

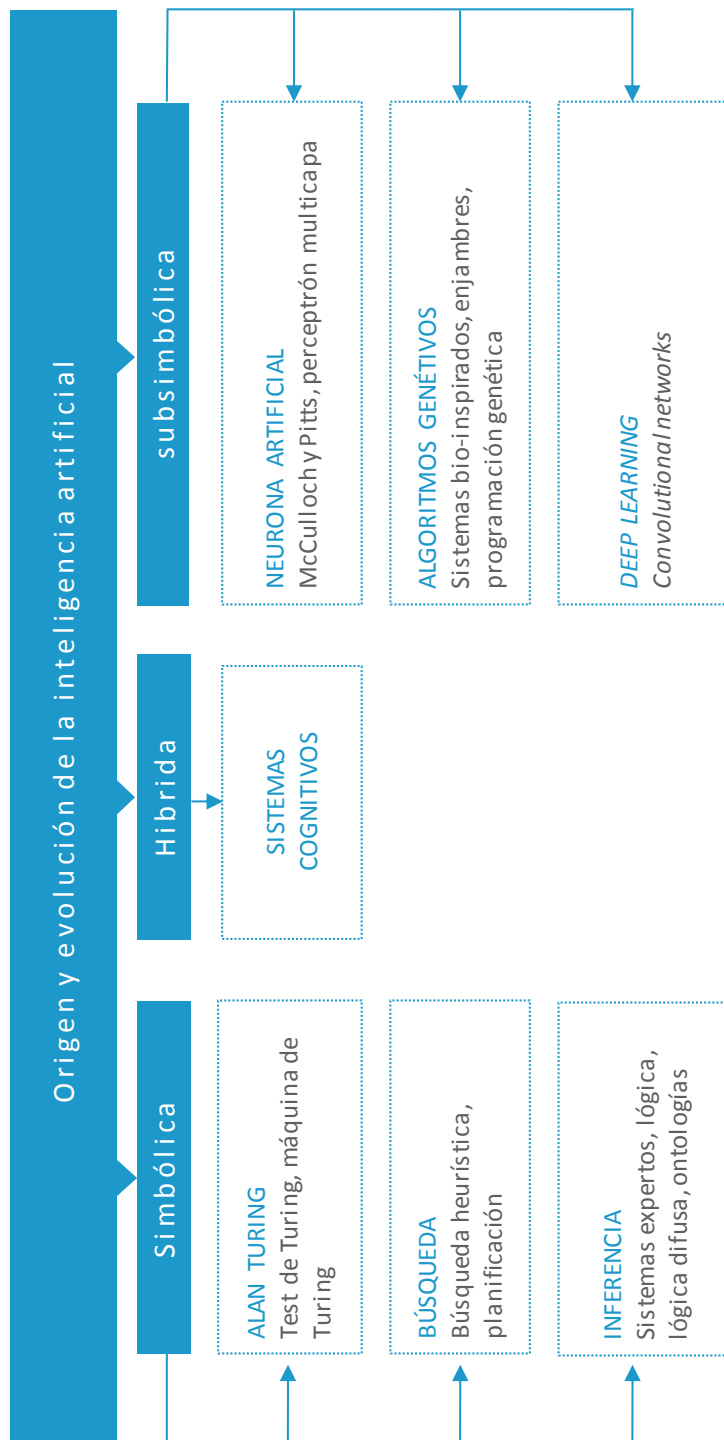
Investigación en Inteligencia Artificial

---

# Origen y evolución de la inteligencia artificial

# Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
1.1. Introducción y objetivos	4
1.2. Definición y origen del concepto inteligencia artificial	4
1.3. Fundamentos de la inteligencia artificial	8
1.4. Historia de la inteligencia artificial	12
1.5. Inteligencia artificial y conceptos relacionados	16
1.6. Referencias bibliográficas	24
A Fondo	26
Test	27



## Esquema

## 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. Objetivos más concretos 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.

## 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 1).

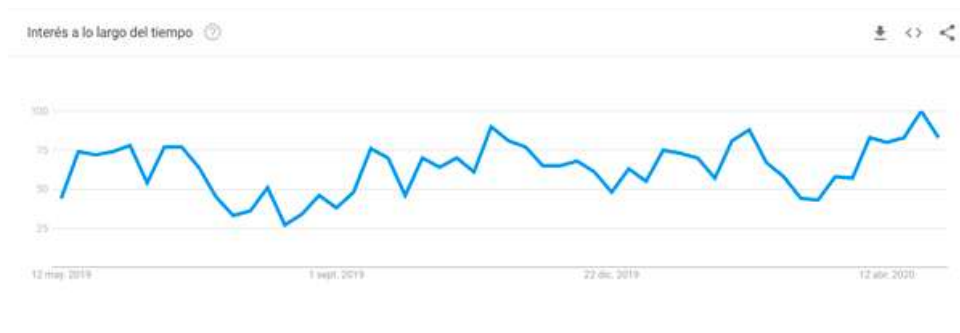


Figura 1. Interés a lo largo del tiempo del término «inteligencia artificial».  
Fuente: <https://trends.google.es/trends/explore?date=2010-10-05%202020-05-10&geo=ES&q=Inteligencia%20Artificial>

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 2 evidencia de forma muy clara como este interés se ha incrementado en los últimos años.

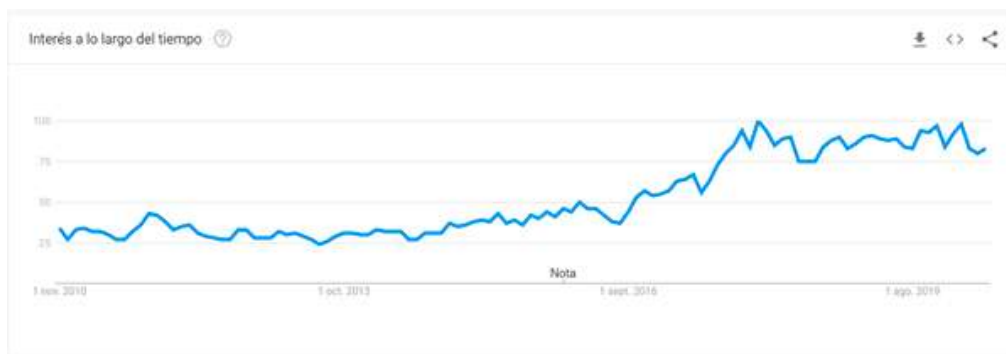


Figura 2. Interés a lo largo del tiempo del término *artificial intelligence*.  
Fuente: <https://trends.google.es/trends/explore?date=2010-10-05%202020-05-10&q=artificial%20intelligence>

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?

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 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.

## 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.

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.

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.



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).

## 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.

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.

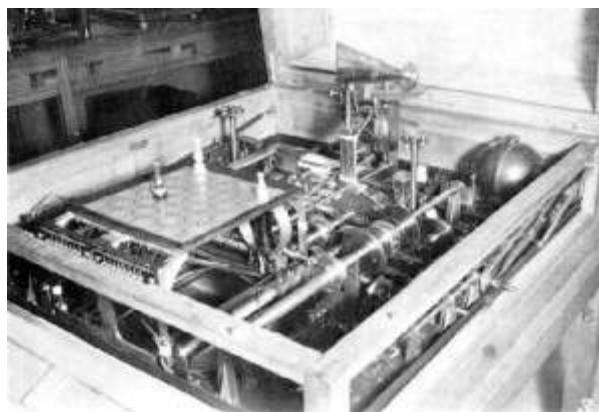


Figura 4. Autómata para jugar al ajedrez diseñado por Torres Quevedo.

Fuente: <http://quhist.com/wp-content/uploads/2012/07/Ajedrecista-de-Torres-Quevedo-300x203.jpg>

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.

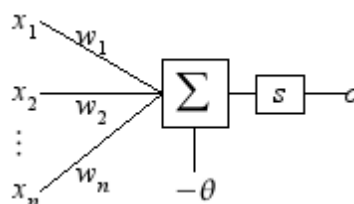


Figura 5. Unidad de cálculo propuesta por McCulloch y Pitts.

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 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.

**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.

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 6. Leyes de la robótica de Asimov.

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

## 1.5. Inteligencia artificial y conceptos relacionados

Inteligencia artificial 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.

### 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.





Figura 7. Sophia, robot creado por Hanson Robotics.  
Fuente: <http://www.hansonrobotics.com/robot/sophia/>

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 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 8 muestra un sencillo ejemplo de una ontología.

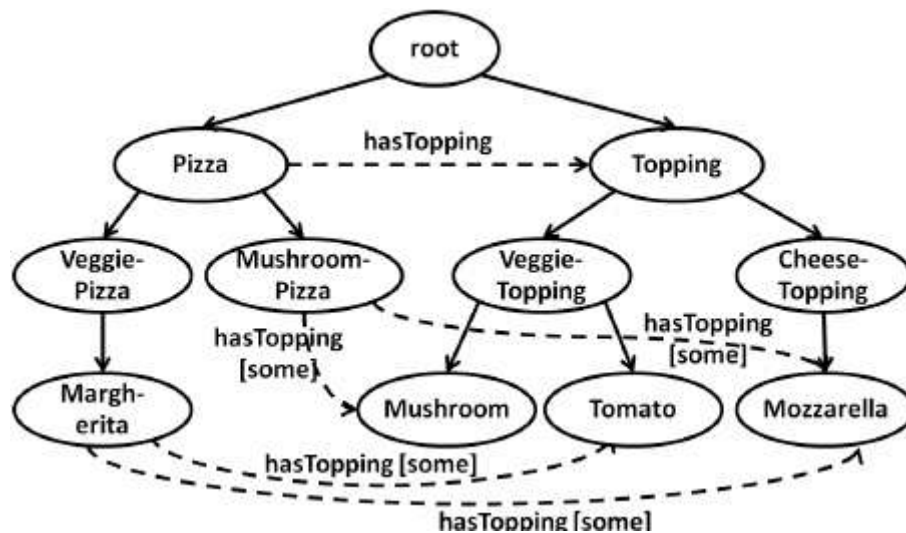


Figura 8. Ejemplo de una ontología para modelar la disponibilidad de pizzas existentes.

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/236842047\\_fig1\\_Figure-1-Example-pizza-ontology-represented-as-a-graph-G-a-and-a-changed-version-of](https://www.researchgate.net/figure/236842047_fig1_Figure-1-Example-pizza-ontology-represented-as-a-graph-G-a-and-a-changed-version-of)

## Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) 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. Echo & Alexa.

Fuente: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51TFnR7AtGL. AC US218 .jpg>

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 *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.

## 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 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 10 muestra el esquema general de un algoritmo genético.

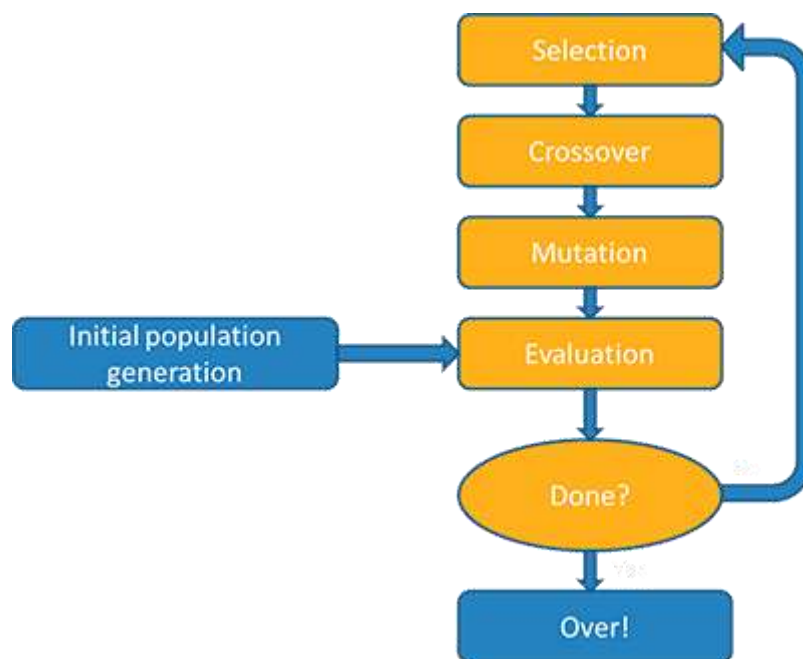


Figura 10. Esquema general de un algoritmo genético.

Fuente: [https://genetic.io/wp-content/uploads/2016/07/processus\\_en.png](https://genetic.io/wp-content/uploads/2016/07/processus_en.png)

## 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.

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 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 10 muestra el esquema asociado a la fase de entrenamiento.

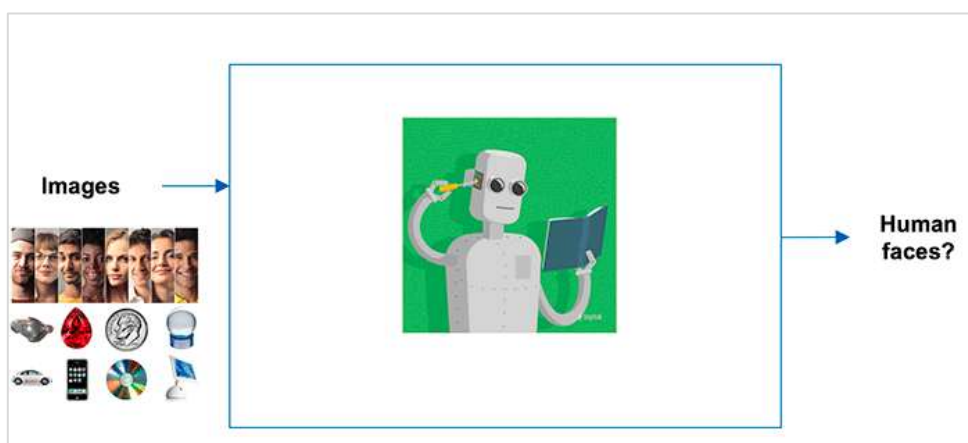


Figura 11. Ejemplo de aprendizaje supervisado.

Fuente: <https://uploads.toptal.io/blog/image/443/toptal-blog-image-1407508081138.png>

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.

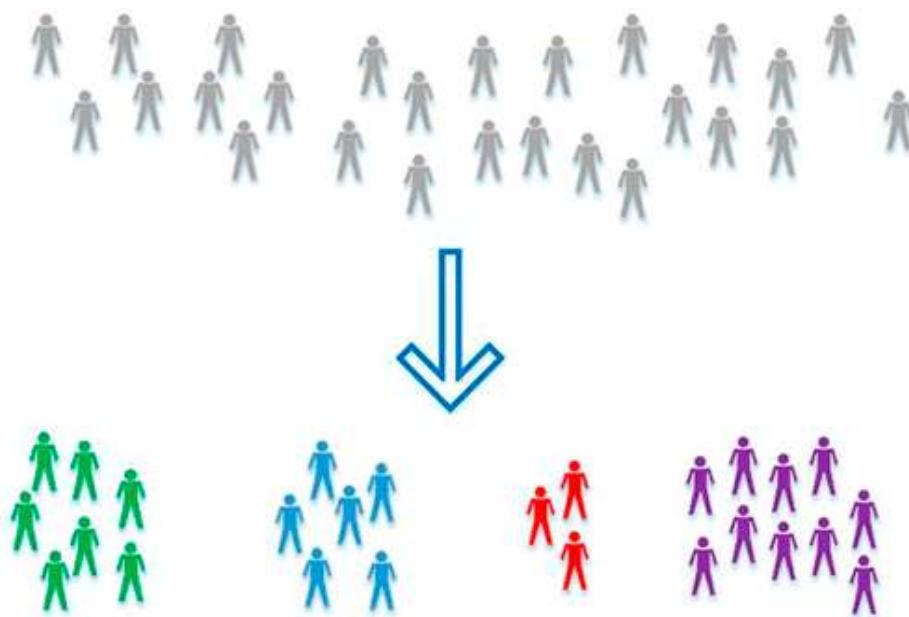


Figura 12. Ejemplo de aprendizaje no supervisado.

Fuente: <https://insidebigdata.com/>

## Redes neuronales 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.

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 13 muestra un conjunto de neuronas interconectadas entre sí. Las capas del medio (marcadas en el gráfico como *hidden layer 1, 2 y 3*) reciben datos de las capas previas, procesan el resultado según un procedimiento previamente estipulado antes de compartir la salida con otras neuronas.

