



Programa Profesional en Inteligencia Artificial y Data
Science

Módulo 1. Capacidades de la Inteligencia Artificial

Índice

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

- 1.1. Introducción y objetivos
- 1.2. Definición y origen del concepto inteligencia artificial
- 1.3. Fundamentos de la inteligencia artificial
- 1.4. Historia de la inteligencia artificial
- 1.5. Inteligencia artificial y conceptos relacionados
- 1.6. La inteligencia artificial en la empresa
- 1.7. Herramientas comerciales para Inteligencia Artificial
- 1.8. Tecnologías comerciales de Inteligencia Artificial
- 1.9. El futuro de la inteligencia artificial
- 1.10. Referencias bibliográficas

Tema 2. Utilización de modelos de Inteligencia Artificial

- 2.1. Introducción y objetivos
- 2.2. Requisitos básicos de un sistema de resolución de problemas
- 2.3. Modelos de sistemas de inteligencia artificial
- 2.4. Sistemas de razonamiento impreciso
- 2.5. Referencias bibliográficas

Tema 3. Procesamiento del Lenguaje Natural

- 3.1. Introducción y objetivos
- 3.2. Procesamiento del Lenguaje Natural – PLN
- 3.3. Conocimiento del lenguaje utilizado en el PLN

3.4. Aplicaciones del Procesamiento del Lenguaje Natural

3.5. Entornos PLN para crear sistemas

3.6. Referencias bibliográficas

Tema 4. Análisis de sistemas robotizados

4.1. Introducción y objetivos

4.2. Métodos y aplicaciones de la robótica

4.3. Modelado y control de robots en IA

4.4. Programación de robots y aplicaciones

4.5. Referencias bibliográficas

Tema 5. Sistemas Expertos

5.1. Introducción y objetivos

5.2. Introducción a los agentes inteligentes

5.3. Comportamiento y entorno de los agentes inteligentes

5.4. Estructura de los agentes inteligentes

5.5. Proyectos de investigación en agentes inteligentes

5.6. ¿Qué son los sistemas expertos?

5.7. Proyectos de investigación en sistemas expertos

5.8. Referencias bibliográficas

Tema 6. Aplicación de principios legales y éticos de la Inteligencia Artificial

6.1. Introducción y objetivos

6.2. Privacidad de datos

6.3. Protección frente a errores

6.4. Deontología profesional en Inteligencia Artificial (IA)

6.5. Principios Éticos en IA

6.6. Mecanismos para cumplir legal y éticamente

6.7. Sesgos, legalidad y responsabilidad

6.8. Referencias bibliográficas

A fondo

Artificial Intelligence will create new ways of work

Introducción a la lógica difusa

Lógica difusa: introducción

Scikit Fuzzy

Aplicaciones prácticas del PLN: sistemas de diálogo

Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural

Congreso Internacional de la Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural

La Era de las máquinas inteligentes

Aplicaciones prácticas del procesamiento del lenguaje natural: Búsqueda de Respuestas

#M01 - ¿Quién eres? Soy una IA, un robot pensante

Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search

Expert Systems

Diseño de sistemas expertos

Estudio práctico sobre la protección de datos de carácter personal

Secure By Design

Texto del Reglamento General de Protección de Datos

Agencia Española de Protección de Datos

Parlamento Europeo

Derecho TIC

Inteligencia artificial ética y auditable: buenas y malas prácticas

Orientaciones y garantías en los procedimientos de anonimización de datos personales

Código de buenas prácticas en protección de datos para proyectos Big Data

Código ético y deontológico de Ingeniería Informática del Consejo General de Colegios Profesionales (CCII)

Adversarial Examples

Bibliografía

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

1.1. Introducción y objetivos

Este tema supone la primera introducción del alumno al concepto de inteligencia artificial, se trata, por tanto, de un tema introductorio con el objetivo genérico de adentrarse en la disciplina.

Además, se transmite una visión amplia de los principales proveedores y soluciones basadas en Inteligencia Artificial (IA) disponibles en el mercado. Paralelamente, el alumno recibirá información sobre el estado del arte de este tipo de soluciones en las diferentes industrias.

Los **objetivos** de este tema son:

- ▶ Ser capaz de enmarcar la evolución de la inteligencia artificial en su contexto histórico.
- ▶ Conocer las principales disciplinas o escuelas de la inteligencia artificial.
- ▶ Conocer algunos de los términos principales en el ámbito.
- ▶ Detectar los ámbitos en los que los principales actores del área están centrando sus esfuerzos.

Este esquema de partida os introducirá en un amplísimo abanico de soluciones que están revolucionando las empresas y la mejora en muchos aspectos como son la toma de decisiones, la optimización de la operación, la planificación y muchos otros.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Aplicación de la inteligencia artificial al ámbito empresarial	
Tipos de datos	Visualización
Google	Marketing, ventas, CRM
Facebook	Automoción
DeepMind	Business intelligence
OpenAI	Chat Bots
Baidu	Plataformas
Microsoft Research	Ciberseguridad
Apple	Fintech
IBM	Salud y sanidad
AlBrain	Internet de las cosas
Amazon	Robótica
Netflix	Narrativa
	Visión artificial
	Biología y medio ambiente

Figura 1. Aplicación de IA en la empresa. Fuente: elaboración propia.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

1.2. Definición y origen del concepto inteligencia artificial

La inteligencia artificial está presente en todos los ámbitos de nuestra vida. La presencia de este término en los medios de comunicación es frecuente. La herramienta Google Trends (<https://trends.google.es/trends/>) permite analizar el interés a lo largo del tiempo de un término concreto a partir de las búsquedas realizadas en Google. Con el término en castellano «inteligencia artificial» se aprecia un interés creciente en el último año (Figura 2).

