conocido de una manera novedosa o incluso inesperada

# Test de Turing (TT)

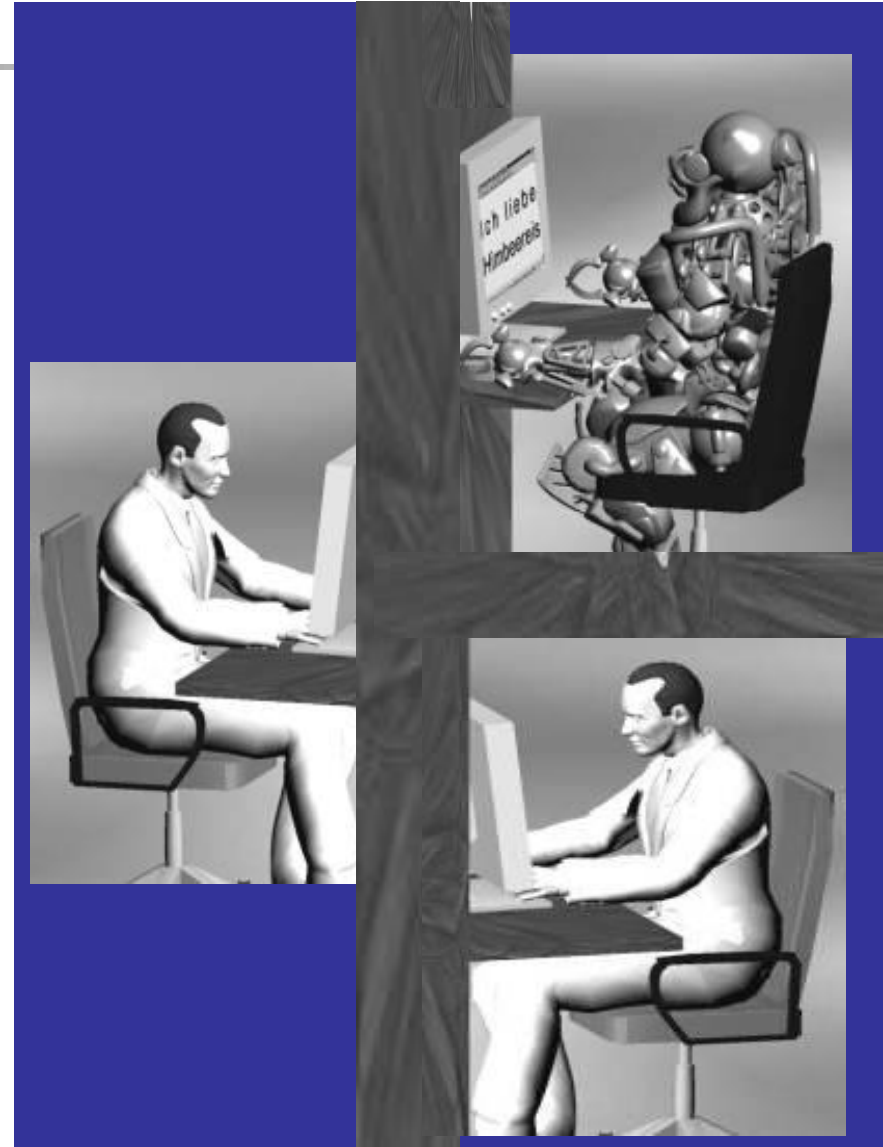
El intento más serio de definir formalmente la inteligencia lo hace Turing con **“el juego de la imitación”**. Vemos, a continuación, una anécdota que ocurrió en la compañía “Bolt Beranek and Newman” con el programa DOCTOR, variante del programa ELIZA, desarrollado por Weizenbaum (1950)

VP: ¿Puedo utilizar la computadora esta mañana?

TTP: ¿Por qué me preguntas eso?

VP: Pienso que podría hacer unas ventas adicionales de nuestro sistema.

TTP: ¿Por qué no estás seguro?



VP: Mis clientes no han visto nunca una demostración del sistema

TTP: ¿Significa esto mucho para Vd?

VP: Por supuesto

TTP: Parece Vd. muy seguro

VP: Esto es absurdo.

TTP: ¿Qué quiere Vd. decir con que esto es absurdo?

VP: ¿Existe alguna razón por la que no pueda utilizar la computadora ahora?

TTP: Cuénteme más cosas de sus clientes

VP: Por favor, telefonéame al 491-1850

El vicepresidente debía estar tan enfurecido por lo que creía una broma pesada de Bobrow, que se olvidó de poner un punto en la última frase. Que era lo que le determinaba al sistema el fin de la sesión...Y nada hizo.

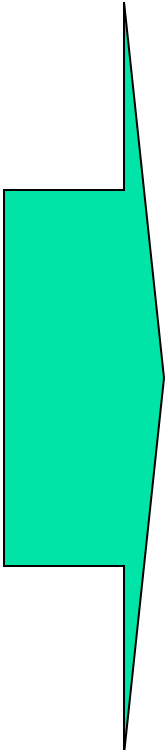
Por supuesto, la computadora no contestó, con lo que el vicepresidente telefoneó hecho un basilisco a Bobrow, quién, medio dormido, se las vio y deseó para convencerlo de que esa conversación no la había mantenido él, sino con un programa informático.

# IA como Ciencia y como Ingeniería.

Muchos de los que hoy se denominan sistemas informáticos inteligentes exhiben una conducta que, de ser observada en un ser humano, distaría mucho de ser calificada como "inteligente".

## LA IA PRETENDE:

- Conocer cómo funcionan los seres inteligentes y que pueden hacer con la ayuda de computadores).
- Cómo hacer que los computadores hagan las cosas que hacen las personas inteligentes.
- Como superar el Régimen de Lovelace.
- Construir o implementar "Sistemas Inteligentes": SCx, SS.EE,...

- 
- *De momento: Soluciones... a problemas muy concretos*
  - *Mucha creatividad humana... poca artificial*



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- Para obtener sistemas o “cientefactos” dotados de IA existen dos caminos o enfoques principales:

**1) Enfoque “Simbólico”.** Pretende simular como es el funcionamiento del cerebro, considerando a este como un procesador de información. **Lo interesante es utilizar las capacidades de las computadoras, velocidad de cómputo y fiabilidad, al máximo, sin preocuparse de si se usan los mismos métodos que en el cerebro,** en la misma medida en que los aviones vuelan de distinta forma que los pájaros pero consiguen mejores prestaciones en su objetivo de desplazarse por el aire transportando personas o mercancías.