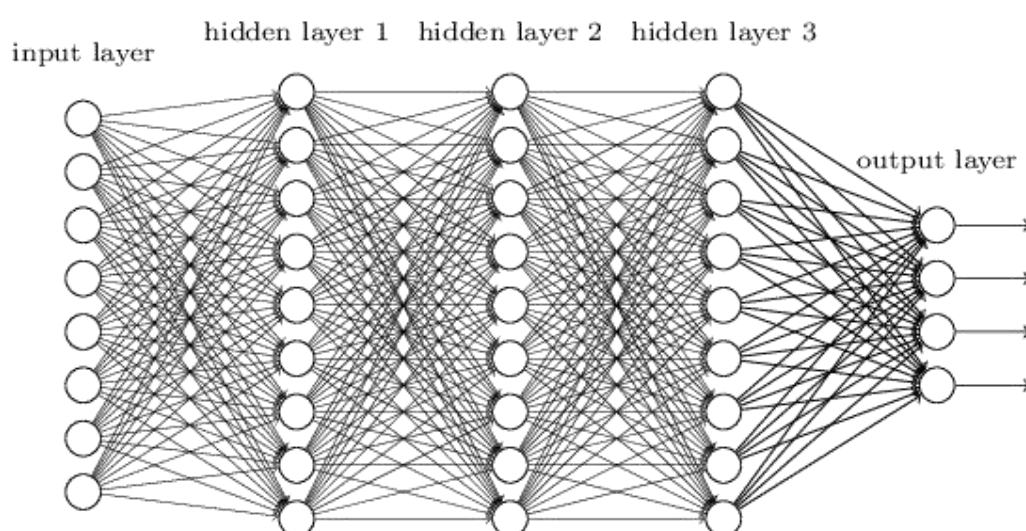


Figura 13. Red neuronal de varias capas ocultas.

Fuente: [https://cdn-images-1.medium.com/max/1600/1\\*Pn42wNB6\\_HBKgpvxRzGBWw.png](https://cdn-images-1.medium.com/max/1600/1*Pn42wNB6_HBKgpvxRzGBWw.png)

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». ¿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.

## 1.6. Referencias bibliográficas

Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence: Can computers think?* Thomson Course Technology.

Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. NY: Basics.

Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123-133.

Kurzweil, R., Richter, R., Kurzweil, R. y Schneider, M. L. (1990). *The age of intelligent machines* (Vol. 579). Cambridge: MIT press.



MacLean, E. L. et al. (2014). The evolution of self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20), E2140-E2148.

Rayner, H. (1887). Breeding for Intelligence in Animals. *Nature*, 36, 246-246.

Russell, S. y Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno* (pp. 1-35). Madrid: Pearson Educación.

## ***La mente nueva del emperador***

Penrose, R. y García Sanz, J. J. (2002). *La mente nueva del emperador*. México: Fondo de Cultura Económica (FCE).



Gran introducción a la inteligencia artificial de la mano del gran físico Roger Penrose.

## **Artificial Intelligence will create new ways of work**

The Economist. (26 de agosto de 2017). Artificial Intelligence will create new ways of work. *Economist.com*. Recuperado de <https://www.economist.com/news/business/21727093-humans-will-supply-digital-services-complement-ai-artificial-intelligence-will-create-new>

La irrupción de la inteligencia artificial ya está cambiando nuestra vida diaria. En este artículo se dan algunas ideas sobre cómo puede transformarse el mercado laboral.

1. ¿Cuáles se pueden considerar definiciones de la «inteligencia artificial»?
  - A. Una rama de la ingeniería informática centrada en el desarrollo de máquinas capaces de realizar cuantos más cálculos mejor.
  - B. La ciencia encargada de la automatización de procesos de fabricación.
  - C. El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia.
  - D. La inteligencia asociada a los animales.
  
2. Han contribuido a los fundamentos de la inteligencia artificial:
  - A. La filosofía.
  - B. La economía.
  - C. Las matemáticas.
  - D. Todas las anteriores.
  
3. Los teoremas de incompletitud de Gödel:
  - A. Establecen que el poder de las matemáticas es infinito y pueden demostrar cualquier cosa.
  - B. Demuestran que existen afirmaciones que no se pueden demostrar verdaderas ni falsas.
  - C. Gödel no llegó a finalizar la formulación de ahí el nombre de incompletitud.
  - D. Demuestran que la inteligencia artificial será capaz de crear máquinas autónomas.

4. La economía:

- A. Ha realizado diversas contribuciones al campo de la inteligencia artificial.
- B. Es una ciencia totalmente ajena a la inteligencia artificial.
- C. La teoría de la oferta y demanda ha sido muy valiosa para la inteligencia artificial.
- D. La econometría ha aportado mucho conocimiento a ciertas técnicas de inteligencia artificial.

5. Algunos hitos de la inteligencia artificial fueron:

- A. El desarrollo del primer ordenador cuántico.
- B. La ley de la relatividad.
- C. El test de Turing.
- D. Ninguna de las anteriores.

6. Los sistemas expertos:

- A. No son lo suficientemente fiables para emplearlos en medicina.
- B. A veces exigen el empleo de ontologías para representar y modelar el conocimiento disponible.
- C. Salvo en casos sencillos como un sistema de gestión de pedidos de pizzas, no son fiables.
- D. Se emplean exclusivamente para la gestión de empresas.

7. Las técnicas de procesamiento del lenguaje natural:
- A. A veces requieren gran capacidad de cómputo para responder de forma muy breve al usuario.
  - B. Afrontan el reto de lidiar con varios idiomas y multitud de acentos.
  - C. pueden aplicarse al diseño de *chatbot*.
  - D. Todas las anteriores.
8. Los algoritmos genéticos:
- A. Simulan las leyes de la evolución para intentar encontrar la mejor solución a problemas reales.
  - B. Se emplean en medicina para analizar la composición genética.
  - C. Se abandonaron rápidamente debido a su alto coste computacional.
  - D. No son considerados una técnica de inteligencia artificial.
9. El aprendizaje automático:
- A. Consiste en compartir con la máquina una serie de reglas para que tome las decisiones más oportunas.
  - B. Tiene dos vertientes: aprendizaje supervisado y aprendizaje bajo-supervisado.
  - C. Pretenden generalizar comportamientos y encontrar patrones en base a ejemplos proporcionados de antemano.
  - D. No incluye a las redes neuronales como una de sus técnicas.

**10.** La computación cognitiva:

- A. Está presente en todas las aplicaciones de inteligencia artificial.
- B. Implica el uso de grandes volúmenes de datos proveyendo el adecuado contexto.
- C. Todas las compañías usan el término correctamente y se vende como cognitivo lo que realmente es.
- D. Es un término cuyo origen se remonta a los años 40.

Investigación en Inteligencia Artificial

---

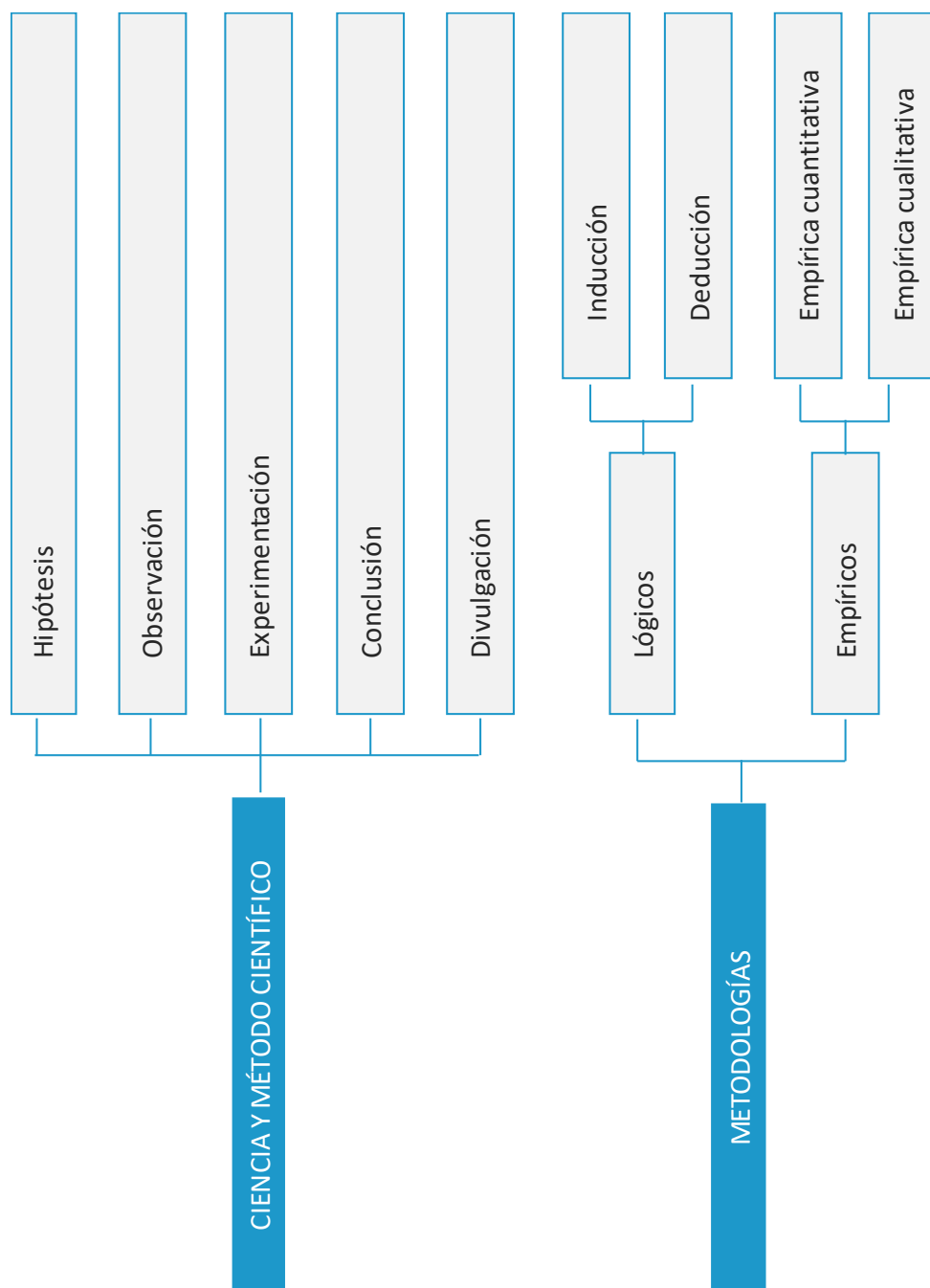
# Ciencia y método científico

# Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
2.1. Introducción y objetivo	4
2.2. La ciencia y su método	4
2.3. Metodologías de investigación en inteligencia artificial	8
2.4. Metodología empírica cuantitativa	12
2.5. Metodología empírica cualitativa	17
2.6. Referencias bibliográficas	24
A Fondo	25
Test	27



# Esquema



## 2.1. Introducción y objetivo

En este tema se explica de forma resumida **el proceso de investigación científica**. Desde la explicación del propio método científico, de qué metodologías disponemos y cómo diseñamos experimentos. De esta forma, el alumno se puede basar en los conceptos aquí expuestos para el desarrollo de los trabajos a los que dé lugar este programa de estudio, sentando las bases de cuáles son los pasos que se debe seguir para investigar en inteligencia artificial.

## 2.2. La ciencia y su método

Un alumno que inicia un máster universitario puede tener varios objetivos, por ejemplo, aprender sobre un tema que le resulta de especial interés. Pero si el objetivo se queda en el mero interés, no estaremos aprovechando la formación que estamos recibiendo. Un objetivo más ambicioso sería capacitarle para aplicar estos conocimientos en la práctica. Cuando utilizamos las destrezas adquiridas es cuando realmente comprobamos si los conceptos y técnicas impartidas se han aprendido correctamente.

Este máster versa sobre inteligencia artificial; en los próximos temas se entrará más en detalle en la explicación de ese concepto. Dado que la inteligencia artificial es un ámbito científico más, aquí nos centraremos en el concepto de ciencia y su método de trabajo.

La Real Academia Española (RAE) define *ciencia* como el «conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente».

El estudio detenido de la propia definición proporcionada por la RAE nos permite extraer los puntos fundamentales a la hora de «hacer ciencia».

En primer lugar, **la ciencia tiene que ver con la obtención de conocimiento**. Los científicos buscan evolucionar el conocimiento humano. *Conocimiento* es radicalmente opuesto a *creencia*. El conocimiento implica constatación de verdad basándonos en la experimentación de determinadas hipótesis. Por el contrario, las creencias no implican demostración de ningún tipo.

Los métodos esenciales para la obtención de conocimiento son la **observación** y el **razonamiento**. Obtenemos conocimiento a través de una observación sistemática de la naturaleza y el posterior razonamiento sobre ellos. En ocasiones, la capacidad de razonamiento humana es capaz de trabajar en escenarios donde no es posible en un momento concreto la observación del hecho. Por ejemplo, uno de los puntos fundamentales de la teoría de la relatividad de Einstein fue el de la existencia de las ondas gravitacionales. La predicción de Einstein tuvo que esperar hasta el año 2015 para que los modernos aparatos de los astrofísicos confirmaran mediante la observación el postulado del genio alemán.

Por último, la **repetitividad** permite verificar el resultado de los experimentos realizados. Ante una experimentación en la otra punta de mundo, si repetimos el experimento en nuestro laboratorio u ordenador, partiendo de exactamente las mismas condiciones iniciales deberíamos obtener el mismo resultado. Este proceso de revisión por pares es lo que asegura la calidad de la experimentación científica.

## El método científico

El método científico establece **los pasos generales que nos permiten obtener conocimiento científico**. Aristóteles fue uno de los grandes impulsores del método científico. Grandes filósofos griegos, como Sócrates o Platón, también insistieron en la necesidad de disponer de métodos de razonamiento. Ibn al-Haytham, Johannes Kepler y el propio Galileo Galilei fueron otros actores fundamentales en el desarrollo de la metodología científica.

De forma muy básica, el **método científico general** podría resumirse en los siguientes pasos:

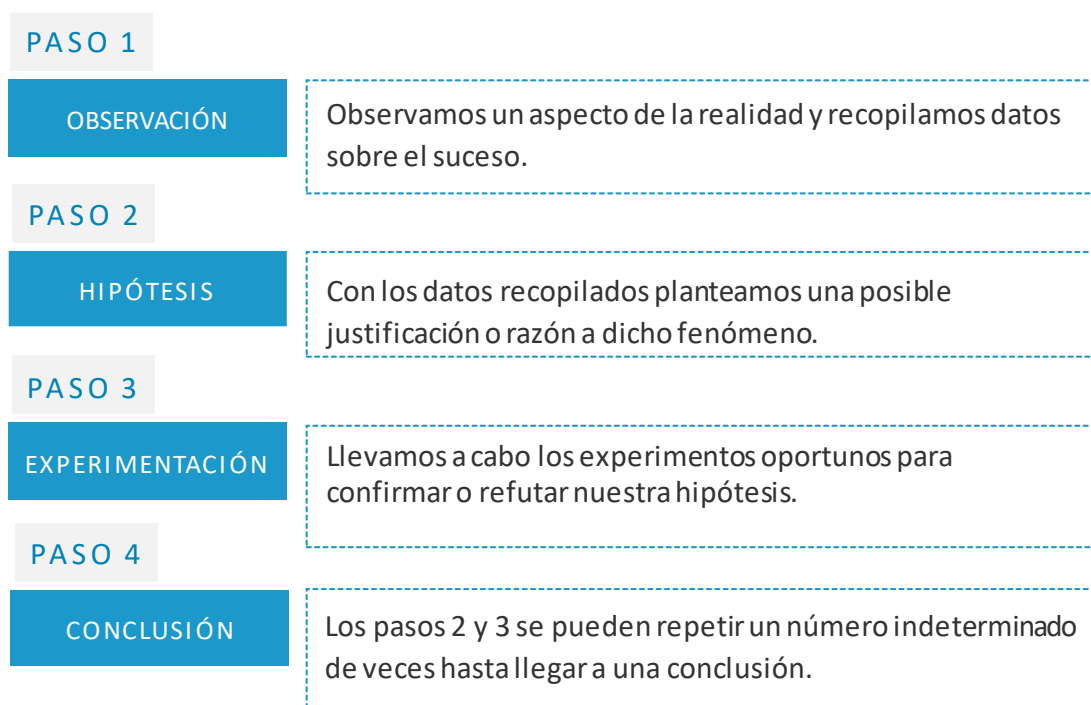


Figura 1. Pasos generales del método científico.

Si entramos en detalle, se contemplan diversas tipologías del método científico:

- ▶ Método lógico-deductivo.
- ▶ Método empírico-analítico.
- ▶ Método histórico.
- ▶ Etc.

El detalle de todas y cada una de ellas se explicará más adelante.

Algo absolutamente esencial en el método científico es la **pregunta**. Y aquí podemos enlazar fácilmente con el tema objeto de estudio en este máster. Dentro de la inteligencia artificial, lo esencial no es la tecnología ni la técnica, lo absolutamente esencial es la pregunta que nos planteamos como marco de trabajo. Algunos ejemplos de preguntas potenciales pueden ser:

- ▶ ¿Puedo crear un sistema de reconocimiento de imágenes de radiodiagnóstico de un fémur que ayude a los médicos a determinar si el crecimiento de un niño es correcto para su edad?
- ▶ ¿Puedo crear un sistema que me indique si un cliente es candidato para solicitar una refinanciación de su deuda?
- ▶ ¿Puedo crear un sistema de inteligencia artificial que permita conducir un vehículo de forma autónoma?
- ▶ ¿Puedo crear un sistema que aprenda de forma autónoma a jugar a un juego?