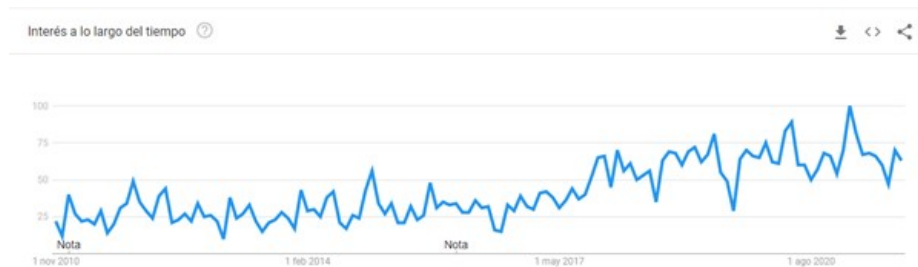


Figura 2. Interés a lo largo del tiempo del término “inteligencia artificial”. Fuente: Google Trends, s.f.a.

Este interés es mucho más evidente si analizamos el término en su versión anglosajona (*artificial intelligence*). Como se ha explicado anteriormente, el inglés es la lengua franca de la ciencia y la técnica, por lo que todos los análisis de este tipo adquieren mayor relevancia si se hacen en este idioma. La Figura 3 evidencia de forma muy clara como este interés se ha incrementado en los últimos años.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

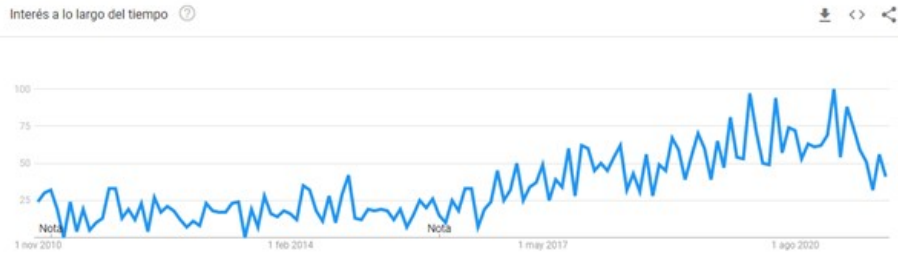


Figura 3. Interés a lo largo del tiempo del término “artificial Intelligence”. Fuente: Google Trends, s.f.b.

Pero ¿qué es la inteligencia artificial?, ¿para qué sirve? Se intentará dar respuesta a estas preguntas en los siguientes apartados.

¿Qué es la inteligencia artificial?

Intuitivamente, el término “inteligencia artificial” hace referencia a la **capacidad que tienen ciertas máquinas de comportarse como humanos**. Sin embargo, esta descripción no puede considerarse una definición, ya que es sumamente ambigua y difusa.

Para llegar a una buena comprensión del término deberíamos primero entender el **significado de inteligencia**. Según la Real Academia Española este término hace referencia a:

- 1.Capacidad de entender o comprender.
- 2.Capacidad de resolver problemas.
- 3.Conocimiento, comprensión, acto de entender.

Aunque las definiciones parecen claras y evidentes, el espectro se complica según nos adentramos en la interpretación del término. ¿Cuántos tipos de inteligencia hay?, ¿uno, varios?

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Howard Gardner (1983) en su famosa obra *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences* se atrevió a formular diez tipos de inteligencia:

- ▶ Musical.
- ▶ Espacial o visual.
- ▶ Lingüística-verbal.
- ▶ Lógico-matemática.
- ▶ Corporal-cinestésica.
- ▶ Interpersonal.
- ▶ Intrapersonal.
- ▶ Naturalista.
- ▶ Existencial.
- ▶ Otras: categoría en la que entra incluso una inteligencia sexual.

La visión de Gardner no es plenamente aceptada, ya que algunos autores critican que este autor contempla como inteligencias lo que comúnmente se han denominado habilidades o competencias (Geake, 2008). Aun así, **esta teoría ha tenido gran impacto en ámbitos como el educativo**, donde tradicionalmente las pruebas de evaluación se enfocaban a un enfoque puramente lógico matemático y lingüístico.

Son numerosas las instituciones educativas que tratan hoy en día de ampliar la evaluación del estudiante incorporando factores asociados a sus capacidades para la expresión artística o corporal, por poner algunos ejemplos.

Otra discusión asociada al concepto de inteligencia es la exclusividad o no de la **inteligencia como atributo humano**. Sin embargo, los resultados de la

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

experimentación científica han conseguido apartar esta discusión al poner en evidencia que son numerosas las especies animales que consiguen generar nuevas estrategias para adaptarse mejor a las necesidades del entorno y resolver los problemas asociados (Rayner, 1887), y todo ello a pesar de que la experimentación con otras especies animales en este ámbito no es trivial (MacLean, 2014).

Comentado el concepto de inteligencia, queda profundizar en el término que nos ocupaba al inicio. Según la RAE (Real Academia Española), la **inteligencia artificial** es: «La disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico».

Otras definiciones del término muy extendidas son las siguientes:

«La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...» (Bellman, 1978).

«El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia» (Kurzweil, Richter, Kurzweil y Schneider, 1990).

Como se puede apreciar, la automatización o realización de estas actividades por máquinas (artificial) es una característica común a estas definiciones.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

1.3. Fundamentos de la inteligencia artificial

El objetivo de este apartado es identificar algunas disciplinas y conceptos que han contribuido al desarrollo de la inteligencia artificial.

Sin duda alguna, la **filosofía** es una de las disciplinas que más ha contribuido al desarrollo de la inteligencia artificial y lo ha hecho desde diversos enfoques. Las ideas filosóficas han sido básicas para definir los conceptos de «inteligencia», «racional», etc.