Dentro de este enfoque hay dos modos complementarios:

- **Modo heurístico o paradigma del poder.**
- **Modo epistemológico o paradigma del conocimiento.**



# IA como ciencia y como ingeniería.

- **Modo heurístico o paradigma del poder.** Significa computación intensiva. **Arranca de la potencia para efectuar cálculos y procesos de búsqueda**, lo que permite modelizar problemas complejos y dinámicos, añadiéndole lo que Minsky llama “la inesperada capacidad para descubrir procesos”, que le permite manejar aspectos cualitativos.
- **Modo epistemológico o paradigma del conocimiento.** Considera que la IA es básicamente la ciencia del conocimiento; es decir, de cómo obtener, representar y usar el conocimiento general y, en particular, el conocimiento de “sentido común”, el cual es fundamental en la resolución de la mayoría de los problemas que se plantean en todos los órdenes de la actividad inteligente humana. Este conocimiento de lo cotidiano del mundo está presente, de una u otra forma, en todos los humanos, ayudando a las personas a determinar cual es la interpretación correcta, significado e implicaciones razonables de unos hechos determinados observados dentro de contextos variables o cambiantes. **Se refleja en la utilización de heurísticas, métodos potentes de representación de los conocimientos, etc.**

Aparentemente contradictorios, son en realidad complementarios. El primero implica computación intensiva, el segundo concierne con trabajo intelectual intensivo, de forma que a mayor conocimiento menos necesidad de búsqueda y, en caso de conocimiento escaso, la búsqueda se hace imprescindible, incluso por ensayo y error .



# IA como ciencia y como ingeniería.

- 2) Enfoque de “Emulación”.** Imita la estructura y el funcionamiento del cerebro humano. Se decía que la mitad era falsa y la otra mitad imposible. Otra crítica hacia la rama conexionista es que en IA, en general, el objetivo es conseguir máquinas para resolver problemas que requieren inteligencia, sin preocuparse de si usan o no los mismos métodos que las personas, aduciendo que “CERTUM QUOD FACTUM”; y que hay demasiados cerebros humanos, son más baratos de producir y se consiguen sin necesidad de un trabajo especializado. **Su ventaja es que el investigador no está obligado a especificar su modelo de forma completamente detallada, no se precisa un experto que explicita su conocimiento y, por otra parte, es posible obtener consecuencias y conocimientos del modelo por la simple ejecución del mismo.** Aquí nos movemos dentro del área de las RRNNAA y los sistemas adaptativos.
- Ambos enfoques requieren una gran habilidad por parte de sus constructores. Pudiendo aducir algunos que son más un arte que una ciencia. Se persigue, en parte, lo que consiguieron Giotto y Da Vinci cuando fueron capaces, en cierta medida, de sustituir lo que de misterioso y mágico tenía su arte al escribir explícitamente los conocimientos y técnicas que usaban en sus obras.





# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- A pesar de los reproches mutuos entre los dos enfoques ambos son necesarios y en gran medida complementarios. En efecto, el estudio de sistemas inteligentes y el posterior desarrollo de emuladores de los mismos da, por una parte, la oportunidad de alcanzar nuevos y mayores niveles de complejidad en la investigación del cerebro y de otras teorías de la mente y, por otra, es de gran interés para el diseño de sistemas capaces de resolver problemas intelectualmente difíciles que, en el peor de los casos, actúen como amplificadores de la inteligencia humana. Recuerda Shannon que: **“Jamás en la naturaleza con una sola llave se abrieron todas las puertas”**.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- Entender la estructura y el funcionamiento del cerebro y establecer una teoría de la inteligencia, por una parte y, por otra, la modelización y ejecución de lo anterior por computadoras, parecen condiciones “sine qua non” entre si. Para llevar a buen término estas empresas, la IA estableció las ***tres hipótesis de trabajo*** reflejadas en las siguientes preguntas formuladas por ***Nilsson en 1.974***:

**¿Es posible entender y explicar la naturaleza de la inteligencia y el aprendizaje en el mismo sentido en que se entiende y explica la naturaleza de la luz?** La inteligencia no es una noción transparente sino que requiere un marco referencial teórico para lo cual la IA casi siempre utiliza al computador como laboratorio y a los juegos como experimentos. Asimismo, enterrando las más ingenuas analogías entre mente y computadora, la IA ha ampliado y madurado mucho el paralelismo entre ambas.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

**¿El conocimiento que se tiene y se tendrá de la inteligencia y aprendizaje será alguna vez suficiente para ayudar a construir modelos de trabajo útiles para la Inteligencia Artificial?.** De la misma forma que, por ejemplo, la aeronáutica ayuda a construir aviones, a pesar de que los modelos no reproducen en todo su detalle el fenómeno a representar.