Es la pregunta la que guía la investigación. Además, esta pregunta debe tener sentido. Es decir, debe haber un motivo por el cual nos la estamos haciendo. Si no lo hay o si ya está resuelto el problema, la investigación no tiene sentido realizarla. Por eso, **todos los trabajos deben estar motivados**. La motivación de un trabajo científico es la explicación de por qué creemos que es interesante dicho trabajo para que el conocimiento avance. Para ello debemos asegurarnos de que el problema que pretendemos resolver o el método que queremos describir tiene relevancia. Es decir, aporta algo a la ciencia en algún campo. Por ejemplo, mejora los resultados obtenidos hasta ese momento, es una nueva técnica que permite obtener mejores resultados o que enfoca el problema desde un punto de vista diferente, o hay un interés real por el problema en la sociedad o en la academia y otros autores han trabajado en temas relacionados.

## 2.3. Metodologías de investigación en inteligencia artificial

Los métodos de investigación son unas magníficas herramientas para la recolección de datos de investigación, así como para formular las preguntas de investigación que son claves para el proceso de investigación, como ya hemos comentado en el apartado anterior. Además, con estas metodologías también podemos extraer conclusiones en base a un análisis sistemático del tema a estudiar, así como de los resultados experimentales obtenidos.

El acceso a la información necesaria para llevar a cabo esta tarea requiere de una **búsqueda exhaustiva** en diferentes fuentes de documentación y de conocimiento de otros expertos humanos que la comparten.

Los diferentes métodos de investigación nos ayudan a delimitar el tipo de problema que pretendemos tratar y a elegir cuál es el mejor camino para resolverlo, en función del tipo de problema. Esto nos ayuda a la toma de decisiones en el proceso de investigación, minimizando los errores y acelerando el mismo.

Podemos establecer **dos grandes tipos de métodos de investigación**: los métodos lógicos y los métodos empíricos.

Los métodos lógicos son aquellos que se basan en la utilización del pensamiento y su deducción para obtener resultados científicos, mientras que los empíricos buscan aproximar el conocimiento en base a la experiencia y las observaciones.

## Los métodos lógicos

Los métodos lógicos de la investigación científica **se centran en el método deductivo y el método inductivo.**

El **método deductivo** es un razonamiento que parte de axiomas o ideas preconcebidas o aceptadas como ciertas para llegar a unas conclusiones no conocidas. A este proceso se le llama inferencia. Es un **conocimiento inferido** a partir de otro conocimiento ya probado. Si la inferencia se produce en un único paso se la llama inferencia directa, si requiere de varios pasos se le llama inferencia indirecta.

- ▶ Ejemplo de inferencia directa: «Si te acostaste tarde anoche, hoy puedes tener sueño».
- ▶ Ejemplo de inferencia indirecta: «Los ingleses son puntuales. Churchill es inglés, por tanto, Churchill es puntual».

Sin embargo, el **método inductivo** intenta inferir de casos particulares para extraer leyes generales. Se dice que es una **inducción completa** si se puede enumerar todos los casos de estudio. En caso contrario, es una **inducción incompleta** si necesitamos recurrir a la toma de una muestra representativa que permita hacer la generalización. En estos casos basta con que un solo caso contradiga la afirmación, para que no sea válida.

El método inductivo es muy bueno para **generar hipótesis**. Una hipótesis se debe basar en la observación. Si se observa una característica que es común a varios individuos, podemos formular la hipótesis que esta característica se repite en todos los individuos del mismo tipo. Después esa hipótesis hay que validarla, bien con el método deductivo (construyendo una demostración lógica y formal que lo valide) y/o con la experimentación.

## Los métodos empíricos

Dentro de los métodos empíricos, el más usado es el **método experimental**. Para llevarlo a cabo se debe buscar una forma en la que demostrar una hipótesis previamente planteada, aunque a veces surge de forma espontánea buscando otra cosa. Pero lo normal es que **un experimento intente validar una hipótesis previa que se establece en base a la observación realizada**, y este experimento procure demostrar que dicha afirmación es correcta. Para ello, el experimento debe estar bien diseñado siguiendo los siguientes principios:

- ▶ Debe estar **controlado** para evitar inferencias externas al objeto de estudio.
- ▶ Debe **aislarse el estudio de factores que puedan añadir ruido** al objeto a investigar.
- ▶ Debe ser **reproducible** para que otros investigadores puedan comprobar que los resultados son correctos y no se ha llegado a una conclusión errónea.

En el método experimental **debe existir dos tipos de variables**, las variables dependientes que son consecuencia de las independientes. Y debemos asignar a cada tipo de variable las que vamos a tener en cuenta en el estudio. Lo importante para el método experimental es llegar a establecer relaciones causales que permitan la explicación de las variables. Para ello debemos tener en cuenta una serie de condiciones:

- ▶ Existe una correlación entre la variable independiente (causa) y la variable dependiente (efecto).
- ▶ La causa precede al efecto en el tiempo.
- ▶ No existen variables que incidan en el efecto observado que hagan que los resultados no sean concluyentes. Este último punto es el más difícil de conseguir.
- ▶ Debe haber una asignación de los individuos en los grupos de estudio de forma aleatoria.



Si no se consigue tener todas las variables controladas, estamos en un método **cuasiexperimental**.

El **diseño cuasiexperimental** también busca establecer una relación de causalidad entre la variable independiente y la dependiente, pero se aplica cuando no es posible la asignación aleatoria de los sujetos en el experimento. Se produce manipulación de la variable independiente y se da también algún control de la situación experimental y de las variables secundarias; pero no hay aleatorización en la asignación de los sujetos a los grupos experimental o de control. El método cuasiexperimental es de una mayor aplicabilidad en la investigación en el campo. Bajo esta condición podemos describir **tres tipos de métodos cuasiexperimentales**:

- ▶ Métodos descriptivos: su propósito es **describir la estructura y características de un objeto, situación, hecho o fenómeno a partir de algún modo de observación sistemática del mismo**, en algún momento de su existencia. La descripción se realiza en el ambiente natural, o lo más parecido posible a este, en el que se da o produce el fenómeno u objeto de estudio.
- ▶ Métodos correlacionales: esos métodos **estudian y analizan las relaciones existentes entre fenómenos tal y como se producen en la realidad**, no manipulando ningún tipo de variable. Aunque resulta evidente que la correlación no implica una causa, sí es cierto que la presencia de una relación entre variables puede, de alguna manera, sugerir relaciones causales entre ellas. Sobre todo, si estas variables están relacionadas de forma lógica.
- ▶ El metaanálisis: es un **método para realizar síntesis cuantitativas de lo ya investigado**, establecer el estado de la cuestión y llegar, o intentar llegar, a una generalización sobre una hipótesis determinada. Podríamos decir que el metaanálisis es una investigación sobre investigaciones, que intenta integrar en un resultado único, los resultados de todas las investigaciones previas relacionadas con una determinada hipótesis.

En la inteligencia artificial se pueden dar ambos modelos de estudios de forma indistinta. Por ejemplo, si proponemos un nuevo algoritmo de aprendizaje, o una modificación de uno ya existente, este modelo puede probar su eficacia en base a experimentos de laboratorio en un *data set* ya testeado con otros modelos y comparando los resultados obtenidos. Sin embargo, si queremos evaluar un sistema de recomendación, necesitaremos un estudio de campo, ya que el sistema de recomendación debe ser evaluado por los usuarios para comprobar su inteligencia y la calidad de sus recomendaciones. Esta calidad es algo subjetivo y, por tanto, difícilmente medible sin un trabajo de campo. Aquí, además, es mucho más difícil aislar las variables y los posibles valores que puedan generar ruido en el experimento.

## 2.4. Metodología empírica cuantitativa

La metodología cuantitativa **parte normalmente de un cuerpo de conocimientos teóricos ya aceptados** como base para formular hipótesis sobre relaciones especiales entre variables que forman parte del problema que se está estudiando.

La aceptación de la hipótesis se realiza recolectando información cuantitativa de conceptos medibles que se derivan de los conceptos teóricos previamente dados como ciertos. A ese cuerpo de partida se le suele denominar **axiomas**, y es muy importante que sean ciertos ya que de su veracidad parte toda la investigación. El análisis de la información que se va adquiriendo debe ser lo suficientemente significativo como para aceptar la hipótesis o negarla.

El proceso que se sigue pues es, normalmente, el **hipotético-deductivo**.

Desde esta tradición empírico-analítica se considera que **el proceso de investigación sigue una serie de etapas** a través de las cuales el investigador realiza el proceso de investigación. Las etapas son las siguientes:

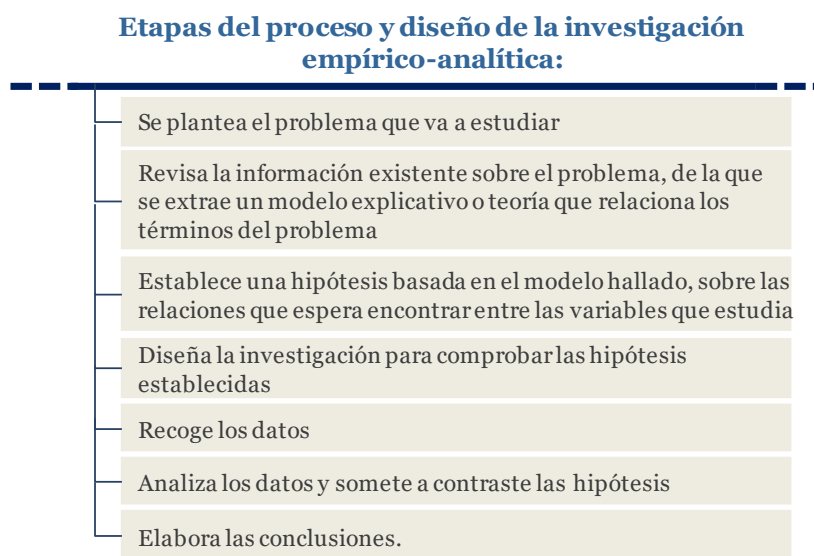


Figura 2. Etapas del proceso empírico-analítico.

### El planteamiento del problema

La necesidad de resolver un problema se toma como punto de partida de la investigación, iniciándose esta con el planteamiento de este. Pero, previamente, el problema objeto de estudio **tiene que reunir unas condiciones básicas** para que pueda considerarse científico, de tal forma que:

- ▶ Ha de explorar una relación entre dos o más variables.
- ▶ El problema debe formularse sin ambigüedad.
- ▶ Debe ser verificable empíricamente.

## Formulación de las hipótesis

Una hipótesis se considera como una **respuesta conjetural al problema**, es decir, una solución tentativa al problema de investigación.

La formulación de hipótesis debe realizarse de un modo claro y preciso, de manera preferentemente enunciativa y teniendo en cuenta que implique no solo la existencia de relación entre dos o más variables medibles, sino el tipo de relación que pensamos que existe. Esa suposición es la que queremos aceptar.

Al conjunto de procedimientos que seguirá el investigador para contrastar las hipótesis se le denomina la **metodología**. El investigador debe elaborar un diseño o esquema de acción en el que se describa con detalle qué se debe hacer y cómo realizarlo. El investigador si no tiene la posibilidad de estudiar todos los casos, cosa muy habitual, debe realizar un muestreo e identificar cómo se han elegido los individuos que pertenecen a esa muestra, para hacerla representativa.

Para ello debemos seleccionar primero qué grupos van a participar en la muestra, y cómo vamos a asignar (bajo qué criterios) a un individuo en uno de esos grupos, siempre que no sea algo trivial (género, especie, etc.). También se debe elegir cómo vamos a tomar los datos de recogida (herramientas de medida, test, cuestionarios, escalas, etc.) y deben de ser lo más fiables posibles. Para ser cuantitativos los fenómenos a evaluar **deben poder ser representados con valores números**.

## Análisis de datos

Es la organización de los datos de tal forma que permita al investigador dar respuesta al problema planteado, y decidir si las hipótesis han sido confirmadas o rechazada. Se suele requerir algún tipo de análisis estadístico en el caso de que los datos se hayan obtenido a partir de una muestra.

## Conclusiones

Las conclusiones son respuestas a los problemas planteados o decisiones acerca de mantener o no las hipótesis formuladas.

No solo han de aportarse las conclusiones, sino que además el investigador debe contextualizarlas en el marco de estudios previos, resaltando en qué medida son coincidentes o discrepan, cómo se integran en sistemas teóricos más amplios que permitan explicar los resultados obtenidos, o cómo contribuyen al cuerpo de conocimientos que ya existe sobre ese mismo problema. En definitiva, el investigador debe presentar su propia interpretación de los resultados.

## Diseño de un experimento cuantitativo

La elaboración de un experimento cuantitativo **exige un cuidadoso trabajo de definición sobre las variables a contemplar que sea claro y preciso**. Por ejemplo, se ha de tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ▶ Establecer, de forma clara y precisa, las variables contempladas en el problema de investigación, es decir definir cuáles son las variables a estudiar.
- ▶ Examinar cuidadosamente la relación o relaciones de variables utilizadas en el estudio.
- ▶ Definir las variables, de forma detallada, tanto en cuanto a lo conceptual, como en términos operacionales e instrumentales. Esto nos lleva a las siguientes interrogantes:
  - ¿Cómo se sustentan teórica y conceptualmente las variables del estudio?
  - ¿Cómo se realizarán las mediciones? ¿Cuáles serán los indicadores y qué instrumentos se emplearán?
- ▶ Garantizar la repetibilidad de los experimentos.
- ▶ Usar grupos de control que nos permita contrastar los resultados donde no se modifique la variable independiente.

Para finalizar, queremos enfatizar que el control y validez interna de los estudios con enfoque cuantitativo de investigación y, particularmente, los diseños experimentales, demandan un escrupuloso y aséptico manejo de los procedimientos de manipulación de variables, como garantía de la pureza de la experimentación.

**Ventajas y desventajas de la investigación cuantitativa**

La investigación cuantitativa tiene una serie de ventajas sobre la cualitativa y viceversa. Vamos a resumir estas ventajas y desventajas en el siguiente cuadro resumen:

Ventajas y desventajas de la investigación cuantitativa			
Ventajas		Desventajas	
1	Permite medir datos concretos	1	El contexto del experimento es ignorado
2	El investigador es más objetivo	2	No estudia los fenómenos en su ambiente natural
3	Se pueden probar hipótesis en experimentos	3	Si se basa en estadística, la población seleccionada debe ser muy grande

## Ejemplos de experimentos cuantitativos

Aquí tienes una serie de ejemplos de experimentos cuantitativos:

- ▶ Descubrir el porcentaje de almidón que posee cada alimento que consumimos, para determinar su índice glucémico (IG).
- ▶ Conocer el índice de inflación en una economía determinada, tomando como base porcentajes históricos de meses previos, los precios de los alimentos en las grandes cadenas de supermercados, etc.
- ▶ Conocer el porcentaje de obesos que vive en la región, teniendo en cuenta variables como la condición de salud, el sexo y la edad.
- ▶ Cuántos niños en una comunidad aún no tienen las vacunas indicadas para su edad.
- ▶ Se necesita saber la precisión que tiene nuestro nuevo algoritmo de *deep learning* para clasificar los tipos de clientes de una organización.

## 2.5. Metodología empírica cualitativa

La investigación cualitativa **se interesa por captar la realidad a través de los ojos de los sujetos de estudio**. Es decir, a partir de la percepción que dicho sujeto tiene en su propio contexto. El investigador induce las propiedades del problema que se va a estudiar en base a la forma en la que los individuos se desenvuelven en el mundo donde se plantea el problema a resolver (Bonilla y Rodríguez, 1997).

La investigación cualitativa se plantea, por un lado, qué observadores competentes y cualificados pueden informar con objetividad, claridad y precisión acerca de sus propias observaciones del mundo social, así como de las experiencias de los demás. Por otro, los investigadores se aproximan a un sujeto real, un individuo real que está presente en el mundo y que puede, en cierta medida, ofrecernos información sobre sus propias experiencias, opiniones, valores, etc. Por medio de un conjunto

de técnicas o métodos como las entrevistas, las historias de vida, el estudio de caso o el análisis documental; el investigador puede añadir sus observaciones con las observaciones aportadas por los entrevistados.

Estas dos ideas han incitado a los investigadores cualitativos a buscar un método que les permitiera registrar sus propias observaciones de una forma adecuada, y que permitiera dejar al descubierto los significados que los sujetos ofrecen de sus propias experiencias. Este método confía en las expresiones subjetivas (escrita y verbal) de los significados dados por los propios sujetos estudiados. Así, el investigador cualitativo dispone de una ventana a través de la cual puede adentrarse en el interior de cada situación o sujeto.