Aristóteles (384-322 a. C.) fue el primer autor que intentó definir el conjunto de leyes que rigen el razonamiento. El mallorquín Ramón Llull (1232-1315), patrón de los ingenieros informáticos, dedicó parte de su vida a diseñar una máquina lógica capaz de demostrar una verdad o refutar una mentira. Thomas Hobbes (1588-1679) contemplaba amplias analogías entre el proceso de razonamiento y el proceso de computación numérica.

A partir del siglo XVI aparecen corrientes filosóficas que marcan el debate de la época. Por un lado, **nos encontramos el dualismo frente al materialismo**. El dualismo hace referencia a la existencia de dos componentes independientes entre sí y que marcan nuestras elecciones. Uno de esos componentes de la mente sería el asociado al alma y funciona al margen de las leyes físicas, mientras que el otro se basa exclusivamente en la aplicación de los principios físicos universales. René Descartes (1596-1650) era uno de los firmes defensores de esta corriente.

El materialismo surge como contraposición al dualismo al considerar que todas las operaciones del cerebro se realizan de acuerdo con las leyes de la física que constituyen la mente. Según los materialistas, la conciencia es fruto de la materia. Francis Bacon (1561-1626) y Thomas Hobbes (1588-1679) fueron dos de los máximos exponentes de esta corriente.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Respecto a la procedencia del conocimiento, el **movimiento empírico** iniciado por Bacon establece que todo conocimiento tiene que pasar por la percepción de los sentidos. Como decía John Locke (1632-1704) «nada existe en la mente que no haya pasado antes por los sentidos».

La relación entre conocimiento y acción busca explicar los desencadenantes de las acciones y constituye una cuestión de especial relevancia en la inteligencia artificial. Los **postulados de Aristóteles** son, todavía hoy, una fuente imprescindible a la hora de entender esta relación. Según el filósofo griego las acciones pueden justificarse en base a la conexión lógica entre los objetivos planteados y el conocimiento de la operativa y consecuencia de las acciones aprendidas.

Obviamente, la filosofía no es la única disciplina que ha aportado valor a la evolución de la inteligencia artificial. Las matemáticas, economía, neurociencia, psicología e ingeniería computacional también han realizado indispensables contribuciones a este campo.

Otras contribuciones de la inteligencia artificial

La **matemática** es una de las ciencias que más ha contribuido al desarrollo de la inteligencia artificial. Hoy en día es complicado considerarse experto en inteligencia artificial sin poseer una elevada competencia en el manejo y comprensión de los fundamentos matemáticos relacionados con la lógica, álgebra, cálculo, etc.

Además del concepto de algoritmo trabajado desde la Antigüedad por un amplio abanico de matemáticos, la **lógica matemática** es esencial para permitir el modelado de ciertas conductas. Dos contribuciones fundamentales son el trabajo de **George Boole** (1815-1864) definiendo la lógica proposicional o booleana (se mencionará con más detalle más adelante), y las contribuciones de **Gottlob Frege** (1848-1925), extendiendo la lógica de Boole para incluir objetos y relaciones y dando lugar a la lógica de primer orden que permite la representación del conocimiento.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

En 1930, **Kurt Gödel** (1906-1978) da lugar a uno de los mayores hitos de la historia de las matemáticas y la ciencia en sí mismo formulando los famosos **teoremas de incompletitud**. De forma muy resumida y empleando términos sencillos, tomando como base los dos teoremas formulados por Gödel se puede demostrar que existen afirmaciones que no se pueden demostrar verdaderas o falsas empleando la sintaxis y notación algorítmica.

Para muchos autores, el principio de incompletitud pone límite al conocimiento humano al evidenciar la existencia de postulados no demostrables mediante la argumentación matemática.

Alan Turing (1912-1954) centró sus investigaciones en lo que sí podía ser demostrado y dio pie a la **máquina de Turing**. El trabajo de Turing fue absolutamente esencial para el desarrollo de la teoría de la computación tal y como lo conocemos actualmente.

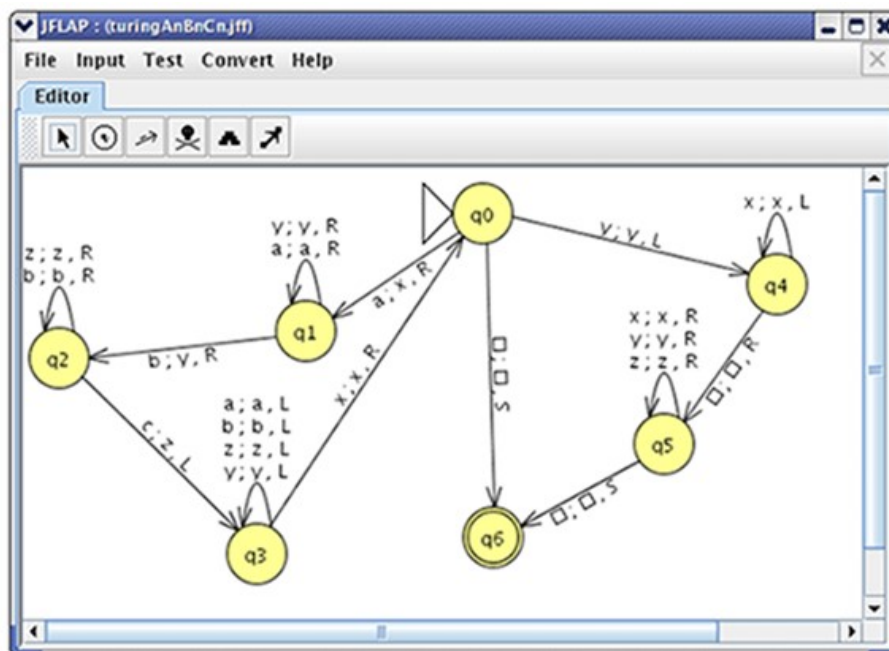


Figura 4. Ejemplo de máquina de Turing empleando herramienta JFlap. Fuente: JFlap, s.f.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Por último, los trabajos matemáticos relacionados con el estudio de la complejidad algorítmica y el desarrollo de los algoritmos probabilistas también merecen ser mencionados en este resumen.