**¿Existen mecanismos o procesos básicos comunes a actividades y comportamientos tan variados como: resolver un problema matemático, descubrir una estructura molecular, jugar al ajedrez y otras que se conocen como actividades del pensamiento que requieren inteligencia?** La respuesta dada desde los investigadores de IA es casi unánime y es que estos mecanismos y procesos son totalmente independientes de quién los ejecuta, hombre o máquina. A la IA le concierne descubrir estos procesos comunes que son, y esta es la razón fundamental, subyacentes al pensamiento y la percepción y, por lo tanto, independientes del sujeto que los ejecuta, careciendo de importancia quién los ejecuta, siendo ello únicamente un detalle instrumental. Cuando los ejecuta una computadora se afirma que se desarrolla IA.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- El ajedrez es considerado por muchos, entre ellos McCarthy, como la Drosófila o el E. Coli de la IA, ya que permite la comparación de los mecanismos intelectuales humanos y artificiales. Ilustra e ilumina muchos de los problemas que surgen en IA y conduce a técnicas que pueden generalizarse para que funcionen en otros campos. Ha sido la única técnica que ha sido continuamente estudiada desde el nacimiento de la IA, e incluso antes en aspectos meramente teóricos de la inteligencia.
- El ajedrez quizá pueda ser un buen parámetro para medir la evolución de la IA, basándose en lo que evoluciona esta Ciencia en la resolución de los problemas de dicho juego. El ajedrez se puede considerar el “benchmark” de la IA por ser un buen parámetro para medir su evolución a lo largo del tiempo.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- Se comienza a tener éxito, entendiendo por ello que las máquinas juegan mejor que los humanos en las damas (Samuel-1959), posteriormente al Backgammon o chaquete (Berliner 1.980) y al Dominó (Pazos 1.979). Estos dos últimos programas tienen la particularidad de no ser deterministas (como las Damas y el Ajedrez) pues tienen una componente de azar determinada. Los 3 requieren menos capacidad computacional que el ajedrez ya que sólo hay 2 tipos de piezas en Damas y 1 en Backgammon y en los tres sus reglas son relativamente simples. Al Go, complejo y popular juego oriental, las computadoras juegan a nivel de aficionado debido al posible número de movimientos en cada punto del juego, que es muy elevado.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- En 1.958 Turing, Newell y Simon predicen que una computadora sería campeona del mundo en 1.968. Por el contrario, Dreyffus en 1.979, asegura que una computadora jamás le ganaría una partida. Kasparov en 1.988, considera que “ni hablar” una máquina podría vencer a un gran maestro antes del año 2.000 (a los 10 meses B. Larsen pierde en un torneo en Long Beach contra “Deep Thought” de Hsu, Anantharaman, Campbell y Nowatzky de la Universidad de Carnegie- Mellon). En este torneo empató con el 1<sup>er</sup> clasificado, el gran maestro A. Miles a quién venció con posterioridad.
- Para Claude Shannon (Scientific American 1.950) la computación del ajedrez plantea un atractivo problema ingenieril: “La investigación tiene el propósito de desarrollar técnicas aptas para aplicaciones más prácticas. Resulta ideal para empezar porque el problema está nítidamente definido (operaciones lícitas y objetivo final), no es trivial ni tan difícil que sea imposible lograr una solución satisfactoria, el computador puede “medirse” con adversarios humanos, etc.



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- Fue Shannon quién, basándose en los trabajos de Von Neumann y Morgenstern, idea el método de poda denominado "Mini-Max" merced al cual se podría predecir la jugada óptima en "Teoría de Juegos". Esto se convirtió en el trabajo germinal de la aplicación de la computación al ajedrez.
- Newell, Shaw y Simon, en 1.958, incluyen la 1ª técnica de poda de árboles en juegos.
- No se hicieron máquinas que contemplasen las reglas del juego del ajedrez hasta 1.958 y hasta 8 años más tarde no se alcanzó el nivel de un jugador medio de torneos (Mac Hack 6 R.D Greenblatt-MIT), siendo el primer programa en jugar en torneos con humanos



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- En este punto comienza también la escisión entre los “emuladores” y los “simuladores”, predominando los emuladores hasta la década de los 70 en que se diseñan “trucos” ingenieriles para obtener potencia de cómputo y alcanzar extractos más profundos (Mini-Max,  $\alpha$ - $\beta$ , tablas de generación aleatoria,...). No olvidar que, en ajedrez, cada estrato que se baja  $\times 38$  el número medio de jugadas lícitas (este número se reduce a 6 con la técnica de podadura  $\alpha$ - $\beta$ ), ni que en ajedrez hay  $10^{120}$  partidas distintas por lo que el análisis exhaustivo del “Tres en raya” aquí no es posible.
- También aparece el “efecto horizonte” que consiste en cambios de piezas o cesión de posiciones aparentemente beneficiosas, pero con efectos desastrosos en el devenir final de la partida. Esto se soluciona con las “búsquedas quiescentes” donde sólo se examinan mejoras hasta llegar a una posición estable.





# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- En la década de los 70 y principios de los 80 prevalecen las máquinas de “Fuerza bruta” (Chess 4.0 de la Universidad del Noroeste y sus descendientes 4.x) llegando a rebasar los 2000 puntos en 1.979 (cada estrato se corresponde con aproximadamente 200 puntos). En 1.983 “Belle” de AT&T pasó la barrera de maestro internacional (2200) llegando al máximo esplendor de la era en 1.986 con Cray Blitz (sobre Cry y Hitech) las cuales examinan 120.000 y 100.000 posiciones/sg respectivamente y ganan los campeonatos Norteamericanos de Ajedrez en 1.985 y 1.986.
- En 1985 Hsu utilizando tecnología VLSI facilitada por el APAD (Agencia de Programas Avanzados para la Defensa) consigue un microcircuito capaz de analizar  $2 \times 10^6$  jugadas/sg (aproximadamente x10 la matriz de 64 microcircuitos de Hiteth)



# IA como ciencia y como ingeniería.

---

- Hsu se une con Anantharaman, Campbell y Nowatzky realizando en 7 semanas y por sólo 500-1000 \$, "chiptest" predecesor de DT quién gana en 1.987 a Cry Blitz finalizando el reinado de la "fuerza bruta" (prescinde del enroque y de la repetición de posiciones y para evitar el efecto sirindípico de las jugadas ventajosas le introducen el "Algoritmo de extension regular" de Anantharaman.
- En el proyecto DT se optimizan los 120 parámetros de la función de evaluación sintonizándose automáticamente los pesos con las técnicas de "la escalada" (muy lento) y del "Error Cuadrático Medio" (global-> más rápido)
- DT tiene muy pocos conocimientos ajedrecísticos, "ve lejos pero observa poco" y "lo recuerda todo sin aprender nada". Alcanzó los 2552 puntos en el verano de 1.990 (nivel medio de grandes maestros). En el proyecto DT (Thomas J. Watson), se espera alcanzar  $10^9$  posiciones/sg (aproximadamente 14-15 extractos -> 3400 puntos, unos 500 más que Kasparov utilizando procesamiento en paralelo de 1000 microprocesadores.



# Principales causas del interés actual por los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos:

---

- La habilidad de estos sistemas para aprender automáticamente.
- La capacidad para funcionar de forma aceptable tanto en presencia de ruido como cuando se producen deterioros o fallos en sus componentes.
- Al interés existente por la búsqueda de arquitecturas de computadoras que permitan el procesamiento en paralelo de los DIC pudiendo abordar escenarios “Big Data”.
- La similitud con los modelos neurofisiológicos del cerebro, pudiéndose de este modo intercambiar modelos e investigaciones entre los de RNA y Neurociencias, potenciándose ambas.