En la figura 3 podemos observar el proceso de investigación que planteamos (Rodríguez, Gil y García, 1999). A través de esta representación se intenta expresar el carácter continuo del mismo, con una serie de fases que no tienen un principio y final claramente delimitados, sino que se superponen y mezclan unas con otras, pero siempre en un camino hacia delante en el intento de responder a las cuestiones planteadas en la investigación. Así, en este proceso se dan cuatro fases fundamentales:

- ▶ Preparatoria.
- ▶ Ejecutiva.
- ▶ Analítica.
- ▶ Conclusiva.

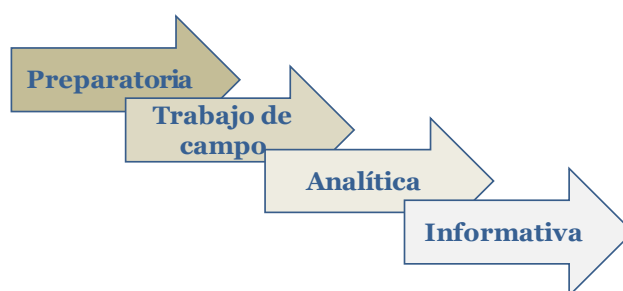


Figura 3. Fases de la investigación cualitativa.  
Fuente: Rodríguez, Gil y García, 1999.



Continuamente, a lo largo de todo el proceso de investigación, el investigador tendrá que ir tomando opciones entre las diferentes alternativas que se van presentando. Si hay algo común a los diferentes enfoques cualitativos, esto es **el continuo proceso de toma de decisiones** a las que se ve sometido el investigador.

### **La fase preparatoria**

En esta fase inicial de la investigación cualitativa **podemos diferenciar dos grandes etapas: reflexiva y diseño**. En la primera etapa el investigador, tomando como base su propia formación investigadora, sus conocimientos y experiencias sobre los fenómenos en estudio y, claro está, su propia ideología, intentará establecer el marco teórico-conceptual desde el que parte la investigación. La etapa de diseño se dedicará a la planificación de las actividades que se ejecutarán en las fases posteriores.

### **La fase de trabajo de campo**

Hasta este momento del estudio, el investigador ha permanecido fuera del campo, o a lo sumo ha tenido algún contacto esporádico para recabar algún tipo de información que le era necesaria para iniciar una primera toma de contacto.

Si en la fase de preparación había que tener en cuenta la formación y experiencia del investigador, en este momento del estudio resulta de una importancia crucial algunas características del mismo, que permitirán el avance de la investigación.

A través de su habilidad, paciencia y visión, el investigador obtiene la información necesaria para producir un buen estudio cualitativo. Debe estar preparado para confiar en el escenario; ser paciente y esperar hasta que sea aceptado por los informantes, en definitiva, ser flexible y tener capacidad de adaptación.

Hay que ser conscientes de que existen muchas maneras diferentes de obtener la información necesaria.

- ▶ Es preciso ser persistente, ya que la investigación se hace paso a paso, los datos se contrastan una y otra vez, se verifican se comprueban, etc.; las dudas surgen y la confusión es preciso superarla.
- ▶ Meticuloso, cuidando cualquier detalle, sobre todo en lo que se refiere a la recogida de información y su archivo y organización.
- ▶ Debe tener una buena preparación teórica sobre el tópico objeto de estudio y sobre las bases teóricas y metodológicas de la ciencia que esté estudiando. En nuestro caso, la inteligencia artificial.

Así pues, el investigador debe ser consciente de las metodologías y procesos que se llevan a cabo en el desarrollo de *software* basado en inteligencia artificial, sus peculiaridades y qué implicaciones tiene dentro de la investigación llevada a cabo.

### Fase analítica

Aunque situamos esta fase tras la ejecutiva, en modo alguno queremos significar que **el proceso de análisis de la información recogida se inicia tras el abandono del escenario de estudio**. Al contrario, la necesidad de contar con una investigación con datos suficientes y adecuados exige que las tareas de análisis se inicien durante la etapa de recogida de datos. No obstante, por motivos didácticos la situamos como una fase posterior.

El análisis de datos cualitativos va a ser considerado aquí como un proceso realizado con un cierto grado de sistematización que, a veces, permanece implícita en las actuaciones emprendidas por el investigador.

En este sentido, resulta difícil hablar de una estrategia o procedimiento general de análisis de datos cualitativos, con la salvedad de lo que pueda inferirse a partir de las acciones identificadas en un análisis ya realizado. No obstante, tomando como

base estas inferencias, **es posible establecer una serie de tareas u operaciones que constituyen el proceso analítico básico**, común a la mayoría de los estudios en que se trabaja con datos cualitativos. Estas tareas serían:

- ▶ Reducción de datos.
- ▶ Disposición y transformación de datos.
- ▶ Obtención de resultados y verificación de conclusiones.

### Fase informativa

La culminación del proceso de investigación lo constituye la **presentación de los resultados**, a través del cual el investigador no solo llega a alcanzar una mayor comprensión del fenómeno objeto de estudio, sino que comparte esa comprensión con los demás. El informe cualitativo debe ser un argumento convincente presentando los datos sistemáticamente que apoyen el caso del investigador y acepte las explicaciones alternativas. Existen dos **formas fundamentales de escribir un informe**:

- ▶ Como si el lector estuviera resolviendo el puzle con el investigador.
- ▶ Ofrecer un resumen de los principales hallazgos y entonces presentar los resultados que apoyan las conclusiones.

### Diseño de un experimento cualitativo

Al no estar sujeto a unas variables específicas como en el caso de la cuantitativa, el problema se va reformulando a la hora de realizar la investigación.

En el diseño experimental de este tipo de investigación, lo primero que debemos es **identificar a los sujetos de estudio**, ya que generalmente no se podrán conseguir muestras aleatorias y será el investigador el que los seleccione acorde con el propósito de la investigación.

Por otro lado, la **hipótesis** no va a surgir al inicio de la investigación, sino que irá cambiando. Así que es fundamental la capacidad de síntesis del investigador para procesar toda esta información que se va a ir adquiriendo y darle una interpretación adecuada.

En cuanto a la **validación de los resultados**, al igual que pasa con la formulación del problema, es dinámica y continua. También estas conclusiones se deben ir reformulando a lo largo del proceso de investigación. Por ello, a veces es importante contrastar la opinión con otros grupos en foros de debate para tratar de contrastar la opinión con otros investigadores.

Los procesos de recolección de datos empleados en los estudios cualitativos normalmente no se basan en métodos estandarizados, y es muy probable que el análisis no pueda ser estadístico o que este tenga poco peso, debido a que se centra en los puntos de vista de los diferentes individuos que forman parte del estudio. De hecho, para centrarse más en las experiencias de los sujetos, las muestras suelen ser pequeñas. Por lo tanto, usan principalmente el método inductivo, como explicamos al principio de tema.

Las **principales técnicas** que se utilizan en la investigación cualitativa son:

- ▶ Entrevistas abiertas.
- ▶ Observación no estructurada.
- ▶ Revisión de documentos.
- ▶ Discusiones en grupo.
- ▶ Evaluación de experiencias.

## Ventajas y desventajas de la investigación cualitativa

La investigación cualitativa tiene una serie de ventajas sobre la cuantitativa y viceversa. Vamos a resumir estas ventajas y desventajas en el siguiente cuadro resumen:

Ventajas y desventajas de la investigación cualitativa			
Ventajas		Desventajas	
1	Útil en etapas tempranas de un estudio	1	Investigador muy involucrado, con lo cual pierde objetividad
2	No necesita un plan estrictamente diseñado, lo que da libertad al investigador	2	El investigador es clave en la interpretación
3	Información más detallada	3	Consume mucho tiempo
4	Observa el contexto de los sujetos de estudio		

## Ejemplos de investigación cualitativa

A continuación, describimos algunos ejemplos de investigaciones cualitativas:

- ▶ En antropología, este método permite analizar qué dice, cómo se comporta o cómo piensa un grupo étnico.
- ▶ En el mundo del trabajo se puede medir y valorar al personal y los colaboradores de una empresa, así como valorar nuevos candidatos.
- ▶ En psicología se utilizan valoraciones cualitativas para medir distintos fenómenos como la empatía, el desempeño en sociedad o el bienestar.

- ▶ En el ámbito de la educación, se puede estudiar la composición de una clase y así permitir que los docentes adapten su didáctica a las características específicas del grupo.
- ▶ Podemos evaluar un sistema recomendador, en función de las opiniones de los usuarios.

## 2.6. Referencias bibliográficas

Bernal, I. (2012). *El repositorio institucional*. UNED: e-Spacio.

Klingner, J. K., Scanlon, D. y Pressley, M. (2005). How to publish in scholarly journals. *Educational researcher*, 34(8), 14-20.

# A Fondo

## Scientific Papers

Nelson Amaral, J. (s.f.). *About computing science research methodology*. Canadá: University of Alberta. Recuperado de <http://webdocs.cs.ualberta.ca/~c603/readings/research-methods.pdf>

Este artículo nos explica de forma resumida y concisa los diferentes métodos de investigación aplicados a las ciencias de la computación.

## Uso ético de la información y sus citas bibliográficas

UNED. (23 de marzo de 2017). Uso ético de la información y sus citas bibliográficas. *2.uned.es*. Recuperado de [http://www2.uned.es/biblioteca/tutorial\\_uso\\_etico/citas\\_bibliograficas.htm](http://www2.uned.es/biblioteca/tutorial_uso_etico/citas_bibliograficas.htm)

En el siguiente enlace a la página de UNED se muestra una introducción al sistema de citas bibliográficas incluyendo ejemplos variados.

### Scientific Studies: Last Week Tonight with John Oliver (HBO)

LastWeekTonight. (9 de mayo de 2016). *Scientific Studies: Last Week Tonight with John Oliver* [Vídeo]. Recuperado de <https://dotsub.com/view/47cf0166-889c-428a-8184-f4ced9794440>



El presentador y cómico John Oliver presenta su punto de vista en clave de humor sobre ciertos estudios científicos que considera falsos o incompletos.



1. Es un elemento esencial de la ciencia:
  - A. El empleo de la tecnología, porque asegura que la investigación se hace según los últimos medios.
  - B. La repetitividad, porque permite comprobar los resultados obtenidos.
  - C. La geografía, porque la forma de hacer ciencia está condicionada por el ámbito geográfico.
  - D. El coste de la experimentación, porque en un entorno de crisis es algo para tener en cuenta.
  
2. El método científico tiene las siguientes fases...
  - A. Observación, documentación, experimentación y conclusiones.
  - B. Observación, hipótesis, experimentación y conclusiones.
  - C. Hipótesis, documentación, experimentación y análisis.
  - D. Ninguna de las anteriores.
  
3. La metodología cuantitativa es:
  - A. Mide la precisión de las magnitudes que se pueden representar numéricamente.
  - B. Se interesa por captar la realidad a través de los ojos de los sujetos de estudio. Es decir, a partir de la percepción que dicho sujeto tiene en su propio contexto.
  - C. Su propósito de describir la estructura y características de un objeto, situación, hecho o fenómeno a partir de algún modo de observación sistemática del mismo.
  - D. Parte de un cuerpo de conocimientos teóricos ya aceptados para formular hipótesis sobre relaciones especiales entre variables que forman parte del problema que se está estudiando.

4. Los métodos lógicos...
- A. Se centran en el método cuantitativo y cualitativo.
  - B. Se centran en el método deductivo y el método inductivo.
  - C. Los más usados son el método experimental y el cuasiexperimental.
  - D. Ninguno de los anteriores.
5. La metodología cualitativa tiene las siguientes partes:
- A. Preparatoria, hipótesis, experimentación y analítica.
  - B. Preparatoria, ejecutiva, analítica, conclusiva.
  - C. Observación, hipótesis, experimentación y conclusiones.
  - D. Análisis, diseño, implementación y pruebas.
6. La hipótesis:
- A. Se extrae a base de las conclusiones del experimento.
  - B. Se considera como una respuesta conjetural al problema, es decir, una solución tentativa al problema de investigación.
  - C. No es necesario que sea aceptada experimentalmente.
  - D. Es clave en la metodología cualitativa.
7. Las conclusiones en la metodología cuantitativa:
- A. Permiten definir si una investigación tiene aplicabilidad o no.
  - B. No dicen nada sobre la veracidad o falsedad de la hipótesis inicial.
  - C. Pretenden analizar los resultados experimentales.
  - D. Son respuestas a los problemas planteados o decisiones acerca de mantener o no las hipótesis formuladas.

8. Las principales técnicas que se utilizan en la investigación cualitativa son:
- A. Entrevistas abiertas, observación no estructurada, revisión de documentos, discusiones en grupo, evaluación de experiencias.
  - B. Entrevistas abiertas, medición de resultados, revisión de documentos, evaluación de expertos.
  - C. Entrevistas cerradas, test, medición de resultados, discusiones en grupo, evaluación de experiencias.
  - D. Ninguna de las anteriores.
9. Diseño de un experimento cuantitativo se debe:
- A. Diseñar las entrevistas previamente.
  - B. Establecer, de forma clara y precisa, las variables contempladas en el problema de investigación, es decir definir cuáles son las variables para estudiar.
  - C. Que el investigador se involucre dentro del ambiente a investigar.
  - D. Ninguna de las anteriores.
10. La validación de los experimentos cualitativos.
- A. Es dinámica y continua.
  - B. Debe realizarse desde un punto de vista objetivo al final del proceso de investigación.
  - C. Debe decidir si la hipótesis es correcta o no.
  - D. Es resultado de la evaluación empírica de los experimentos.

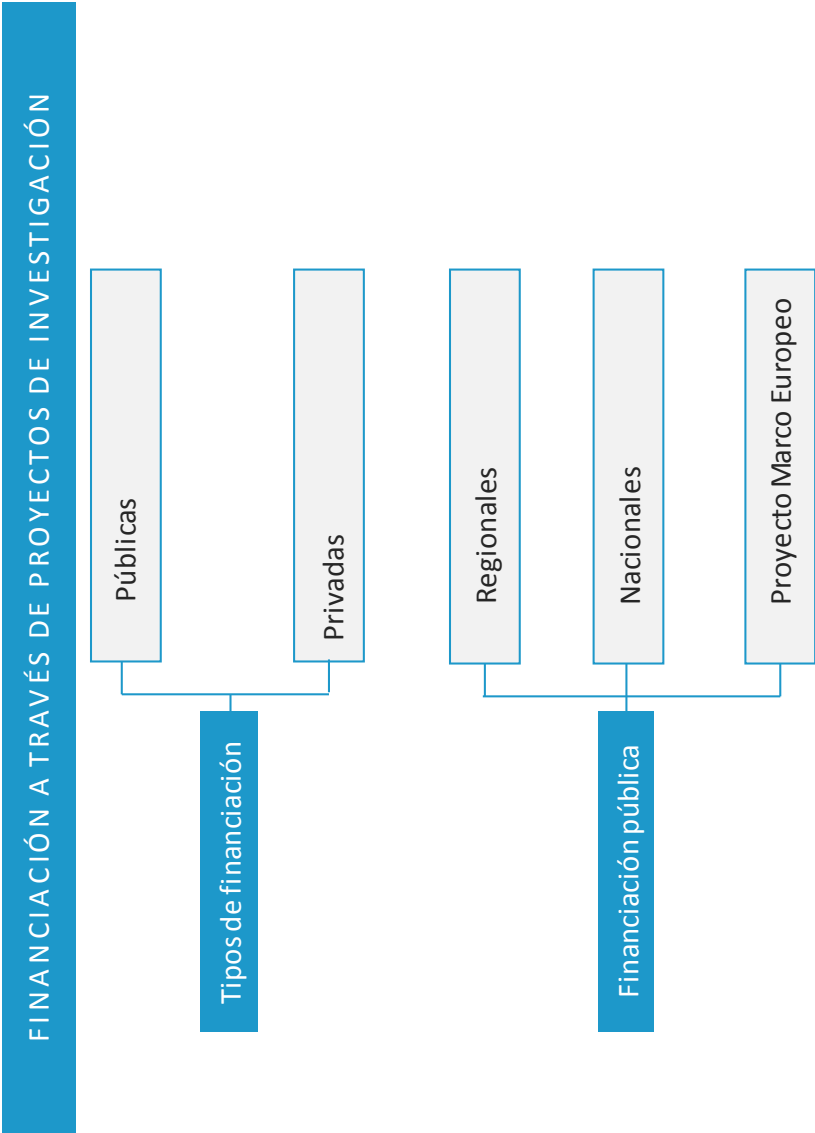
Investigación en Inteligencia Artificial

---

# Financiación de proyectos

# Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
3.1. Introducción y objetivos	4
3.2. La ciencia basada en proyectos	4
3.3. Convocatorias de financiación	7
3.4. Elaboración de una propuesta	12
3.5. Gestión económica de proyectos	17
3.6. Referencias bibliográficas	22
A Fondo	23
Test	24



## 3.1. Introducción y objetivos

En este tema se explica de forma resumida el **proceso de obtención de fondos para la realización de los proyectos de investigación, así como la financiación de los grupos de investigación de los diferentes organismos con carácter investigador que se pueden constituir**. La obtención de fondos para los proyectos de investigación es algo fundamental para poder mantener las investigaciones de los diferentes organismos investigadores. Como veremos más adelante, los grupos de investigación necesitan recursos para mantener a los investigadores, para adquirir el material que necesitan para realizar las investigaciones, así como para publicar los resultados. Ya que muchas de las revistas y congresos piden para su inscripción un pago que debe ser sufragado por el investigador. Como veremos durante el tema, las fuentes de financiación pueden ser de carácter público y privado, pero en Europa predomina las fuentes de financiación públicas sobre las privadas.