Respecto a la **economía** pura y las matemáticas aplicadas a la economía, las investigaciones centradas en teoría de la decisión, teoría de juegos e investigación operativa permitieron entender y modelar mejor el concepto de agente inteligente.

La **neurociencia**, en todo lo referente a la estructura neuronal, y la **psicología**, en todo lo referente al análisis del comportamiento, realizan aportaciones destacadas a la evolución de los métodos empleados en la disciplina.

Finalizaremos este apartado hablando de las contribuciones de la **ingeniería informática**, y lo haremos centrándonos exclusivamente en las aportaciones más recientes. En un contexto de gran disposición de datos para entrenar los sistemas inteligentes y mejorar su desempeño, las aportaciones de la ingeniería informática al sector han sido esenciales permitiendo el diseño e implementación de sistemas escalables que permiten realizar en paralelo miles de millones de operaciones posibilitando la creación de aplicaciones que, en muchas ocasiones, compiten de tú a tú con las capacidades humanas (cuando no las superan).

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

1.4. Historia de la inteligencia artificial

Se resumirá de forma básica en este apartado la evolución de la inteligencia artificial. Se resaltarán algunos hitos destacados en la disciplina que podemos ver en la siguiente figura.



Figura 5. Origen y evolución de la inteligencia artificial. Fuente: elaboración propia.

Aunque el trabajo puro relacionado con la inteligencia artificial comenzó poco después de la Segunda Guerra Mundial, y el término fue formalmente fijado en 1956, existen algunos antecedentes que merece la pena recordar.

En 1912, el genio español **Leonardo Torres Quevedo** (llegó a diseñar el funicular del Niágara) creó una máquina autónoma capaz de jugar al ajedrez.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

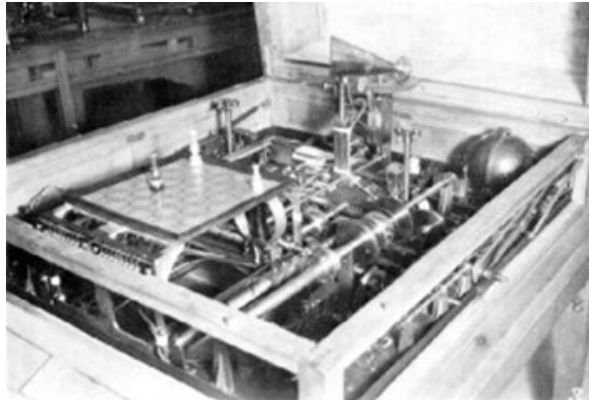


Figura 6. Autómata para jugar al ajedrez diseñado por Torres Quevedo. Fuente: Carlita Vanessa, 2012.

Constituyó este un hito importante en la época, dando una idea del potencial que podía llegar a adquirir una máquina.

En 1943, **McCulloch y Pitts** proponen una unidad de cálculo que intenta modelar el comportamiento de una neurona «natural», similar a las que constituyen el cerebro humano.

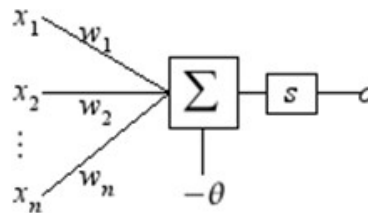


Figura 7. Unidad de cálculo propuesta por McCulloch y Pitts. Fuente: elaboración propia.

En 1949, **Donald Hebb** formula la regla de Hebb.

En 1950, el gran científico **Alan Turing** publica su obra *Computing Machinery and Intelligence* donde expone su famosa prueba de Turing. Esta prueba se diseñó para proporcionar un mecanismo que permitiese decidir si una máquina tenía un comportamiento «inteligente» o no. La prueba consiste en un humano que contempla dos terminales. En estos terminales hay un humano y un programa que contestan y

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

dialogan con el humano o humanos entrevistadores. Si el humano no es capaz de distinguir entre el humano real y el *software*, entonces podemos decir que este *software* ha superado la prueba y le podemos considerar inteligente.

En **1950** también aparecen programas informáticos que aplican técnicas de inteligencia artificial como el programa de ajedrez de Arthur Samuel, el solucionador de problemas lógicos de Newell y Simon y la máquina de Gelernter, capaz de deducir problemas de geometría euclídea.

De 1952 a 1969 se da el período conocido como «Look, Ma, ¡no hands!». Esta época se caracteriza por un gran entusiasmo y expectativa en las aplicaciones de la inteligencia artificial.

En **1956** tiene lugar la Conferencia de Dartmouth (en el Dartmouth College, Estados Unidos). En este encuentro de muchos de los investigadores más influyentes del momento en el área se adoptó oficialmente el término «inteligencia artificial».

En **1965 Robinson** propone un algoritmo capaz de aplicar criterios de razonamiento lógico. Al mismo tiempo, aparece en el MIT el primer *chatbot* denominado Eliza.

En el período comprendido **entre 1966 y 1974** se profundiza en el concepto de la complejidad computacional, algo esencial para las futuras evoluciones de la disciplina.

Entre 1969 y 1979 se desarrollan los primeros sistemas basados en el conocimiento.

En **1974** aparecen los primeros trabajos con coches autónomos, aunque todavía muy primitivos y no muy alejados de coches a control remoto.