# Otras aproximaciones actuales de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

---

Inspirados en sistemas biológicos:

- Bioevolutiva: reproducir capacidades de sistemas simples
- Neuroglial: más adaptativas
- Genética: algoritmos evolutivos y programación genética
- Social: ant-colony, coevolución, vida artificial...



# Aproximación Bioevolutiva de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

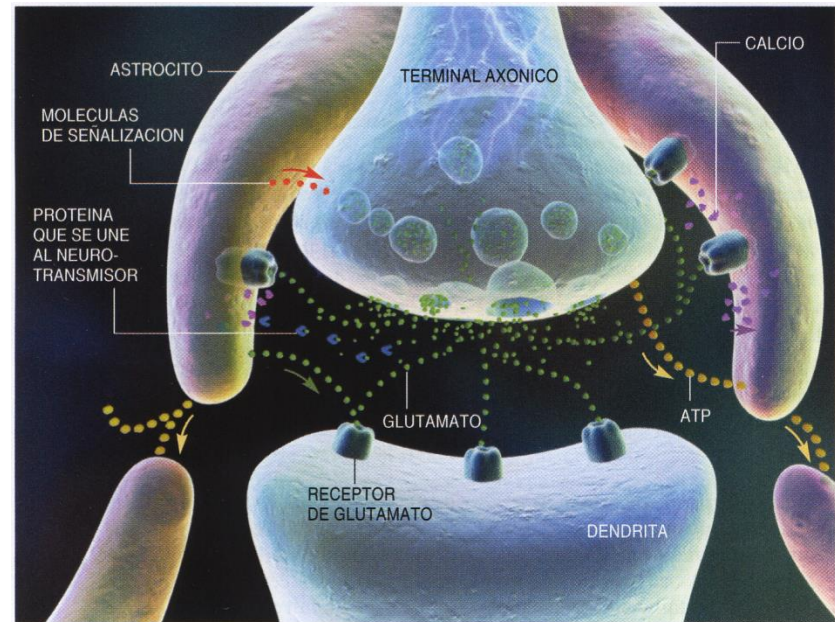
---

Basada en:

- Las capacidades de insectos aislados:
  - Inspiración en las capacidades de movilidad de los insectos
    - Poca velocidad de cálculo
    - Comportamientos mejores que los obtenidos por la robótica tradicional
- El sistema inmune artificial
  - Estos sistemas se inspiran en el Sistema Inmune Natural.
  - Proporcionan memoria de contenido direccionable y son utilizados para optimizar la búsqueda en espacios grandes.

# Aproximación Neuroglial de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

- Basada en las nuevas capacidades del procesamiento utilizando las células gliales: mayor potencialidad y capacidad adaptativa que solo con neuronas
- Se confirma biológicamente con las teorías de Cajal: “neurótrófica” e “índice de glía”
- También la confirman las nuevas propiedades asignadas a las células gliales: receptores específicos y precursores de neurotransmisores.  
“SINAPSIS TRIPARTITA”

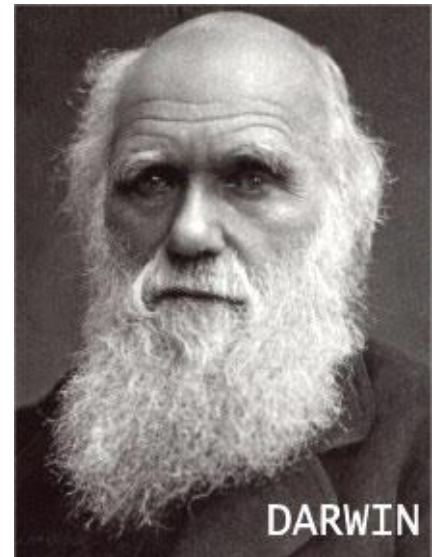


# Aproximación Genética de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

- John Holland crea los algoritmos genéticos en los años 80
- Sistemas basados en los trabajos de Darwin sobre evolución natural, utilizados sobre todo para tareas de búsqueda en grandes espacios
- Trabajan sobre poblaciones de individuos que representan soluciones al problema (Codificación)
- Utilizan la selección (función de evaluación), el cruce y la mutación