## 3.2. La ciencia basada en proyectos

Los **proyectos de investigación** son una herramienta indispensable para el correcto funcionamiento de los grupos de investigación y son, junto con la propia financiación pública de los centros y las becas, la principal fuente de financiación de los equipos de investigación. Normalmente un proyecto de investigación tiene como interés conseguir financiación para realizar una idea de investigación. Esta financiación puede llegar de diferentes fondos, tanto públicos como privados.

Estos fondos son imprescindibles para financiar una serie de recursos que los grupos de investigación necesitan:

- ▶ Personal de investigación: que pueden ser futuros doctorandos, investigadores contratados para desarrollar el proyecto, doctores para financiar proyectos posdoctorales, personal de apoyo adicional (contables, secretarios, etc.).
- ▶ Espacios: lugar donde poder realizar las investigaciones. Normalmente los centros de investigación contarán con un espacio destinado a tal fin, pero puede ser necesario adecuar o adquirir un espacio adicional para llevar a cabo las investigaciones (por ejemplo, una sala de realidad virtual, un laboratorio de estudio de virus que necesite medidas de seguridad extrema para proteger a los investigadores, un acelerador de partículas entre tres países...).
- ▶ Materiales y equipamiento: todas las herramientas necesarias para realizar la investigación, por ejemplo, servidores, equipos, material de laboratorio, material de protección para los investigadores, sensores, etc.
- ▶ Coste de las publicaciones: un caso a parte es la financiación de las publicaciones obtenidas. Ya hablaremos sobre este tema más adelante, pero tradicionalmente el coste de las publicaciones repercutía a los lectores de las revistas de investigación (que normalmente son los propios centros de investigación). Pero actualmente hay modelos donde el que paga los costes de la publicación con el fin de que esta sea libre es el propio investigador (o mejor dicho su grupo de investigación). Por lo que también se necesita financiación para poder publicar los resultados en las revistas o asistir y organizar congresos.

Así pues, **estos fondos se deben obtener de alguna fuente de financiación**. Existen diversas formas de obtener fondos, por ejemplo:

- ▶ Explotación de patentes. Es muy habitual en la universidad de EE. UU. donde una gran parte de la financiación que obtienen proviene de la explotación de sus propias patentes.
- ▶ De la propia empresa o institución. Algunos fondos de investigación se pueden obtener por iniciativa de los propios centros de investigación o universidades, donde



se ofertan becas, financiación de proyectos, etc. En empresas privadas esto es mucho más habitual, ya que muchas empresas reservan fondos para I+D+I (investigación, desarrollo e innovación).

- ▶ De un tercero. Normalmente la financiación de un tercero suele estar condicionada a la obtención de ciertos resultados de explotación sobre el objeto a investigar, pero en ocasiones son inversiones altruistas (mecenaz) que simplemente buscan promover la ciencia sin nada a cambio. Aunque son las menos, también son posibles encontrarlos. Pero lo más normal es que una tercera entidad quiera realizar un proceso de investigación y esta entidad pague el proyecto a un grupo de investigación para que lo lleve a cabo, a cambio de la cesión de la totalidad o de parte de la investigación realizada.
- ▶ De una entidad pública. Estos casos son los más habituales sobre todo en Europa. Diferentes organismos públicos de diferente rango (regionales, nacionales, europeos o internacionales) financian proyectos de investigación destinados a mantener estos grupos de investigación, así como hacer avanzar la investigación en una determinada dirección. En función de las coyunturas, se fomentan más unos proyectos que otros.

Hablaremos con más detalles de estas instrucciones y sus fondos más adelante.

Normalmente para solicitar un proyecto de investigación **se necesita redactar un documento de solicitud del proyecto** en el que los redactores deben describir:

- ▶ La **hipótesis** desde la que se parte para el proyecto y qué se persigue demostrar.
- ▶ Un **apoyo bibliográfico** con el que cuenta la futura investigación.
- ▶ Una serie de **objetivos** que se pretenden conseguir.
- ▶ Un **marco teórico** del contenido de la investigación.
- ▶ Un **marco metodológico** de cómo se va a realizar la investigación, qué tipos de experimentos se llevarán a cabo, un cronograma de trabajo, etc.
- ▶ Una **estimación de la financiación** que se necesita.

Estos documentos se envían normalmente a petición de una convocatoria de proyecto realizada por estas entidades que sufragan los costes de los mismos. En el siguiente apartado hablaremos de ellas con más detalle.

### 3.3. Convocatorias de financiación

El principal soporte de la investigación se suele realizar mediante **proyectos de convocatorias de financiación en las que diversos grupos de trabajo deben competir para obtenerlos**. Normalmente las convocatorias de financiación se realizan sobre algún tema o conjunto de temas concretos y los candidatos deben proporcionar un documento de solicitud de proyecto, donde se explica el mismo y donde debes desglosar el alcance de la investigación y los objetivos de la misma.

En este proceso se produce una competencia entre diferentes grupos, organismos o entidades investigadores que compiten por proponer el mejor proyecto para quedarse con los recursos financieros. En estas convocatorias a veces se selecciona solo un proyecto o a veces un conjunto de ellos.

Como hemos comentado anteriormente, existen numerosos organismos que proporcionan fondos para estos proyectos, desde empresas privadas como entidades gubernamentales. Vamos a centrarnos en algunas de ellas:

- ▶ Regionales. Por ejemplo, en España las diferentes comunidades autónomas hacen convocatorias de apoyo a la investigación  
[http://www.bocm.es/boletin/CM\\_Orden\\_BOCM/2018/09/26/BOCM-20180926-7.PDF](http://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2018/09/26/BOCM-20180926-7.PDF)
- ▶ Nacionales. También se convocan proyectos de ámbito nacional. Algunos de estos proyectos pueden tener asociado la colaboración entre diferentes universidades o incluso ayudas para participar en investigaciones de carácter internacional, para fomentarla.

- ▶ Europeos. Normalmente implica la colaboración en el proyecto de diferentes universidades de diferentes países. Son los de mayor datación económica y prestigio ya que la competencia es mayor, debido a que compiten por ellos universidades y centros de investigación de toda la Unión Europea.

## El programa marco europeo

En la Comisión Europea, existe el llamado **Programa Marco**, que regula la financiación de los proyectos de I+D de muy diversas índoles. En el año 2013 terminó el llamado Programa Marco 7 o también denominado en inglés FP7 (Seventh Framework Programme), que comprende del año 2007 al 2013 con un presupuesto de 51 mil millones de euros. En el año 2014 entró en vigor el Octavo Programa Marco FP8 con un presupuesto de 77 mil millones de euros (más de un 50 % adicional en relación al FP7). El FP8 se denomina Horizonte 2020, en estos enlaces encontrarás las claves:

---

<https://eshorizonte2020.es/que-es-horizonte-2020>

[http://eshorizonte2020.cdti.es/recursos/doc/Programas/Cooperacion\\_internacional/HORIZONTE%202020/29236\\_2872872014135311.pdf](http://eshorizonte2020.cdti.es/recursos/doc/Programas/Cooperacion_internacional/HORIZONTE%202020/29236_2872872014135311.pdf)

---

La financiación asociada a los diferentes programas dentro del FP8 (H2020) se muestra en la siguiente figura:

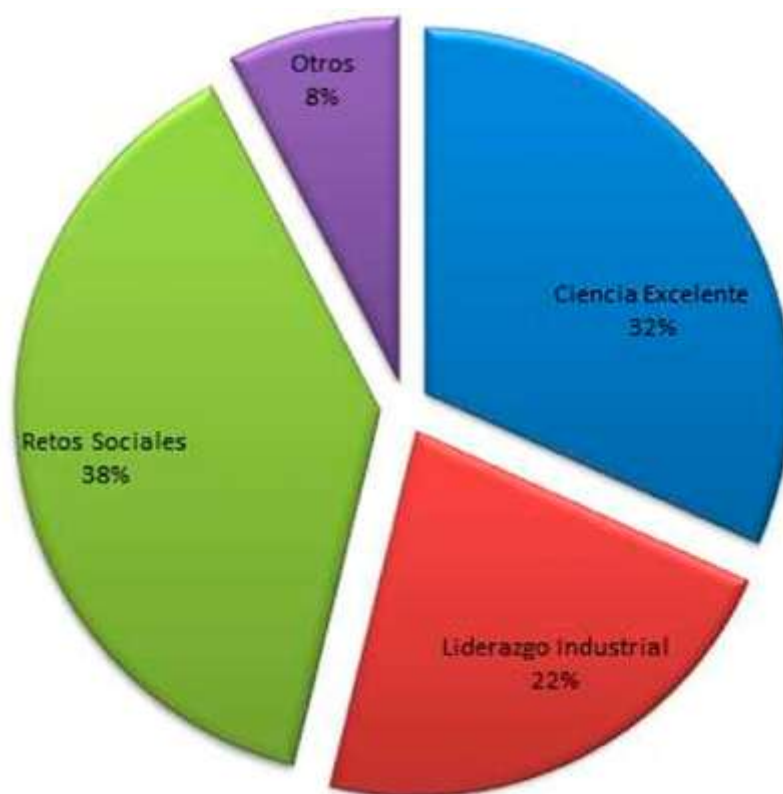


Figura 1. Financiación asociada a los diferentes programas dentro del FP8 (H2020).

Los proyectos europeos del programa marco tienen las **siguientes características**:

- ▶ Colaboración transnacional (mínimo tres socios, tres países en tres ámbitos: industria, centros de investigación y universidades).
- ▶ Los consorcios son seleccionados a través de llamadas para propuestas (*call for proposals*).
- ▶ Los procedimientos de evaluación incluyen un conjunto de criterios y expertos independientes.
- ▶ Se parte de una serie de objetivos estratégicos e innovadores basados en la excelencia tecnológica y científica.

El Programa Horizonte 2020 se estructura en **tres pilares básicos**:

1. Ciencia excelente:

- La ciencia de primera clase es fundamental para la tecnología futura, para el empleo y el bienestar.
- Europa necesita atraer y retener talento investigador.
- Los investigadores necesitan acceder a mejores infraestructuras.

2. Liderazgo industrial:

- Necesita atraer más inversión privada en investigación.
- Los inversores estratégicos en tecnologías clave sustentan la innovación tanto en sectores emergentes como en tradicionales.
- Europa necesita pymes más innovadoras.

3. Retos de la sociedad:

- Soluciones innovadoras proceden de la colaboración multidisciplinar.
- Las preocupaciones de los ciudadanos y de la sociedad, como el clima, el medio ambiente, la energía o el transporte, no pueden alcanzarse sin innovación.
- Las soluciones prometedoras tienen que llegar al mercado para generar negocio, crecimiento y empleo.

## El nuevo programa marco europeo

Desde 2021 en adelante el nuevo programa marco para la investigación europea se llama **Horizonte Europa**.

En realidad, Horizonte Europa es la prolongación del Programa Horizonte 2020 y surge de la plena convicción por parte de los estados miembros de que el crecimiento y la prosperidad futuros de Europa dependen de su capacidad de seguir siendo uno de los líderes mundiales en materia de investigación e innovación.

Horizonte Europa reforzará los sectores de la ciencia y la tecnología de la UE (Unión Europea) a fin de hacer frente a los principales desafíos mundiales en ámbitos cruciales como la sanidad, el envejecimiento, la seguridad, la contaminación y el cambio climático.

Tal como figura en la propuesta, la estructura de Horizonte Europa consta de **tres pilares**:

1. Ciencia excelente. Buscar el liderazgo científico de la UE para desarrollar conocimientos y capacidades de alta calidad.
2. Desafíos mundiales y competitividad industrial europea. El segundo pilar se centra en el posicionamiento estratégico en lo que se espera sean los principales ámbitos de la investigación del futuro. Las tecnologías digitales, la energía, la movilidad, la alimentación y recursos naturales.
3. Europa innovadora. El tercer pilar se centra en promover la innovación.

Esta extensión del Horizonte 2020 estará dotada con 100 000 millones de euros.

## 3.4. Elaboración de una propuesta

La elaboración de un proyecto es una tarea compleja debido a la alta competencia que existe para conseguir uno. Sobre todo, si el proyecto es internacional.

Lo primero que deberíamos hacer es **un estudio de viabilidad de un proyecto**, antes de comenzar a crearlo, ya que, si el proyecto no es viable, difícilmente podríamos defenderlo en la memoria.

### Análisis de viabilidad del proyecto

Tenemos que asegurarnos de que los objetivos del proyecto son viables de realizar y que están alineados con los objetivos e intereses de la organización que pretende llevarlos a cabo.

Para ello, **el proyecto ha de proporcionar una justificación de negocio** (combinación de beneficios tangibles e intangibles que se obtienen si el proyecto se lleva a cabo con éxito):

- ▶ Tangibles: coste, beneficios, etc. Es la forma cuantitativa de medir por qué una compañía debe de empezar un proyecto.
- ▶ Intangibles: resultados no medibles que se obtienen con el proyecto, pero que son atractivos para la compañía. Imagen de marca, prestigio, posicionamiento ante la competencia, atraer talento...

Para definir los objetivos del proyecto es necesario llevar a cabo un **análisis de viabilidad** que responderá a las siguientes cuestiones:

- ▶ Analizar el sistema propuesto y escribir una descripción.
- ▶ Definir y documentar posibles tipos de sistemas.
- ▶ Hacer un análisis de coste de sistemas similares.
- ▶ Hacer una estimación del tamaño del sistema, la planificación y los costes (tener en cuenta los entregables más importantes).
- ▶ Definir cualitativa y cuantitativamente los beneficios del sistema propuesto.
- ▶ Realizar una planificación inicial del plazo de recuperación de la inversión.
- ▶ Realizar una estimación detallada de costes, planificación, recursos, etc., de la siguiente fase (planificación). En todas las fases y en esta de forma especial se debe estimar los costes previsibles del proyecto y, sobre todo, el coste de la planificación, ya que, si finalmente el proyecto no se lleva a cabo, los costes invertidos en su diseño y planificación se perderán.

Al estudio de rentabilidad podemos aplicar las siguientes métricas:

### **El VAN y la TIR**

Para los proyectos con baja incertidumbre utilizaremos el concepto de valor actual neto (VAN), que no es más que **el valor actual de los réditos futuros descontando (restando) el coste financiero con el fin de actualizar al valor de hoy.**

Es decir, es cuantificar al valor de hoy, la suma de rendimientos futuros esperados, lo que se logra reduciendo a dicho sumatorio de ingresos el coste financiero. Esta fórmula se usa para valorar proyectos y empresas, y cuantificar el precio a pagar hoy por los mismos (que son generadores de beneficio).



$$VAN = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

**Siendo:  $CF_0$  la inversión inicial con signo negativo;  $T$  el tiempo;  
 $CF$  el dinero;  $r$  la tasa de descuento**

Figura 2. Fórmula Van.

Fuente: <https://davidtradingblog.wordpress.com/2015/09/26/el-van-y-la-tir/>

Para que el proyecto sea rentable el VAN debe ser mayor que 0. Si el VAN da 100 000 euros, esto implica que vamos a recuperar la inversión inicial y vamos a ganar 100 000 euros. La tasa de descuento es el valor del coste del capital o intereses (rérito).

**La tasa interna de rentabilidad (TIR)** es el tipo de interés que iguala los ingresos obtenidos con los costes, es decir, el que hace que el VAN sea 0.

$$VAN = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

$$0 = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Figura 3. Fórmulas.

Fuente: <https://davidtradingblog.wordpress.com/2015/09/26/el-van-y-la-tir/>

Despejando  $r$  podemos calcular la tasa a partir de la cual nos interesa invertir en dicho proyecto o no.

Veamos un ejemplo:

Suponemos que nos estamos planteando realizar un proyecto de I+D que, estimamos, nos costará llevarlo a cabo 200 000 euros. También estimamos unos ingresos anuales (ingreso de caja generados), en caso de alcanzar los objetivos esperados, de 50 000 euros en los próximos cinco años.

Coste proyecto	Ingresos estimados				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-200 000,00	50 000 €	50 000 €	50 000 €	50 000 €	50 000 €
TIR		8 %	Texto		
VAN		0,00 €			
Tipo de interés mercado		3 %			
VAN		28 985,36			

Finalmente, este estudio de viabilidad se presenta a la dirección para su aprobación. Una vez aprobado el estudio de viabilidad, podemos comenzar la redacción del proyecto.