Entre 1980 y 1988 aparecen en el mercado diversos sistemas expertos.

Entre los años **1985 y 1995** se retoma el interés por las redes neuronales.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

A partir de 1988 nuevas soluciones como algoritmos genéticos o *soft computing* contribuyen al enriquecimiento de la disciplina.

A partir de 1995 se produce la gran explosión de los agentes inteligentes.

En **1997** el ordenador de IBM (Deep Blue) derrota a Gary Kasparov en uno de los duelos de ajedrez que más expectación han generado.

En el año **2011**, el programa de IBM Watson derrota al campeón (humano) del conocido juego *Jeopardy*.

En el año **2015**, el *software* desarrollado por Google, DeepMind AlphaGo, derrota al campeón mundial de *Go*.

En el año **2019**, DeepMind AlphaStar consigue ser gran maestro en la liga mundial de jugadores de *Starcraft II*, ganando el 98 % de las partidas.

No todo han sido éxitos en la historia de la inteligencia artificial, **los períodos que abarcan los años 1974-1980 y 1987-1993 son conocidos como los inviernos de la inteligencia artificial**. Estas franjas de tiempo se caracterizan por una gran desilusión en las posibilidades de esta disciplina y descenso del número de aportaciones.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Aunque no constituye un hito puramente científico, merece la pena mencionar la **aparición de las tres leyes de la robótica de Asimov** (aunque también hay quien asocia la coautoría de estas leyes con John W. Campbell). La aparición de estas leyes propició interesantes debates sobre la evolución de la inteligencia artificial. Las tres leyes de la robótica de Asimov establecen los ejes fundamentales que deberían guiar la conducta de un robot. Son las siguientes:

1.ª Ley	2.ª Ley	3.ª Ley
Un robot no hará daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño	Un robot debe hacer o realizar las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la primera ley	Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o la segunda ley

Figura 8. Leyes de la robótica de Asimov. Fuente: elaboración propia.

Las **leyes de Asimov** guardan relación con los retos éticos que afronta la inteligencia artificial y que serán tratados en próximos temas.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

1.5. Inteligencia artificial y conceptos relacionados

Inteligencia artificial (también utilizamos IA) es un concepto muy amplio y genérico. Por ello es útil y necesario precisar con mayor exactitud algunas de las aplicaciones o campos de actuación de la inteligencia artificial más referenciados.

Aunque en ocasiones se suele confundir IA con *Machine Learning* o Aprendizaje Automático, veremos que este último es una de las disciplinas, quizás la que más está desarrollándose aparte de la robótica, que conforman la IA.

Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (PLN o *NLP* en inglés) estudia las **interacciones entre las computadoras y el lenguaje humano**. Es este uno de los ámbitos de trabajo más fructíferos de los últimos años y ha dado lugar a conocidos productos como Siri de Apple o Alexa de Amazon.



Figura 9. Echi & Alexa. Fuente: Amazon s.f.

Estos productos permiten al usuario comunicarse con un dispositivo concreto, como puede ser el teléfono móvil, a través del lenguaje natural.

Las técnicas de procesamiento del lenguaje natural se aplican también al diseño de

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

chatbots. Los *chatbot* son piezas de *software* diseñada para aplicaciones de mensajería que interactúan con el usuario intentando comprender y satisfacer sus necesidades proveyendo acceso al servicio más adecuado en cada momento.

Productos como Siri o Alexa se enfrentan a multitud de retos a la hora de interpretar el lenguaje hablado. La gran diversidad de idiomas y acentos, así como la necesidad de proporcionar una respuesta coherente en tiempo y forma adecuado hace que este tipo de soluciones no sean triviales.

Robótica

Comencemos con el concepto de robótica. Según la RAE, un robot es una «máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas». El término robot proviene de su correspondiente anglosajón (con la misma grafía), que proviene a su vez de la voz checa *robota*, que significa ‘trabajo, prestación personal’.

El significado original del término tiene sentido porque los robots se concibieron como máquinas destinadas a ayudar al ser humano a realizar las tareas más pesadas, estando ahora totalmente introducidos en casi la totalidad de las cadenas de producción.

Robótica, por tanto, es la ciencia que estudia el diseño y construcción de máquinas autónomas capaz de realizar tareas de forma inteligente, resolviendo problemas y adaptándose a los cambios que suceden en el entorno.

A la hora de hablar de robótica, haremos referencia con relativa frecuencia a Sophia por el nivel de interlocución con los humanos que demuestra. Sophia es producto de Hanson Robotics.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial



Figura 10. Sophia, robot creado por Hanson Robotics. Fuente: DMagazine, s.f.

Sin embargo, no es Sophia el tipo de robot susceptible de estar más presente en nuestras casas, los robots aspiradoras o robots juguetes son ejemplos más cercanos a nuestros hogares.

Sistemas expertos

Una de las ramas más conocidas de la inteligencia artificial es la de los sistemas expertos. Un sistema experto **intenta acumular el conocimiento existente en un ámbito concreto (por ejemplo, el área de atención primaria de medicina) y aplicarlo a la toma de decisiones empleando procesos de razonamiento lógico**. El desarrollo de sistemas expertos se potenció especialmente a partir de los años 70. Hoy en día disponemos de sistemas expertos que ayudan a tomar mejores decisiones en el ámbito clínico, transporte aéreo, seguridad, gestión de empresas, etc.

El desarrollo de un sistema experto suele exigir el modelado del conocimiento asociado para que la máquina pueda tenerlo en consideración. Para esta tarea son

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

especialmente indicadas las **ontologías**. Una ontología pretende representar el conocimiento existente, así como las propiedades y relaciones entre los distintos conceptos de forma consistente. La Figura 11 muestra un sencillo ejemplo de una ontología.