John H. Holland



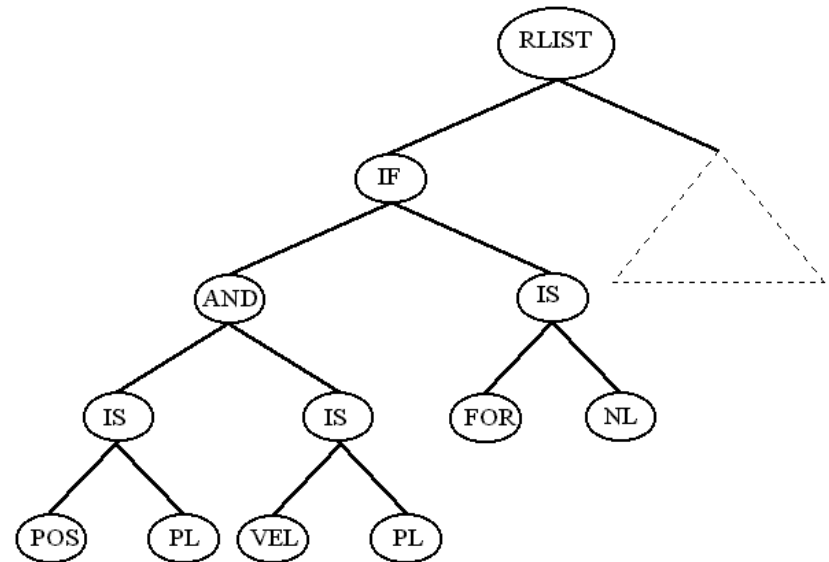
DARWIN



# Aproximación Genética de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

## ■ Programación Genética: J. Koza

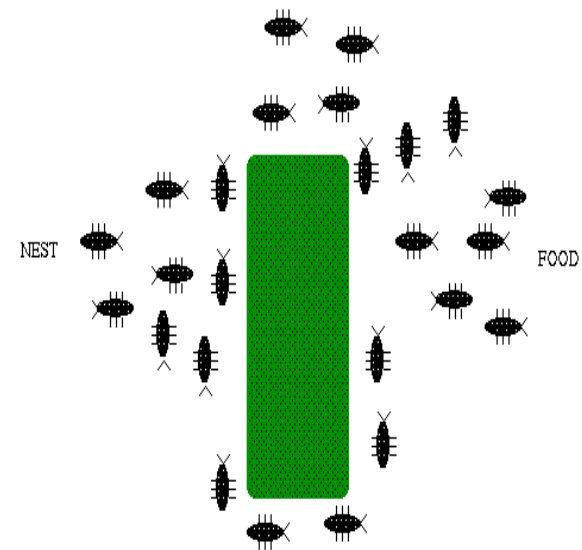
- Uso de las ideas de los algoritmos genéticos para la construcción automática de grandes poblaciones de programas.
- El programa se codifica como un árbol que tiene una longitud y profundidad variable.
- Los operadores de cruce y mutación afectan a trozos de árbol.





# Aproximación Social (Ant-colony) de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos.

- Es una meta-heurística (técnica que sirve como apoyo a otra) que está inspirada en el comportamiento de colonias reales de hormigas
- Existe una población de agentes simples que producen en su conjunto un comportamiento global más complejo.
- Las hormigas dejan un rastro de “feromonas” de modo que las hormigas siguen el camino con más rastro de feromonas.
- Se pueden usar para problemas de optimización combinatoria





# Aproximación Social (co-evolución) de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

---

- Consiste en el uso de varias poblaciones dependientes mediante técnicas evolutivas.
- La relación típica es la de depredador-presa. Esto es, en paralelo se entrena una población de depredadores y otra de presas. Así, a medida que los depredadores mejoran, las presas se ven obligadas a perfeccionarse y viceversa.

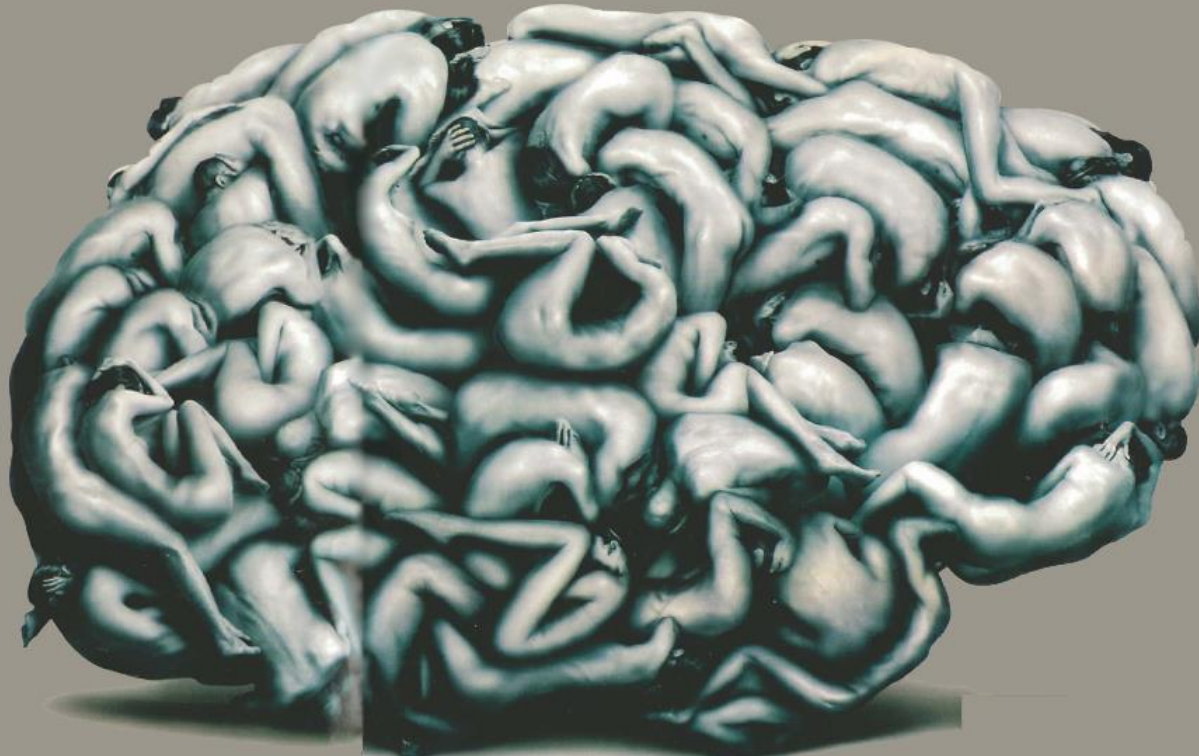


# Aproximación Social (vida artificial) de los Sistemas Inteligentes Subsimbólicos

---

- Creación de modelos computacionales con comportamientos biológicos.
- En muchos casos se busca determinar los mecanismos de interacción entre los individuos de una colectividad que hacen emerger comportamientos adaptativos o inteligentes en toda la colectividad.

# Sistemas Inteligentes Subsimbólicos Creativos





# Definición de Creatividad

---

- “Ver lo que todo el mundo ha visto y pensar como nadie lo ha pensado”
- Características de un producto creativo
  - Social: tener sentido y referentes en una cultura
  - Novedoso: original, innovador,...
  - Calidad: interesante, bueno, estético,...
- Capacidades de un ser creativo
  - Desarrollar productos creativos
  - Detectar la creatividad en ellos: crítico
- Tareas creativas típicas
  - Descubrimiento Científico
  - Arte



# Estado actual Creatividad Computacional

- Área muy diversificada y muy prometedora pero con carencias importantes
- Muy pocos trabajos en descubrimiento científico
- Trabajos aislados en dominios artísticos (arte visual y música)

“Parece claro que ningún modelo de Inteligencia Artificial es hasta ahora demasiado creativo, a pesar de las distintas ideas últimamente propuestas al respecto” [SHAN-87]



# Previsiones nuevos avances

---

## ■ Ray Kurzweil

### ■ 2009

- Transacciones comerciales cotidianas se realizan entre una personalidad humana y otra virtual

### ■ 2019

- Ahora los ordenadores son invisibles en su mayor parte. Están en las paredes, en las mesas, sillas, en la ropa y joyas, insertados en el cuerpo
- La mayor parte de la interacción con las máquinas se produce a través de gestos o diálogo en lenguaje natural
- Las personas comienzan a establecer relaciones con personalidades virtuales “**avatares**”, utilizando a éstas de compañeros, profesores, amantes, etc.
- Los artistas virtuales aparecen en todas las ramas del arte



# Previsiones de nuevos avances

---

## ■ 2029

- Implantes biológicos para los ojos y oídos se utilizan para establecer conexión directa con la red informática mundial. Sin interfaces. De la retina a la Red
- Las máquinas afirman ser conscientes. Nadie se escandaliza por ello

## ■ 2049

- Las computadoras se diseñan por completo a sí mismas: esto produce una mayor aceleración en el perfeccionamiento de la inteligencia digital

## ■ 2099

- Ya no existe distinción entre seres humanos y Computadores



Donde estés... y a la hora que estés...  
haz una propuesta inteligente!!!