## Redacción del proyecto

Para realizar la petición de financiación de un proyecto **se debe redactar una memoria donde se describa el proyecto que se pretende realizar**. En esta memoria se debe describir la tecnología que se va a aplicar o el nuevo conocimiento que se va a adquirir, y por qué son necesarios estos conocimientos para la investigación. Por lo tanto, debemos **definir claramente cuáles son nuestros objetivos**. Los apartados de la memoria pueden ser diferentes en función de la convocatoria, pero podemos asumir que son similares a estos:

- ▶ Orientaciones generales.
- ▶ Título del proyecto.
- ▶ Resumen del proyecto.
- ▶ Palabras claves.
- ▶ Objetivos.
- ▶ Entidad u organismo solicitante.
- ▶ Composición del equipo investigador.
- ▶ Área de investigación y línea prioritaria de investigación (en su caso).
- ▶ Área del conocimiento.
- ▶ Fundamento y significado del estudio.
- ▶ Métodos.
- ▶ Desarrollo del proyecto.
- ▶ Adecuación de medios y de presupuesto.
- ▶ Plan de difusión de resultados.
- ▶ Resultados, aplicabilidad e impacto socioeconómico del proyecto.
- ▶ Anexos.
- ▶ Presupuesto.
- ▶ Subcontrataciones
- ▶ Requerimientos técnicos.

Normalmente se le añade a la memoria técnica una **memoria económica** en la que se describe dónde se pretende gastar el dinero que se solicita.

En la memoria económica se detallará lo siguiente:

- ▶ Presupuesto de la actuación.
- ▶ Estudio de la viabilidad económica y financiera de la actuación.
- ▶ Recursos materiales y humanos necesarios que se van a emplear con especificaciones de su adecuación para la ejecución de las actividades. Se deberán indicar aquellos aspectos del presupuesto decisivos para la realización del proyecto.
- ▶ Plan previsto de financiación de la actuación por parte de los participantes (financiación propia) y las previsiones de financiaciones complementarias que la actuación tenga prevista (créditos privados u otra financiación pública), indicando origen de los fondos y calendario.

### 3.5. Gestión económica de proyectos

La contabilidad del proyecto nos permite **valorar, registrar y contrastar los costes presupuestados con los costes reales** y así poder ir tomando medidas correctoras a medida que se desarrolle el proyecto.

Una vez presentado el proyecto I+D+i, vamos a hablar sobre los costes de las actividades, de cómo se eligen, valoran y se controlan los mismos. Para ello habrá que **clasificarlos utilizando los métodos de costes completos o directos**, es decir, qué va a computar como costes de I+D+i y qué no.

Deberemos implantar una metodología para realizar la planificación global del I+D+i y, a continuación, definir el presupuesto, qué se concretará en proyectos y, posteriormente, en programas de trabajo y etapas o hitos.

Por otra parte, es necesario determinar índices/indicadores que muestren qué actividades son eficientes y rentables, con el objeto de que la gerencia pueda tener evidencias necesarias para tomar decisiones.

Además, el presupuesto permitirá realizar una trazabilidad de los costes incurridos con la finalidad de justificar anteriormente la gerencia ante posibles entidades externas que financien los proyectos (CDTI, Ministerio de Industria, Comisión Europea, etc.), y las actividades llevadas a cabo.

En resumen, serán los organismos públicos (Ministerio de Hacienda, Ministerio de Industria, Comisión Europea, etc.) quienes nos marcarán las obligaciones formales de nuestros proyectos (memorias técnicas, memorias económicas, informes motivados, plantillas de costes, etc.).

### Análisis de la UNE 166001:2006: requisitos de un proyecto de I+D+i

Esta norma es la UNE 166001:2006: Requisitos de un proyecto de I+D+i y establece cómo llevar a cabo los siguientes aspectos en el desarrollo de las actividades de I+D+i:

1. Justificar previamente las necesidades de los proyectos a llevar a cabo.
2. Documentar la actividad de I+D+i y sus resultados.
3. Implementar una estructura organizativa de las actividades y la imputación de responsabilidades.
4. Analizar y gestionar los posibles riesgos de los proyectos.
5. Realizar el presupuesto del proyecto.
6. Hacer un seguimiento de las actividades y los resultados.
7. Desarrollar un plan de explotación del resultado.

Si se sigue esta norma (que recordemos, es de carácter voluntario), podrán certificarnos el proyecto, lo que supondrá un sello de buen hacer y de calidad bajo los estándares de UNE.

## **Valorar el éxito: objetivos iniciales vs. objetivos alcanzados**

Los proyectos de I+D+i que inicialmente no consigan los objetivos esperados no significa que hayan fracasado, ya que es posible que desvelen ideas o descubrimientos igual de interesantes.

## **Proyectos subvencionados por la administración**

En muchas ocasiones, los proyectos son subvencionados por organismos públicos que establecen una serie de requisitos que deben cumplir.

## **Gestión de proyectos**

Engloba la estructura organizativa, la planificación y la redacción del presupuesto global y por proyecto. Además, se ocupa del seguimiento del proyecto para poder lograr los objetivos. Su realización la suele llevar a cabo el director de I+D+i.

## **Seccionar en etapas un proyecto**

Es básico segmentar en fases los proyectos con el fin de poder asignar objetivos, recursos necesarios y calibrar los resultados en cada una de ellas, no se debe valorar los resultados al final del proyecto. En cada etapa se deben tomar medidas correctoras sobre los aspectos que no satisfagan las expectativas iniciales.

**El presupuesto debe cuantificar los recursos estimados de cada tramo** y, una vez concluido, contrastarlo con la realidad identificando desviaciones. Muchas veces los proyectos financiados externamente exigen la redacción de cuentas justificativas de gastos parciales en hitos, como exigencia para poder cobrar en partes la ayuda a recibir.

## Valoración de los resultados obtenidos

Anteriormente expusimos que la no consecución de los objetivos iniciales no implica que sea un fracaso el proyecto, ya que pueden surgir ideas o productos nuevos igual o más satisfactorios que los inicialmente esperados. En cualquier caso, la medición del éxito suele venir por el beneficio obtenido en la explotación comercial futura, sin olvidar la reputación de la imagen de la marca y el beneficio social que pueda reportar.

## Memoria del proyecto

En el documento base se explica el proyecto. Es necesario realizar dos memorias, la técnica y la económica. La primera de ellas recoge los aspectos tecnológicos del proyecto, las hipótesis de partida, los objetivos que se buscan, la metodología y las técnicas que se van a emplear. En la segunda, se describen los medios puestos a disposición y su estimación de costes.

La memoria sirve también para justificar el proyecto ante la administración en caso de ser financiado por la misma. El **contenido mínimo** que debe recoger es el siguiente:

- ▶ Objetivos y medios para lograrlos: se debe describir resumidamente el proyecto, la metodología, los recursos necesarios y los objetivos esperados. Esos objetivos tendrán que ser cuantificables y fácilmente medibles y contrastables con el resultado final. Se deberá aclarar si la actividad es investigación, desarrollo o innovación.
- ▶Cuál es la novedad del proyecto:
  - Análisis del estado del arte: estado en el que se encuentran hoy los conocimientos, medios y tecnologías sobre cierta materia y el posicionamiento de la empresa respecto a estos.
  - Propuesta de los avances que se buscan en el proyecto: es preciso exponer los avances y las ventajas que supondrán los objetivos esperados.

- Cómo se van a proteger los resultados obtenidos: patentar y registrar los logros.
- Normativa: se debe mencionar la normativa que afecte al proyecto, los acuerdos entre socios participantes, contratos necesarios y posibles barreras a la explotación de los resultados.

## Planificación

Para cada una de las fases se describirá la estructura de los trabajos, de las relaciones entre las distintas etapas, en qué van a consistir los trabajos y qué se espera obtener de cada etapa.

- ▶ La interacción entre etapas y tareas: **el proyecto debe separarse en etapas**, las cuales, a su vez, se dividirán en tareas. Esta programación debe ser coherente con el desarrollo normal de un proyecto de tal forma que estén coordinadas entre ellas. Se asignarán los recursos, el momento de comienzo y finalización, las responsabilidades entre el equipo y los posibles socios, etc. El flujograma de Gantt o Pert es la herramienta para dejar plasmado esto.
- ▶ Gestión del riesgo y de las debilidades: **detectar los posibles riesgos y las medidas que se van a adoptar** es vital para llevar a buen puerto el proyecto. La gestión del riesgo es clave, desde el punto de vista de la gestión de la cartera de proyectos como desde la gestión del proyecto en concreto. Hay que anticiparse a los problemas y tener previstas soluciones en la medida de lo posible.
- ▶ Supervisión de la programación de las tareas: **el presupuesto debe servir para contrastar planificación y realidad y poner al descubierto desviaciones**, lo que obligará a poner en marcha modificaciones en los programas de trabajo. Se debe dejar plasmado la periodicidad de las revisiones de las tareas.



## El presupuesto

Su objetivo es cuantificar los costes estimados en la planificación, clasificados por naturaleza y presentarlos de forma que sea fácil para su formulación y útil para su seguimiento. Será compatible con los estándares de cuenta justificativa en caso de que el proyecto sea financiable por la administración (que obligará a reportarle los costes en los formatos y formularios establecidos por ellos).

El presupuesto **debe dejar constancia de cuáles son los costes estimados y cómo se va a distribuir en el tiempo**. Se deberá vincular la programación de las tareas con el presupuesto.

Los proyectos deberán estar documentados, implantando un sistema que deje claro por quién, cómo y dónde se van a registrar los costes. Esta documentación deberá ser custodiada por la empresa durante al menos cuatro años (plazo de prescripción fiscal de las deducciones en el impuesto de sociedades).

## 3.6. Referencias bibliográficas

Bernal, I. (2012). *El repositorio institucional*. UNED: e-Spacio.

Klingner, J. K., Scanlon, D. y Pressley, M. (2005). How to publish in scholarly journals. *Educational researcher*, 34(8), 14-20.

## A fondo

### Ayudas para la redacción del proyecto

Villarreal, A. (18 de septiembre de 2017). El mayor fraude de la ciencia española sigue creciendo: un nuevo estudio a la hoguera. *El confidencial.com*. Recuperado de [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-09-18/mucho-mayor-escandalo-ciencia-espanola\\_1445736/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-09-18/mucho-mayor-escandalo-ciencia-espanola_1445736/)

Presentación que sintetiza los pasos a seguir para desarrollar un proyecto de investigación basado en una serie de hipótesis iniciales sobre las que girará el trabajo.

### Club de innovación

Página web del Club de Innovación: <http://www.clubdeinnovacion.es>

Aquí podrás encontrar todo aquello que necesitas conocer acerca de cómo se está aplicando la innovación en las diferentes Administraciones públicas.



1. ¿Cuál es la principal finalidad de un proyecto de investigación?
  - A. Conseguir nuevos investigadores.
  - B. Tener un sistema que permita visibilizar el trabajo de los investigadores.
  - C. Conseguir financiación para realizar una idea de investigación.
  - D. Dar a conocer al mundo un nuevo conocimiento.
  
2. ¿En qué se invierten normalmente los fondos obtenidos de un proyecto?
  - A. A sufragar los costes de las publicaciones.
  - B. A contratar investigadores.
  - C. A adquirir los recursos que se necesiten para la investigación.
  - D. Todas las anteriores.
  
3. Las principales fuentes de financiación en Europa provienen de:
  - A. Mecenas.
  - B. Entidades gubernamentales de carácter regional, nacional o internacional.
  - C. Patentes.
  - D. Explotación de los resultados de investigación.
  
4. ¿Qué es el Programa Marco?
  - A. Organizan correctamente las referencias bibliográficas.
  - B. Son un conjunto de normas y estándares que se deben seguir para solicitar proyectos.
  - C. Es el que regula la financiación de los proyectos de I+D a nivel nacional.
  - D. Es el que regula la financiación de los proyectos de I+D a nivel europeo.

5. ¿Cuáles son los pilares del Programa Horizonte Europa?
- A. La competitividad, el liderazgo, la justicia social.
  - B. Ciencia excelente, Europa conservadora, competitividad industrial.
  - C. Ciencia excelente, Europa innovadora, competitividad industrial.
  - D. Ninguna de las anteriores.
6. El Van nos permite...:
- A. Calcular el valor de un resultado de investigación.
  - B. Calcular si vamos a obtener beneficio al final de la inversión inicial.
  - C. Detectar proyectos poco interesantes.
  - D. Ninguna de las anteriores.
7. ¿Por qué debemos llevar la contabilidad de un proyecto?
- A. Nos permite valorar, registrar y contrastar los costes presupuestados con los costes reales y así poder ir tomando medidas correctoras.
  - B. Nos facilita la justificación ante el organismo promotor de la financiación.
  - C. Nos permite planificar mejor otros proyectos.
  - D. Todas las anteriores.
8. ¿Qué es el TIR?
- A. Calcula el volumen de beneficios de un proyecto restándole a los ingresos los gastos.
  - B. El valor que tendrá nuestra inversión en el furo teniendo en cuenta el IPC.
  - C. El valor actual de los réditos futuros descontando (restando) el coste financiero.
  - D. Es el tipo de interés que iguala los ingresos obtenidos con los costes.

9. En cuanto a la memoria del proyecto, indica cuál es la correcta:
- A. Describe los resultados que hemos obtenido en la investigación.
  - B. Existe una memoria técnica y otra económica.
  - C. Existe una memoria económica y de resultados.
  - D. Ninguna de las anteriores.
10. La norma UNE 166001:2006:
- A. Es de obligado cumplimiento.
  - B. Si lo implementas se puede certificar el proyecto como que cumple con dicho estándar.
  - C. Se requiere para solicitar proyectos nacionales.
  - D. Penaliza si no se lleva a cabo en la adquisición de proyectos europeos.

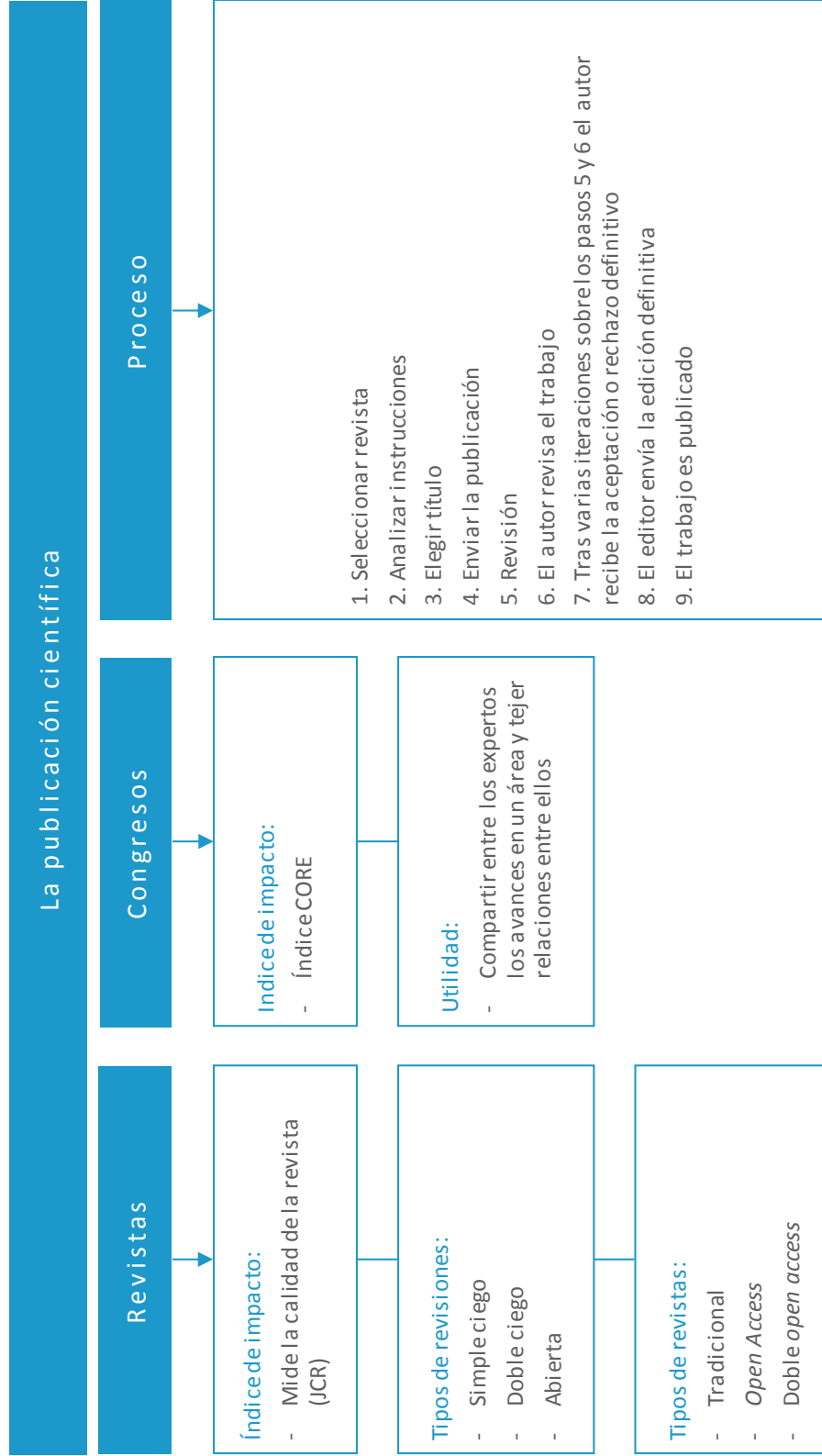
Investigación en Inteligencia Artificial

---

# Publicación de resultados

# Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
4.1. Introducción y objetivos	4
4.2. El ciclo de las publicaciones científicas	4
4.3. Congresos, revistas, libros y ponencias	10
4.4. Búsqueda de información y sistemas de gestión bibliográfica	13
4.5. Derechos de autor, ética y legalidad en el ámbito científico	17
4.6. Referencias bibliográficas	19
A Fondo	20
Test	21





## 4.1. Introducción y objetivos

En este tema se explica de forma resumida el **proceso de publicación científica**. De esta forma, el alumno se puede basar en los conceptos aquí expuestos para el desarrollo de los trabajos a los que dé lugar este programa de estudio y aprenderá a sacarle el mayor rendimiento posible a su trabajo como investigador.