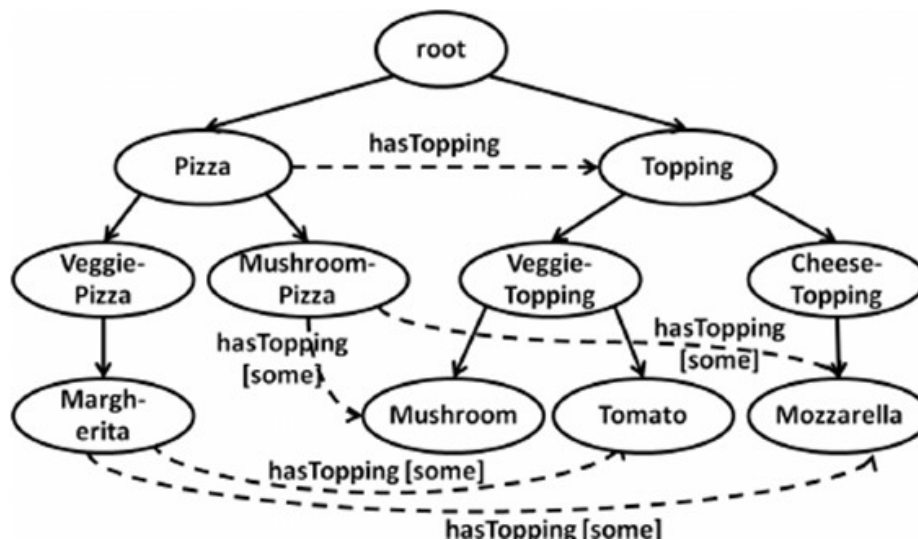


Figura 11. Ejemplo de una ontología para modelar la disponibilidad de pizzas existentes. Fuente: Cobb et al., 2012.

Algoritmos genéticos

Una parte de la inteligencia artificial se ocupa de lo que algunos autores vienen a denominar **pautas para la vida artificial**. Este tipo de técnicas simulan realidades virtuales que evolucionan en función de un conjunto de reglas previamente definidas. Uno de los ejemplos más conocidos de este paradigma son los algoritmos genéticos.

Los algoritmos genéticos **suelen emplearse para encontrar la solución a un problema concreto simulando las leyes evolutivas básicas**. En primer lugar, se parte de una inicialización, frecuentemente aleatoria, de la población. Cada elemento de la población está compuesto de una serie de genes que se interpretan según una función de fitness previamente definida por el usuario. Esta función de fitness permite comparar los distintos individuos entre sí y saber cuáles están más cerca del objetivo

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

buscado.

Por ejemplo, supongamos que buscamos maximizar la función $f(x, y) = x^2 + 5y^3$. Cada individuo podría estar compuesto de dos genes representando a x , e y . Según esto, los mejores individuos considerando el objetivo inicialmente planteados serían los que tuviesen un valor más alto a la hora de calcular $f(x, y)$.

Ciertos elementos de la población (por ejemplo, los más aptos al entorno según el criterio elitista) se cruzan entre sí (*crossover*) generando una descendencia y compartiendo genes. Algunos estos genes podrían sufrir una mutación. A continuación, se evalúa cada individuo de la población según la función de fitness determinando, según el criterio seguido, quiénes sobreviven y pasan a la siguiente iteración y quiénes fallecen. La Figura 12 muestra el esquema general de un algoritmo genético.

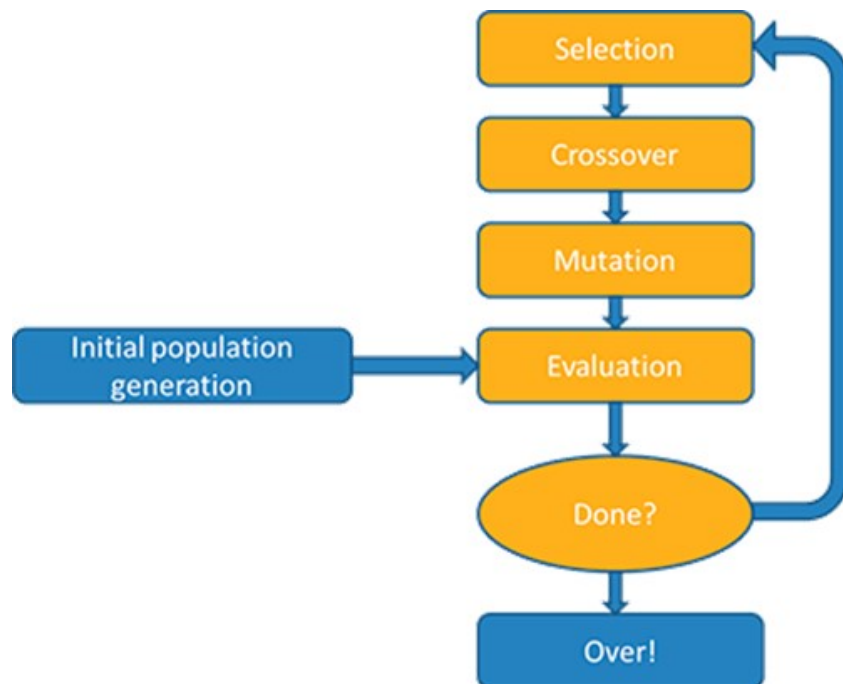


Figura 12. Esquema general de un algoritmo genético. Fuente: Li y Wang, 2022.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

Machine learning (aprendizaje automático)

Las técnicas de *machine learning* o aprendizaje automático pretenden **generalizar comportamientos y encontrar patrones** en función de los ejemplos proporcionados de antemano. Existen dos grandes tipologías a la hora de afrontar un problema de aprendizaje automático: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado.