---





# Tema 7.2.-Fundamentos Biológicos de los SI Subsimbólicos

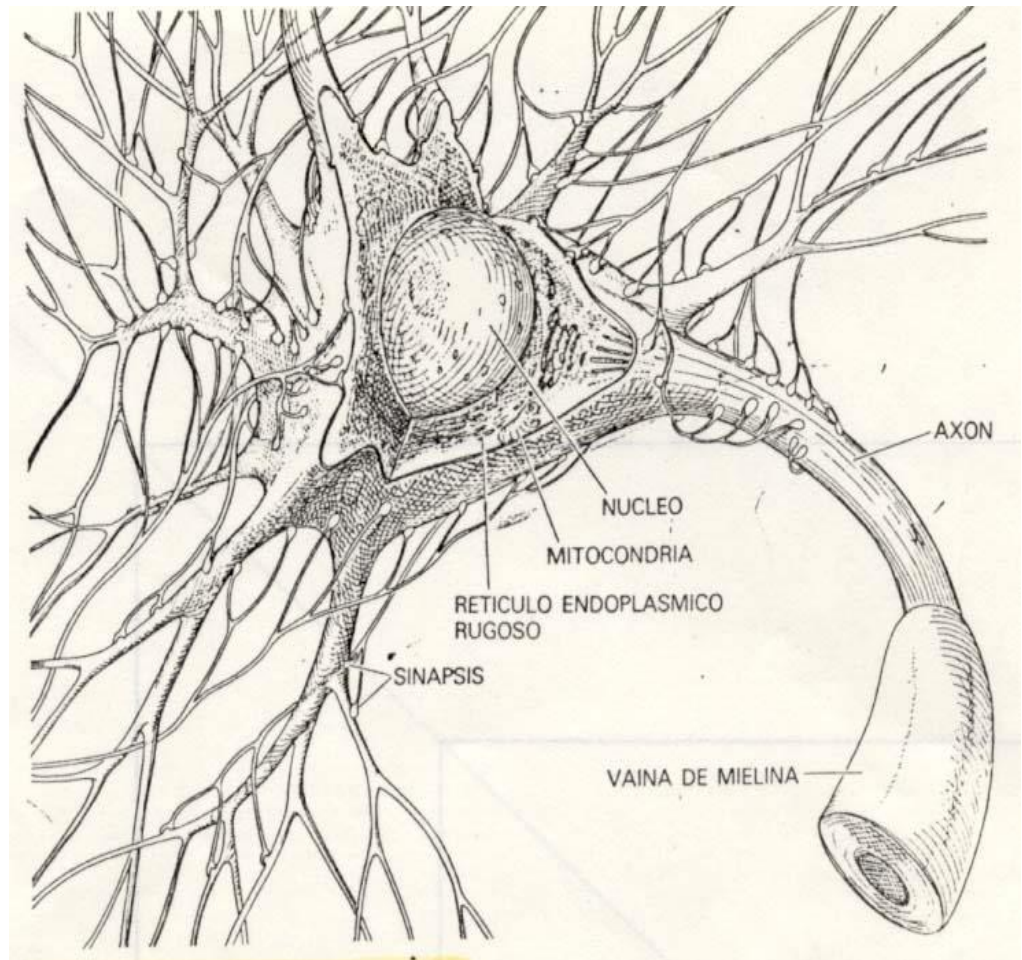
---

## NEURONAS-CÉLULAS GLIALES y SINAPSIS-TRANSMISIÓN DE DIC

- El SN está considerado como la estructura única más compleja del universo. Su principal función es, junto con el sistema endocrino, asegurar el control y la comunicación dentro del organismo.
- El SN es único en la gran complejidad de reacciones de control que puede efectuar. Recibe aproximadamente  $10^9$  bits de información cada segundo, de los que sólo admitimos conscientemente  $10^2$ , eliminándose un 99% de la información recibida, por ejemplo el contacto de nuestra piel con la ropa.
- La información que llega al SN se codifica, posteriormente se vehiculiza o transmite para finalmente incorporarse a una señal que determina la producción de un trabajo intelectual, motor o neurosecretor, como respuesta del sistema. En última instancia se realiza la integración activa y personal del organismo.
- El SN sólo tiene dos tipos de células específicas del procesamiento de la información: neuronas y células del Sistema Glial. Hasta hace muy pocos años se consideraba a las neuronas como el elemento funcional único y fundamental del SN.