## 4.2. El ciclo de las publicaciones científicas

La publicación científica es una tarea fundamental que debe realizar todo investigador para dar a conocer su trabajo y para validarlo ante la comunidad científica. Si queremos publicar un trabajo que hemos realizado y que consideramos que ofrece un aporte científico o un avance en alguna materia, lo primero que debemos hacer es **seleccionar la revista o congreso adecuado para nuestra publicación**.

Para decidir cuál es la revista o congreso a elegir debemos buscar aquel en la que **mayor impacto tenga nuestra investigación**. Entiéndase como impacto, la repercusión de dicho artículo entre el mundo académico y científico. Lo ideal es que tu investigación sea leída por muchos investigadores y a ser posible por muchos investigadores de tu área de investigación. Pero normalmente hay que tener en cuenta que cuanto mayor es el impacto de una revista, mayor es la dificultad para publicar en ella y mayor es la calidad y relevancia que se exige a los resultados publicados. El primer parámetro para calcular la relevancia de una revista es su índice de impacto. Existen varias formas de calcular el **índice de impacto de una revista**, siendo el más conocido el **Journal Citation Report o JCR**.

## Impacto bibliográfico

El **Journal Citation Reports (JCR)** es una base de datos gestionada por Thomson Reuters donde se detalla el índice de impacto de las revistas más importantes.

Para calcular este índice de impacto se tiene en cuenta el número de citas recibidas de la revista en el año X por los artículos publicados en los dos años anteriores (X-1 y X-2), y esto se divide por el número de artículos publicados esos dos años.

La mayoría de las revistas suelen mostrar su factor de impacto en su página web como medio para atraer a los autores más fructíferos del área.



Figura 1. Detalle de una publicación.

Fuente: <https://www.journals.elsevier.com/artificial-intelligence/>

Existen dos versiones del índice JCR:

- ▶ JCR Science Edition: para publicaciones del ámbito científico y tecnológico.
- ▶ JCR Social Sciences Edition: para publicaciones relacionadas con las ciencias sociales.

También existen otros estándares como:

- ▶ SCImago Journal & Country Rank (SJR): incluye indicadores científicos de países y datos del factor de impacto de revistas desarrollados por Elsevier.
- ▶ LATINDEX: recoge información sobre las revistas editadas en los países de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

- ▶ IN-RECS (Índice de impacto de las Revistas Españolas de Ciencias Sociales).
- ▶ IN-RECJ (Índice de Impacto de las Revistas Españolas de Ciencia Jurídica): desarrollado, junto con IN-RECS, por la Universidad de Granada.

**Otro criterio esencial a la hora de seleccionar una revista es la gratuidad o no del acceso.** Son numerosas las revistas que exigen una suscripción para acceder a los contenidos. Algunos investigadores consideran que este hecho limita la compartición de conocimiento con la sociedad y por ello buscan otros mecanismos para difundir sus resultados. También es más fácil que alguien lea tu trabajo si está en *open access* que si hay que pagar para acceder a él.

Por último, no debemos olvidarnos de **consultar el tiempo de revisión de las publicaciones enviadas**, ya que este proceso puede alargarse durante varios meses. Algunas revistas prometen publicarlo en menos tiempo que otras, pero también a veces esto es indicativo de que la revista puede ser demasiado permisiva. Así que hay que tener mucho cuidado.

En cualquier caso, para publicar en una revista de calidad, debe superarse un riguroso **proceso de revisión por pares** con el objetivo de garantizar la calidad del trabajo expuesto.

Este proceso también suele ser habitual en caso de libros editados por editoriales de prestigio. En caso de publicaciones en medios poco prestigiosos, poco conocidos o publicaciones en internet, pueden existir menos garantías sobre la calidad de la publicación si no están claros los procesos de revisión a los que han sido sometidos.

En caso de publicaciones que no han seguido un proceso de revisión por pares, es relevante el nombre del autor, ya que solemos confiar en publicaciones firmadas por científicos destacados, premios nobel o responsables de investigación en empresas como Google, Apple o Microsoft (con los riesgos correspondientes, puestos que todos los autores pueden cometer un error).

## Publicación de los resultados

Las propias revistas científicas establecen los pasos a seguir a la hora de enviar un trabajo para su publicación. De forma resumida, el proceso de publicación científica puede resumirse en las siguientes etapas (Klingner, 2005):

- ▶ Paso 1. Comprobar que la revista seleccionada se ajusta a nuestros intereses verificando impacto y ámbito de influencia.
- ▶ Paso 2. Analizar detenidamente las instrucciones para los autores, que suelen estar disponibles en la página web y que hacen referencia a las normas de estilo, colores permitidos, formato de imágenes, extensión, etc.
- ▶ Paso 3. Elegir de forma cuidadosa el título de la publicación buscando la máxima claridad e impacto. El resumen y las conclusiones son también parte destacada de la publicación.
- ▶ Paso 4. Enviar la publicación.
- ▶ Paso 5. El editor devuelve el manuscrito informando del rechazo, aceptación o solicitud de revisión de la publicación. Es habitual que, en caso de que la publicación no haya sido rechazada, los revisores soliciten cambios o explicaciones adicionales a los contenidos.
- ▶ Paso 6. El autor revisa el trabajo tomando como base los comentarios de los revisores, reenviando al editor tanto el resultado del trabajo como la respuesta a los comentarios de los revisores.
- ▶ Paso 7. Tras varias iteraciones sobre los pasos 5 y 6 el autor recibe la aceptación o rechazo definitivo.
- ▶ Paso 8. El editor envía al autor la edición definitiva para su revisión antes de la publicación.
- ▶ Paso 9. El trabajo es publicado.

Después de este proceso de revisión, si el artículo es aceptado es bastante probable que los revisores o los editores te soliciten algún cambio adicional y además deberéis firmar un *copyright* para que la revista pueda publicar el contenido con tu permiso.

Con esto y esperando un tiempo tu artículo estaría publicado. Pero no solo se puede publicar en revistas, después hablaremos de las diferencias entre los distintos sitios donde se puede publicar.

A la hora de firmar un artículo científico es importante formatear nuestro nombre correctamente. Debemos tener en cuenta que el campo científico está dominado por el estilo anglosajón donde lo común es tener un único apellido. Por esta razón son numerosos los autores que se adaptan a esta circunstancia empleando en la firma solo uno de sus apellidos o concatenando los dos apellidos (Fernández-Santos).

Para **establecer una firma personal homogénea** surge el proyecto ORCID (Open Research & Contributor ID). Este proyecto resuelve los problemas asociados a la identificación, ambigüedad y duplicidad en los nombres de los investigadores mediante la creación de un registro único y definitivo.

---

Se puede acceder a ORCID a través de la web <https://orcid.org/>

---

## El proceso de revisión

Vamos a detallar más el proceso de revisión de un artículo científico. Cuando envías un artículo a revisión, estos son revisados por investigadores expertos en la materia. Esta revisión se denomina **revisión por pares**. La revisión por pares se llama así porque asumimos que la revisión del trabajo la está haciendo alguien que mínimo sabe del tema en cuestión como el investigador. Por tanto, es una revisión entre iguales. Normalmente la revisión la realizan varios revisores, entre tres y cuatro, para que se minimice el riesgo de trato de favor entre un revisor y el autor en el caso de ser conocidos. Dependiendo de la publicación, se puede realizar diferentes tipos de revisiones:

- ▶ Revisión doble ciego. En **este tipo de revisión tanto los autores como los revisores son anónimos**. Esto en teoría garantiza que no se puede hacer «trato de favor» al revisado por parte del revisor. Aunque en realidad, es muy complicado ocultar a veces la identidad del investigador, sobre todo si el área de investigación es pequeña y es un investigador con cierto renombre. Es bastante probable que el revisor pueda adivinar quién es el autor, aunque explícitamente haya anonimizado el *paper*.
- ▶ Revisión simple ciego. **En esta modalidad solo los revisores son anónimos**. En este modelo es posible que pueda haber un revisor conocido del autor. En este tipo de casos, la profesionalidad del revisor es crucial para que el proceso de revisión sea correcto.
- ▶ Abierto. **En este modelo tanto revisores como autores son públicos**. Aunque parece el peor modelo ya que expone tanto al revisor como al autor, en realidad está ganando adeptos ya que el revisor al figurar su nombre en la revisión no puede verse tentado a pasar como bueno un artículo que no lo es, porque pondría su prestigio en entredicho.

¿Por qué normalmente el revisor es anónimo? En general suele tener bastante sentido, debido a que, al no saber el nombre del revisor, este puede no verse coaccionado en su revisión. También el revisor se anima más a participar en la

revisión. Hay que tener en cuenta que normalmente la revisión de artículos es algo que se hace de forma altruista.

## 4.3. Congresos, revistas, libros y ponencias

Aunque hemos explicado el proceso usando como ejemplo las revistas científicas, en realidad existen otras alternativas para divulgar tu investigación. Vamos a detallarlas a continuación.

### En revistas científicas

Las revistas científicas son la herramienta principal para difundir tu trabajo como investigador y suele ser el **medio más valorado para mejorar tu currículum profesional** como investigador, juntos con los proyectos en los que has participado (que probablemente han generado también publicaciones).

Las revistas suelen tener una publicación periódica, aunque a veces también se crean números especiales que muestran los avances científicos en un área concreta. Estas revistas inicialmente se hacían en papel y hoy en día algunas lo siguen haciendo. Pero se ha extendido cada vez más la publicación electrónica. Como ya mencionamos anteriormente, el índice de impacto JCR es la medida de referencia actual para medir la calidad de las publicaciones. Esto junto con lo relacionado que esté la temática de la revista con el tema de tu investigación es lo que prima principalmente a la hora de seleccionar una revista u otra.

En cuanto al **coste de publicación existen tres modelos:**

1. Modelo tradicional. **Este era el modelo típico cuando no existía internet.** Publicar en estas revistas era gratis para el autor, se paga por leer la revista. A estas revistas normalmente no se suscribían particulares (aunque a veces sí) sino

más bien instituciones científicas. Este modelo comenzó a tener problemas con el auge de internet. Debido a que muchos investigadores comenzaban a usar la red como forma para encontrar trabajos de otros, se ha ido dejando de lado la compra o suscripción a revistas de investigación. Con lo cual, muchas editoriales se movieron a otros modelos para obtener beneficios.

2. Modelo *open-access*. En este modelo **el que paga es el autor y la lectura del artículo es gratuita**. Aparentemente esto es algo injusto para el autor, ya que no solo debe hacer el trabajo de la redacción del artículo, sino que además debe pagar por su publicación. Pero este modelo tiene una gran ventaja y es que, al ser de libre acceso, muchos investigadores pueden leer tu trabajo y tener potencialmente más citas. Además, normalmente no paga el propio investigador sino el centro al que está adscrito de alguna forma. Normalmente hay presupuestos destinados para estos fines, o si no los hay directamente se han podido sacar de los proyectos de investigación.
3. Modelo doble *open-access*. en este modelo **no paga nadie** (en realidad paga la editorial). Es un modelo minoritario, pero con mucha popularidad, con lo que suelen ser revistas con buen índice de impacto. El «truco» de este modelo no es otro que el de que existe alguien que sufraga esos gastos. Ese alguien puede ser una universidad de prestigio, una fundación, una empresa como pate de su presupuesto social, un mecenas, es organismo gubernamental, etc.

## En congresos científicos

Otra forma de publicar y difundir tus resultados académicos es **acudir a congresos científicos**. Estos congresos son reuniones entre investigadores de una misma área de investigación que se realizan periódicamente (normalmente cada año), donde los investigadores acuden a compartir sus avances con el resto de la comunidad. Además, en los congresos se suelen hacer relaciones con otros organismos de investigación y otros investigadores que te permiten realizar artículos en común, tener movilidad de investigadores entre ellos, crear proyectos en común, etc.



En **los congresos se debe enviar un artículo explicando tu investigación y tus progresos**. El proceso de aceptación es similar al descrito en las revistas, solo que tiene una fecha de entrega máxima concreta, con lo que la investigación debe estar concluida con antelación a la fecha final de aceptación de artículos. Esto implica una mayor presión para los investigadores, pero tiene una gran ventaja con respecto a las revistas y es que la aceptación o rechazo de los mismos se realiza en un tiempo más corto. Una vez aceptado, los ponentes deben acudir al congreso para exponer en público con una presentación sus avances. Los artículos enviados normalmente se recopilan en un libro que se denomina *proceedings* que suele publicarse con ISBN *online* y en ocasiones se agrupan en libros más grandes que incluso se llegan a imprimir en determinadas ocasiones.

El coste de la publicación suele ir incluido en el coste de la inscripción de la conferencia y normalmente, al igual que pasa con las revistas de *open access*, suele ser la propia institución y no el investigador el que paga la inscripción del congreso.

Los congresos también tienen índices de impacto. El más conocido es el índice Core que determina el prestigio de dicho congreso en base a la cantidad de citas que tiene o al índice de aceptación de artículos. Tiene diferentes rangos como A+, A, B, C y se puede consultar en el siguiente enlace.

---

<http://portal.core.edu.au/conf-ranks/>

---

## En libros

Cuando se tiene un conocimiento amplio sobre una materia, otra alternativa para difundir los avances es **escribir un libro o un capítulo de un libro**. Una modalidad puede ser un libro editado. Estos son en realidad un conjunto de capítulos hechos por distintos autores, con un editor que coordina.

## En ponencias

Una ponencia es un **informe escrito acerca de una idea que se tiene sobre un tema a partir de una observación realizada**, un experimento hecho, una información procesada, etc. En ella se expresa el punto de vista del investigador o investigadores, es decir, su forma peculiar de concebir el asunto del que se trata.

La elaboración de una ponencia constituye un alto en el camino, un momento de cierre de algo en lo que se ha estado trabajando un cierto tiempo y sirve como un momento de reflexión que permite la sistematización de las ideas.

En síntesis, una ponencia es un informe escrito que refleja el problema de sistematización de la experiencia que debe acompañar a toda actividad de búsqueda, procesamiento, contraste y reflexión sobre la realidad.

## 4.4. Búsqueda de información y sistemas de gestión bibliográfica

La búsqueda de información bibliográfica es vital a la hora de realizar una investigación. No solamente para conocer si el problema que estamos resolviendo no ha sido resuelto previamente, sino para informarnos de posibles métodos, algoritmos, técnicas, etc., que otros investigadores han utilizado para resolver el problema de investigación, o bien problemas similares. Además, **esta lectura del estado del arte en el momento actual es crucial para poder generarnos una hipótesis de investigación e intentar explicar las observaciones realizadas o responder a las preguntas planteadas**. Para que el conocimiento científico pueda evolucionar es necesario aprovechar el trabajo previo realizado. De esta forma y basándonos en el conocimiento ya validado se pueden ampliar nuestros conocimientos y experimentar nuevas ideas.

Por tanto, **antes de iniciar cualquier investigación es imprescindible documentar el «estado del arte» de la disciplina concreta en el ámbito que estamos intentando abarcar.** El proceso de búsqueda y revisión de bibliografía nos aportará la información que estamos buscando. Mediante este proceso obtenemos información sobre las ideas que se han aplicado al problema que queremos comprender, documentándonos sobre lo que ha funcionado y lo que no, detalles de aplicación, buenas prácticas, etc.

En muchas ocasiones, debemos ampliar nuestro horizonte de búsqueda considerando problemas que, aunque son diferentes al problema que nos ocupa, emplean soluciones que serían susceptibles de ser aplicadas total o parcialmente a nuestro dominio.