En la figura siguiente podemos situar el aprendizaje automático dentro del ámbito de la inteligencia artificial (al igual que otras disciplinas), en su relación con otras áreas del ámbito de la ciencia de datos (*data science*) y con el detalle interno de tipologías de aprendizaje en base a la forma de aprendizaje que busca.

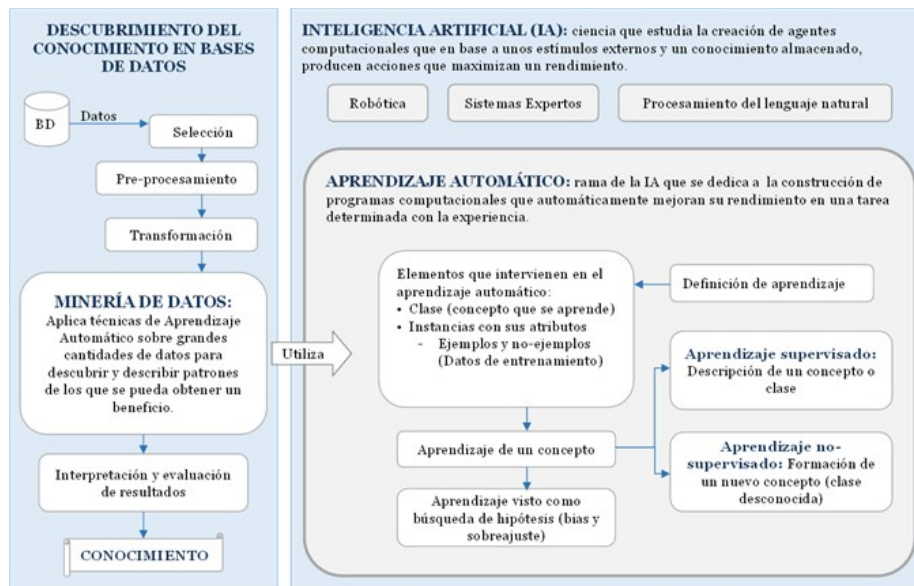


Figura 13. Aprendizaje Automático como herramienta para la minería de datos.

Con las técnicas de **aprendizaje supervisado** se entrena al algoritmo con un conjunto de datos previamente etiquetado (conjunto de entrenamiento). En función de ese entrenamiento previo el algoritmo generará un modelo. La aplicación de dicho modelo a nuevos datos permitirá predecir entradas futuras.

Por ejemplo, supongamos que queremos generar un modelo capaz de discernir si una imagen representa una cara humana o no. Para ello alimentaremos al algoritmo

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

con imágenes de caras humanas variadas (y las catalogaremos como «caras») e imágenes de otros objetos (y las catalogaremos como «no caras»). El algoritmo tratará de encontrar patrones comunes de las «caras» frente a las «no caras» para generar un modelo. Posteriormente, probaremos dicho modelo con un conjunto nuevo de imágenes (conjunto de prueba). En este caso, no se proporciona información al modelo sobre si está leyendo una cara o no. Será el modelo el que haga la predicción oportuna. Comparando los resultados del modelo en este conjunto de prueba con la realidad podremos obtener una idea de su fiabilidad. La Figura 14 muestra el esquema asociado a la fase de entrenamiento.

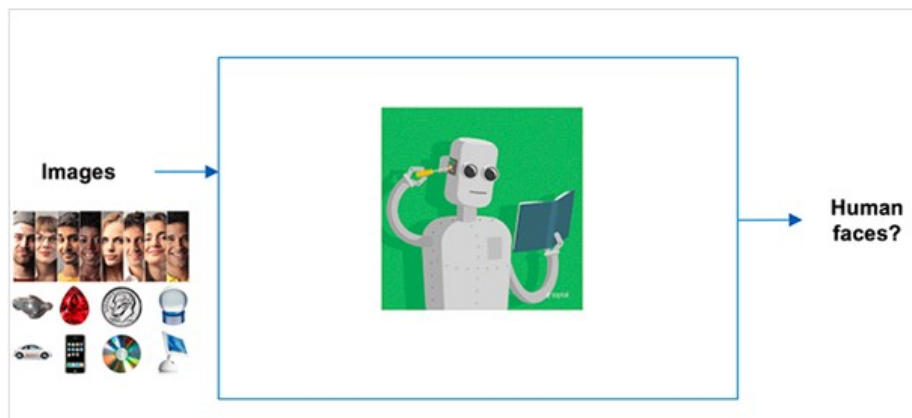


Figura 14. Ejemplo de aprendizaje automático supervisado. Fuente: elaboración propia.

En el caso del **aprendizaje no supervisado**, no se proporciona al algoritmo información previa de etiquetado. Por ejemplo, supongamos que queremos clasificar a los clientes de una empresa en determinados grupos en función de su actividad (*clustering*). En este caso no sabemos de forma previa el grupo al que pertenece el cliente, por tanto, no se puede proporcionar un etiquetado previo. En función de los parámetros de cada cliente, propiedades y relaciones numéricas entre los distintos individuos el algoritmo propondrá distintas tipologías o grupos de clientes.