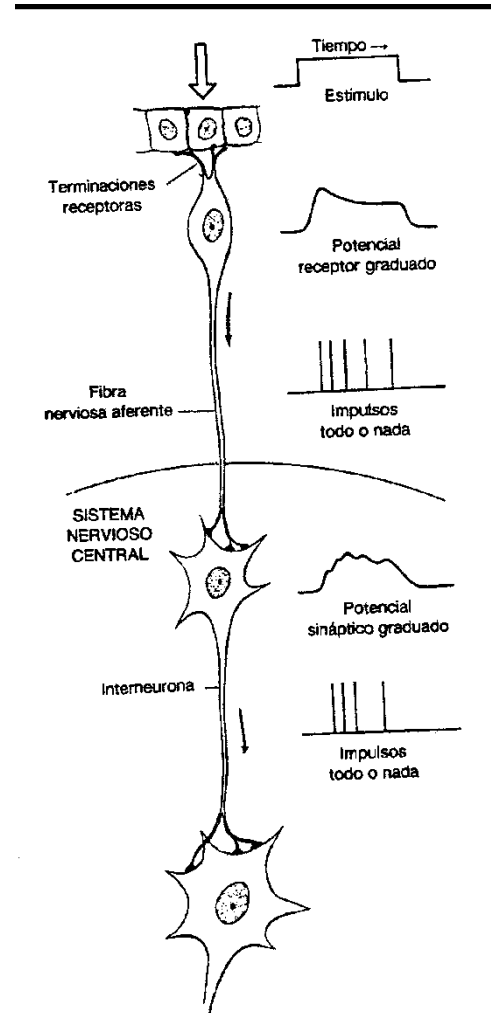
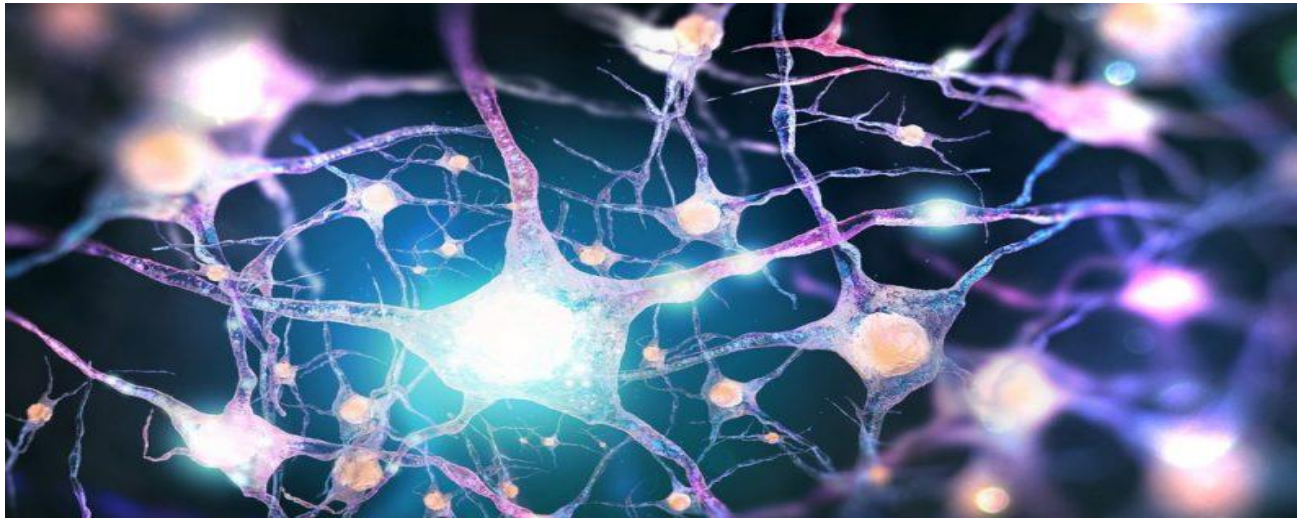
# Neuronas y Células Gliales: Elementos de procesamiento de DIC

- Una neurona típica del SN consta de tres partes bien definidas: "**soma**" (es el cuerpo celular y es la zona integradora de la información que llega a la neurona), "**axón**" (se origina en la zona cónica del soma y su extremo terminal da diversas ramificaciones y es la zona transmisora de la información) y "**árbol dendrítico**" (también tiene su origen en el soma, está muy ramificado y es la zona receptora de información).



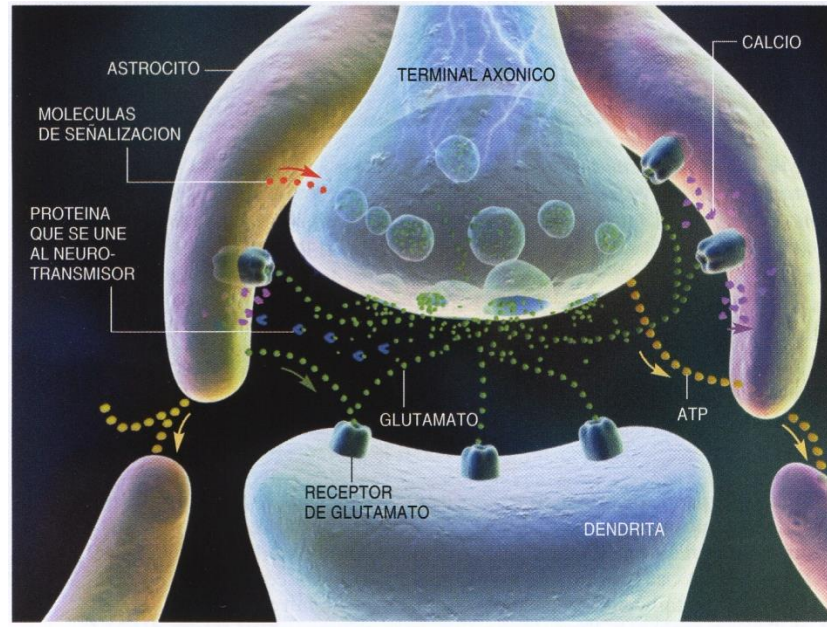
# Neuronas y Células Gliales: Elementos de procesamiento de DIC

Las neuronas no aparecen nunca aisladas, siempre conforman estructuras funcionales a través de sus prolongaciones y asociadas a las células gliales que regulan su funcionamiento. Reciben información de diversos receptores y/o neuronas y/o células gliales ("principio de convergencia"), los integra y los distribuye a través del axón con sus ramificaciones a una serie de neuronas, células gliales y/o efectores ("principio de divergencia").





# SINAPSIS: Transmisión de DIC



- *Sinapsis química. Las células están contiguas, no continuas, por lo que el código eléctrico en frecuencia inicial de la célula presináptica se convierte en un código de transmisión químico representado por el tipo y cantidad de neurotransmisor liberado, que se unirá a los receptores específicos de la membrana postsináptica donde se producirá un nuevo cambio a código eléctrico en amplitud.*



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

- El predominio de las sinapsis químicas puede ser debido a múltiples factores, entre ellos:
  - Cambio de codificación que va a permitir la integración de informaciones entre si permitiendo elaborar nueva información.
  - Su superficie de contacto es inferior que en las eléctricas, permitiendo que una neurona realice más de 10.000 contactos en algunos casos, mientras que en las eléctricas una neurona sólo está "sinaptada" por otra.
  - La información sólo se transmite en una dirección "efecto válvula"
  - El elevado grado de plasticidad pudiendo modificarse el proceso de transmisión (esto explica la "canalización de las vías neuronales"; es decir, la aparición de procesos de aprendizaje en el sentido más amplio)
  - Permiten la intervención externa en los procesos de transmisión y elaboración de la información, usualmente por células gliales.



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

---

- Por todo lo comentado previamente, se considera a la sinapsis como un lugar muy ventajoso para el control de la transmisión de señales, pues establece su dirección, puede facilitar, inhibir, debilitar, etc., la transmisión de la señal: bloqueando, aumentando, diversificando las direcciones, ...
- El impulso al llegar a la sinapsis puede quedar bloqueado, cambiarse de impulso único a impulsos repetitivos, ser integrado con impulsos de otras neuronas para crear tipos complejos de impulsos en neuronas sucesivas, o ser transmitido directamente a la terminal postsináptica sin integrar con impulsos procedentes de otras neuronas.
- Para la formación de las sinapsis se supone que existe un mecanismo químico específico de reconocimiento neuronal entre sí, posiblemente regulado por las células gliales. Parece que ambas superficies pre y postsináptica posean agrupaciones de moléculas específicas concordantes en determinadas neuronas (a modo de llave y cerradura)



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

---

- Existe entre las zonas periféricas y centrales una correspondencia gracias al idioma único (código de frecuencia) ofrecido por el "transductor" que actúa después de la recepción, impidiéndose de este modo "ver música u oír imágenes". La información va desde los receptores hasta la corteza cerebral, pasando por estaciones intermedias de la médula espinal, tronco cerebral, cerebelo, etc. Se produce una "filtración primaria" en el propio órgano receptor, existiendo posteriores filtraciones y reelaboraciones de la información en las estaciones intermedias del SN donde la información se clasifica, filtra e integra con las que llegan de otras zonas del SN.
- Los "sistemas de asociación" se localizan en la parte más externa de los hemisferios cerebrales. Es, en este nivel, donde se alcanzan las más altas cotas de potencialidad neuro-glial: abstracción, personalidad, etc.
- Las órdenes dirigidas a los órganos efectores también se hacen en código de frecuencia.





# SINAPSIS: Transmisión de DIC

---

- Sabemos que el "programa" para la construcción del SN está codificado en los genes, pero no es suficiente esta codificación para determinar todas las posibles situaciones y conexiones de los elementos del SN.
- Es el aprendizaje, por repetición de respuestas ante estímulos determinados (antiazar), quien hace específicos a los circuitos del SN como substrato físico de sus adquisiciones, alterándose las sinapsis existentes y haciéndose precisas "punto a punto" unas proyecciones que previamente eran difusas y superpuestas, conformándose de este modo los denominados por Barbizet en 1.961 "**metacircuitos**" y "**metaestructuras**" que son los soportes de las experiencias vividas, resultando en un nuevo orden de la organización neuro-glial.
- Esto, añadido a que cada uno somos responsables en gran medida de lo que introducimos en nuestros cerebros, nos viene a demostrar que podemos cambiarnos a nosotros mismos. La complejidad del SN aumenta, en general, con el nivel alcanzado en el desarrollo filogenético.



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

- D. Marr y T. Poggio en 1.977 formulan tres niveles de comprensión en el cerebro: "**nivel de computación**" ¿qué tareas puede llevar a cabo el cerebro?, "**nivel algorítmico**" ¿qué secuencia de operaciones hace que la información adquiera una característica útil? y "**nivel de mecánica**" ¿cómo puede el aparato disponible ejecutar un algoritmo y realizar por tanto una computación?. Un ejemplo de esto es: identificar una cara es una computación, educir la forma que la aísla de circunstancias cambiantes es ejecutado por un algoritmo y los circuitos que lo ejecutan son el dispositivo mecánico.
- Si analizamos estos hechos podemos deducir fácilmente que la función viene determinada por la estructura, puesto que la ejecución de un algoritmo cualquiera está condicionada en primer lugar por el dispositivo mecánico del cerebro en ese momento.



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

---

- Aún en el caso de disponer de un esquema con las conexiones del SNC encontraríamos dificultades para interpretar su mecanismo funcional debido a:
  - la elevada complejidad del sistema
  - la multiplicidad de entradas y salidas de información de cada elemento
  - la valoración variable de las entradas desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo, temporal y espacial
  - la influencia mutua de las informaciones recibidas
  - las posibles actividades espontáneas que se producen
  - los procesos de inhibición post-excitadores y de excitación post-inhibidores, proporcionándole ambos la capacidad de adaptación.



# SINAPSIS: Transmisión de DIC

---

- G. Parker (U. Yale) estudia el "arco reflejo" como patrón más simple de organización del SN. En la boca de ciertas anémonas descubre, en 1.919, el más simple circuito neuronal, conformado por una sola célula y un funcionamiento predecible por un mecanismo similar a un timbre. Más adelante, descubre en medusas circuitos de dos elementos haciendo necesaria la aparición de las sinapsis (uniones funcionales entre los elementos del SN que permiten la transmisión de información entre ellos). Sherrington establece el término del griego "syn" (junto) y "haptain"(unir).
- Finalmente aparecen circuitos, en medusas y moluscos, con neuronas interpuestas entre las que reciben las entradas y las que emiten las salidas dando lugar a lo que posteriormente se denominaron las "neuronas asociativas" o "neuronas ocultas". Se pensaba que el SN se había originado cuando un organismo poseyó por primera vez una célula o una cadena celular que posibilitase la acción intermedia entre los estímulos ambientales y la respuesta del organismo, exigiendo la posterior evolución del organismo la aparición de circuitos más complejos.

# Teoría Holística de Goldstein de integración y procesamiento de DIC

- En el 90 % de la población predomina el hemisferio izquierdo, dónde parece residir el control de la actividad motora del lado derecho del cuerpo, además de las capacidades analíticas, el cálculo matemático y el lenguaje.
- En el hemisferio derecho parece predominar el reconocimiento de las formas abstractas, las relaciones espaciales y las expresiones no verbales (música, dibujo,...).