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

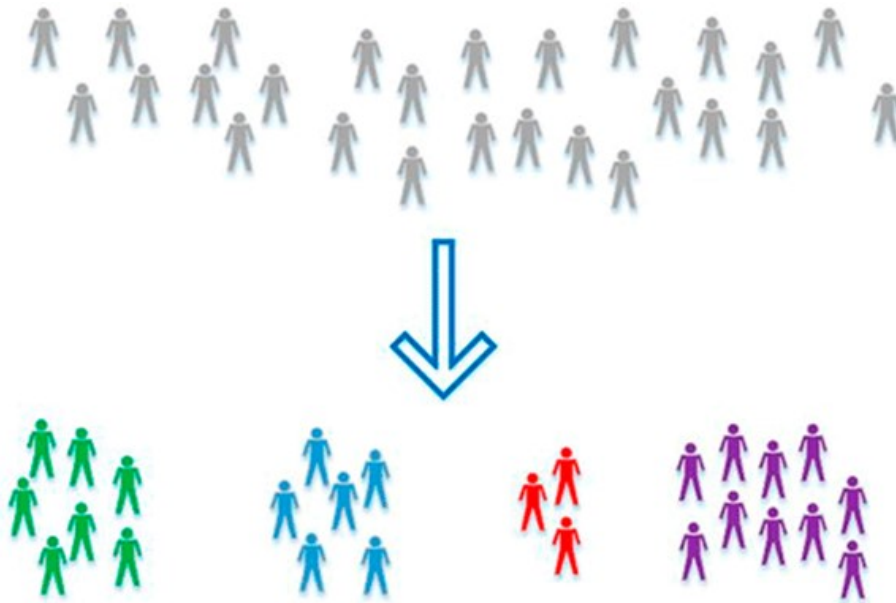


Figura 15. Ejemplo de aprendizaje automático no supervisado. Fuente: Notre Dame CVRL, s.f.

Redes neuronales artificiales y deep learning

Las redes neuronales representan un modelo computacional de las conexiones entre neuronas que se dan en el cerebro. Cada neurona recibe información de entrada procedente de varias fuentes y emite una salida concreta en función de su configuración. Se trata de un subconjunto de sistemas de aprendizaje automático con unas características específicas y que han revolucionado bastantes áreas de aplicación como la traducción, el uso de imágenes y vídeos, la clasificación y muchas otras.

Asociado al concepto de redes neuronales, un término en auge es el concepto de *deep learning*. Las técnicas de *deep learning* constituyen una familia específica de **algoritmos de aprendizaje automático centrados en aprender representaciones de datos**, por ejemplo, la estructura de una imagen que represente una cara humana. El ejemplo más común de *deep learning* es una red neuronal de varias capas ocultas. La Figura 16 muestra un conjunto de neuronas interconectadas entre sí. Las capas del medio (marcadas en el gráfico como *hidden layer 1, 2 y 3*) reciben

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

datos de las capas previas, procesan el resultado según un procedimiento previamente estipulado antes de compartir la salida con otras neuronas.

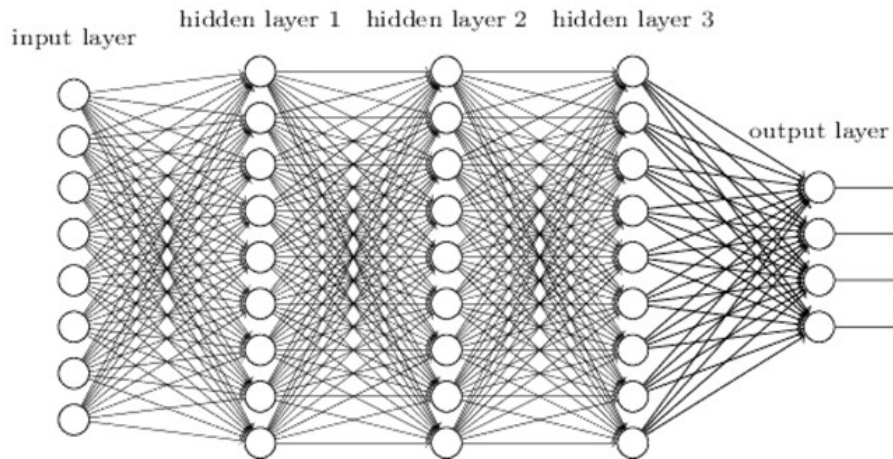


Figura 16. Red neuronal artificial profunda con varias capas ocultas. Fuente: Medium, 2017.

Las aplicaciones de las técnicas de *deep learning* son varias y diversas, desde visión por computador hasta reconocimiento automático del habla pasando por sistemas de recomendación. En este punto, el alumno no debe preocuparse por que le resulten vagos y poco concretos los contenidos sobre redes neuronales y *deep learning* expuestos en este tema. Pretendemos aquí simplemente introducir estos términos de forma muy básica.

Computación cognitiva

El último de los conceptos que vamos a estudiar en este tema es el concepto de “computación cognitiva”, concepto sumamente amplio que está centrado en **intentar que las máquinas piensen de la forma más parecida posible a como lo haría un ser humano**. La computación cognitiva exige aprovechar todos los datos que tenemos a nuestra disposición tanto estructurados (bases de datos) como no estructurados (imágenes, vídeos, sonidos...). La computación cognitiva obliga a usar estos datos en contexto. Pongamos un ejemplo de esto: supongamos que están hablando dos personas y una de ellas dice a la otra: «¡Claro!, me parece perfecto».

Tema 1. Caracterización de sistemas de Inteligencia Artificial

¿Qué ha querido decir? ¿Está de acuerdo? La respuesta es: **depende**. El tono del mensaje, la expresión facial a la hora de transmitir el mensaje, todo es relevante. Si un programa simple de procesamiento del lenguaje natural analizase la frase, lo normal es que interpretase que sí, que efectivamente está de acuerdo. Una aplicación cognitiva, sin embargo, sería capaz de contextualizar el mensaje en línea con el tono de voz y la expresión facial a la hora de tomar una decisión.

Las aplicaciones cognitivas están en auge en la industria, pero debemos ser especialmente cuidadosos porque, en ocasiones, el término se emplea con demasiada libertad.