Para guiar el proceso de búsqueda podemos considerar las siguientes cuestiones:

- ▶ ¿Cuál es el **tema** que estamos abarcando? Cuanto más concretos seamos más podremos precisar.
- ▶ ¿Nos interesa un período de **tiempo o espacio geográfico** específico? Por ejemplo, ¿estamos considerando evolución del PIB en España?
- ▶ ¿Cuál el **propósito** de la investigación? No es lo mismo un trabajo de revisión bibliográfica, que un trabajo con el objetivo de mejorar una técnica o desarrollar una metodología nueva.
- ▶ ¿Qué **tipo de información** me interesa? ¿Puedo considerar blogs de internet o debo limitarme a revistas científicas, tesis doctorales y libros?
- ▶ ¿Cuál es la **disponibilidad y coste de las fuentes** de información? ¿Tengo acceso a artículos científicos publicados en revistas prestigiosas científicas no gratuitas?

## Fuentes útiles de información y gestión

Las **tesis doctorales** constituyen una buena fuente de formación para documentar nuestros trabajos. Estas tesis suelen constituir estudios originales donde **abundan las citas bibliográficas**. La base de datos de tesis doctorales TESEO acumula las

referencias bibliográficas de tesis doctorales leídas en universidades españolas. Se puede acceder a través de:

---

<https://www.educacion.gob.es/teseo/irGestionarConsulta.do>

---

Otras referencias útiles en este mismo sentido son (Bernal, 2012):

---

Dialnet: contiene referencias tanto de publicaciones en revistas como tesis doctorales. Acceso a través de:

<https://dialnet.unirioja.es/>

---

---

Portal de tesis doctorales en red. Acceso a través de:

<http://www.tesisenred.net/?locale-attribute=es>

---

---

Tesis leídas en soporte electrónico de universidades extranjeras. Acceso a través de:

<https://oatd.org/>

---

---

Google Scholar: buscador de Google enfocado al mundo científico y académico.

Acceso a través de:

<https://scholar.google.es/>

---

---

Microsoft Academic: buscador de Microsoft enfocado al mundo científico y académico. Acceso a través de:

<https://academic.microsoft.com/home>

---

---

Base de datos OAlster: catálogo colectivo de millones de registros que representan recursos de libre acceso. Acceso a través de:

<https://www.oclc.org/es/oaister.html>

---

---

OpenDOAR: es un directorio que ofrece acceso a repositorios académicos a nivel mundial. Acceso a través de:

<http://www.opendoar.org/>

---

RECOLECTA (recolector de ciencia abierta) es una iniciativa de REBIUN (Red de Bibliotecas Universitarias Españolas) y de la FECYT (Fundación Española para Ciencia Y la Tecnología) que tiene como objetivo promover la publicación en acceso abierto de contenidos científicos españoles y facilitar herramientas para su desarrollo.

---

Acceso a través de:

<https://recolecta.fecyt.es/>

---

---

Crossref: facilita la búsqueda de información de forma unificada. Acceso a través de:

<https://www.crossref.org/>

---

A la hora de buscar información podemos hacerlo usando el título, palabras clave, autores, temática, etc.

La mayoría de los artículos científicos disponibles a través de la web suelen tener asignado un identificador de recurso llamado DOI (Digital Object Identifier). Este código garantiza un acceso seguro y directo al recurso identificado.

Para saber si un documento dispone de DOI podemos acudir a la utilidad correspondiente de Crossref (<https://search.crossref.org/>) buscando por apellidos del primer autor y primeras palabras del título. En la figura 2 podemos ver un ejemplo de DOI asociado a una publicación.

**A technique for the optimization of the parameters of technical indicators with Multi-Objective Evolutionary Algorithms**

Conference Paper published Jun 2012 in 2012 IEEE Congress on Evolutionary Computation

Authors: Diego J. Bodas Sagü, Francisco J. Soltero, J. Ignacio Hidalgo, Pablo Fernandez, F. Fernandez

<https://doi.org/10.1109/ccec.2012.6256584> Actions

Figura 2. Ejemplo de cita DOI.

## 4.5. Derechos de autor, ética y legalidad en el ámbito científico

Bajo el concepto de **propiedad intelectual** se incorporan un conjunto de derechos, mediante los cuales un tercero puede acceder a contenido producido por un autor. Existen principalmente **dos tipos de derechos de propiedad intelectual**: la propiedad industrial y el derecho de autor.

La **propiedad industrial** está circunscrita a todo lo relacionado con bienes o productos de investigación que tienen una aplicabilidad industrial o comercial.

Sin embargo, los **derechos de autor** son los privilegios que se le conceden a un autor, como reconocimiento a su actividad creativa. Esta actividad creativa puede venir dada por la creación de un libro, una obra de arte, o un descubrimiento científico.

Por tanto, la autoría de una publicación científica, que se compone tanto de un contenido propiamente científico, así como de una redacción literaria, se debe atribuir a los autores del mismo. Pero la protección solo se otorga a la forma en la que está escrito y no a la propia idea científica que se expone. Al menos en España. No ocurre igual en otros países, pero en España y en muchos países de Europa se considera que el conocimiento es libre, y, por tanto, no está sujeto a derechos de autor. Pero sí que lo está la forma en la que se ha descrito dicho conocimiento. Para que dicha idea forme parte de la propiedad del autor, debe ejecutarse y materializarse por ejemplo en una **patente industrial**.

En cuanto a la autoría de un artículo con múltiples autores, el reconocimiento de los autores debe basarse en:

1. Las aportaciones importantes a la idea y diseño del estudio.
2. La redacción del borrador del artículo.
3. La aprobación final de la versión que va a publicarse.

## Aspectos éticos en la investigación

Uno de los fraudes más frecuente en el ámbito científico es el **plagio**. El plagio puede producirse de forma intencionada o no intencionada. La no intencionalidad relacionada en ocasiones con la inexperiencia del autor, no sirve de justificación al plagio realizado.

Según el diccionario de la Real Academia plagiar es «copiar en lo sustancial obras ajenas, dándolas como propias». Por tanto, plagiar es usar las ideas o palabras ajenas sin un reconocimiento explícito de las fuentes.

Consecuentemente, debemos evitar copiar textos literales en nuestros trabajos (o traducidos) sin citar la fuente de procedencia. Aunque el texto sea reescrito con nuestras propias palabras, debemos citar las fuentes de procedencia. Si citamos literalmente, la cita en cuestión debe aparecer entrecomillada y, por supuesto, incluir la correspondiente referencia.

En ocasiones, existe cierta confusión sobre la relación existente entre la patente de la innovación conseguida y la publicación científica de los resultados. Es este un campo complejo cuyo ámbito de discusión excede las posibilidades de este tema. Además, existen diferencias muy significativas en las distintas legislaciones (especialmente entre Europa y Estados Unidos). Sin embargo, y de forma general, se podría considerar que la publicación en una revista científica de una innovación técnica limita las posibilidades de patentar los resultados, ya que al publicar

estamos difundiendo libremente el resultado conseguido y compartiendo el conocimiento adquirido.

La manipulación de los resultados científicos consiguiendo engañar a los revisores (apoyándose muchas veces en procesos reproducibles en potencia, pero difícilmente reproducibles en la realidad debido a los costes económicos y los límites técnicos) constituye uno de los vía crucis actuales de la ciencia, siendo posible encontrar diversos ejemplos en los últimos años (consulta los enlaces recomendados para saber más sobre estos casos).

## 4.6. Referencias bibliográficas

Bernal, I. (2012). *El repositorio institucional*. UNED: e-Spacio.

Hernández, R. D. M., & Suarez, G. C. (2005). Derechos de autor en la investigación científica: la autoría en los artículos de investigación. *CES Medicina*, 19(2), 91-96.

Klingner, J. K., Scanlon, D. y Pressley, M. (2005). How to publish in scholarly journals. *Educational researcher*, 34(8), 14-20.



## Escándalos en el ámbito de la ciencia española

Villarreal, A. (18 de septiembre de 2017). El mayor fraude de la ciencia española sigue creciendo: un nuevo estudio a la hoguera. *El confidencial*. Recuperado de [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-09-18/mucho-mayor-escandalo-ciencia-espanola\\_1445736/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-09-18/mucho-mayor-escandalo-ciencia-espanola_1445736/)

En esta noticia tienes una muestra de lo que supone la manipulación de datos en una investigación, y de las consecuencias que tuvo en el caso de la científica española Susana González.

## Uso ético de la información y sus citas bibliográficas

UNED Biblioteca. (s.f.). Uso ético de la información y sus citas bibliográficas. *uned.es*. Recuperado de [http://www2.uned.es/biblioteca/tutorial\\_uso\\_etico/citas\\_bibliograficas.htm](http://www2.uned.es/biblioteca/tutorial_uso_etico/citas_bibliograficas.htm)

En el siguiente enlace a la página de UNED se muestra una introducción al sistema de citas bibliográficas incluyendo ejemplos variados.

1. Es un elemento esencial de la ciencia:
  - A. El empleo de la tecnología, porque asegura que la investigación se hace según los últimos medios.
  - B. La repetitividad, porque permite comprobar los resultados obtenidos.
  - C. La geografía, porque la forma de hacer ciencia está condicionada por el ámbito geográfico.
  - D. El coste de la experimentación, porque en un entorno de crisis es algo a tener en cuenta.
  
2. En el ámbito científico el estado del arte hace referencia a:
  - A. El conjunto de conocimientos actualizados, leyes, teorías e iniciativas en curso relativos a un tema o ámbito concreto de la ciencia.
  - B. El estado del arte hace referencia al método que se seguirá en la investigación.
  - C. Esa expresión no es común en las publicaciones o escritos científicos.
  - D. El estado del arte hace referencia a la lista de los investigadores más destacados del área.
  
3. A la hora de realizar un trabajo científico siempre debemos comenzar buscando documentación previa sobre el tema que nos ocupa:
  - A. Falso, porque a veces se tratarán temas absolutamente inéditos.
  - B. Falso, porque la búsqueda de documentación es una opción, no una obligación.
  - C. Cierto, porque a ello obliga las normas de las revistas científicas.
  - D. Cierto, porque por innovador que sea nuestro enfoque siempre hay que tratar de proporcionar información sobre los conocimientos aceptados en el área, materias relacionadas y utilizar los trabajos o ideas previas para aportar conocimiento adicional.

4. ¿Qué ventajas tienes el modelo *open-access*?
- A. Que es gratuito para el autor.
  - B. Que tiene una comunidad más grande.
  - C. Que es el modelo donde se producen menos plagios.
  - D. Que es el modelo que permite difundir más fácilmente tus investigaciones.
5. La revisión doble ciego:
- A. Es la más usada porque garantiza que no se sepa quién ha escrito el *paper*.
  - B. Está en auge debido a que es más difícil que el revisor pueda conocer al autor.
  - C. Está en auge porque al estar los dos visibles el prestigio de ambos (revisor y autor) puede verse comprometido.
  - D. Solo son fiables áreas de investigación pequeñas.
6. El ORCID es:
- A. Un organismo que lucha por una ciencia libre de malas prácticas.
  - B. Un identificador único del artículo.
  - C. Un identificador único del autor.
  - D. Un sistema antiguo y en desuso para crear textos científicos.
7. ¿Cuál de los siguientes sitios web son fuentes de consulta bibliográfica para un artículo?
- A. YouTube.
  - B. Programas de divulgación científica.
  - C. Wikipedia.
  - D. Microsoft Academics.

8. Se considera plagio a:
- A. Copiar cualquier contenido de terceros, incluso citando al autor.
  - B. Copiar el contenido de terceros sin una cita explícita, excepto si se reescribe con tus palabras.
  - C. Copiar el contenido de terceros sin una cita explícita, incluso si se reescribe con tus palabras.
  - D. Ninguna de las anteriores.
9. Los índices de impacto de una revista:
- A. Es un elemento informativo sin ningún tipo de control y estandarización desarrollado por la comunidad científica para dar visión a su trabajo.
  - B. Se emplean para indicar la popularidad de un científico.
  - C. Son creados y utilizados por las universidades para promocionar a sus científicos.
  - D. Ninguna de las anteriores.
10. Para un científico, publicar es:
- A. Algo absolutamente opcional que se suele hacer por ego y visibilidad profesional.
  - B. Una forma de compartir el conocimiento con la comunidad científica en particular y con la sociedad en general.
  - C. Un paso previo antes de conseguir patentar los resultados y explotarlos comercialmente.
  - D. Algo simple y trivial que, dado que no lleva tiempo, se hace por costumbre.

Investigación en Inteligencia Artificial

---

# Redacción científica

# Índice

Esquema	3
Ideas clave	4
5.1. Introducción y objetivos	4
5.2. El estilo de redacción científica	4
5.3. Editores de textos científicos: LaTeX	9
5.4. Citas y formatos de bibliografía	17
5.5. Referencias bibliográficas	23
A fondo	24
Test	25



## 5.1. Introducción y objetivos

En este tema se explica de forma resumida **cuáles son las principales cuestiones a tener en cuenta cuando se escribe un texto científico y cuáles son las principales herramientas que nos ayudarán a ello** como son Latex y los gestores bibliográficos. También daremos algunas pinceladas de las redes de difusión del conocimiento científico.

## 5.2. El estilo de redacción científica

La principal motivación para la redacción de un texto científico es la transmisión del conocimiento adquirido con la investigación realizada. Por lo tanto, los textos científicos **deben redactarse en base a los siguientes rasgos distintivos:**

- ▶ La precisión es la **calidad relacionada directamente con el léxico y la terminología del ámbito de conocimiento**. Se deben elegir términos que no den lugar a ambigüedades para que el lector entienda perfectamente lo que se pretende transmitir.
- ▶ La concisión consiste en el **uso del número mínimo de palabras para expresar una idea**. Es muy importante ser concisos para mostrar de forma más clara los conceptos interesantes y que estos no se diluyan entre otros que no son relevantes.
- ▶ La objetividad. **El autor no debe expresar su opinión salvo cuando así sea necesario**. Pero en general, la redacción del artículo debe hacerse de forma impersonal sin entrar en valoraciones personales sin evidencia contrastada de las afirmaciones que se hagan.



Por lo tanto, es importante en la redacción científica **abordar el problema de forma clara, bien formulada y rigurosa**. Por lo tanto, debemos evitar la retórica, los adornos y expresiones confusas típicas de otros géneros literarios como metáforas, símiles, etc. Esto no siempre es una tarea fácil, y se necesita un aprendizaje previo para conseguir aprender a redactar artículos científicos.

Otra de las características que debe tener un artículo científico es que **debe ser original**. A excepción de artículos de recopilación (Surveys) donde se hace un trabajo de documentación del estado del arte de un área en concreto, lo normal en estos casos es que lo que se escriba en el artículo científico sea algo novedoso y original.

El núcleo de un artículo científico debe girar alrededor de una **hipótesis**. La hipótesis es recomendable presentarla implícitamente al lector, normalmente en la justificación o motivación (introducción suele ser el apartado donde se suele incluir). Después esa pregunta de investigación debe ser contestada en el artículo, principalmente en el cuerpo del artículo: **la experimentación y las conclusiones**. Para demostrar la hipótesis necesitamos un diseño experimental que la valide. La validación consiste en demostrar con un experimento que la hipótesis se cumple en los escenarios previstos y si no lo hace en todos, argumentar a qué es debido.

## Estructura de un texto científico

Los textos científicos deben estar correctamente estructurados. Esto permite al lector identificar fácilmente una parte del artículo donde quiera focalizar su atención rápidamente. Si no está estructurado se obliga al lector a leer todo el texto, lo cual es contraproducente ya que puede desincentivar al lector. Debe haber una estructura clara que permita identificar las siguientes partes (algunas pueden ser opcionales o estar agrupadas).

## **Introducción**

Describe la intención de la investigación y el contexto en el que se realiza. Aquí normalmente se expone la pregunta de investigación o la hipótesis.

## **Motivación**

A veces va junto con la introducción, pero en cualquier caso debe haber una sección donde se justifique por qué es relevante la investigación realizada.

## **Estado del arte**

Identifica trabajos científicos o académicos relacionados con el que has realizado. Aquí se puede citar desde trabajos en los que te has apoyado para realizar tu investigación, a otros trabajos que abordan el problema de otra forma o que obtienen diferentes resultados al tuyo. De esta forma, podemos comparar nuestros resultados con estos trabajos para garantizar la originalidad y el valor que aporta nuestro trabajo frente a lo que ya existe.

## **Marco teórico**

Si es necesario, se debe describir los fundamentos teóricos en los que se basa tu propuesta. Depende del público al que vaya dirigido el artículo, puede no ser necesario (una publicación dedicada a un área de conocimiento concreto, donde se asume que los lectores conocen los conceptos fundamentales de esa área).

## **Metodología experimental empleada**

Se debe describir los pasos que se han realizado para hacer el experimento: cómo se ha seleccionado la muestra poblacional, si se ha llevado a cabo una, cuáles son los diferentes perfiles que se han seleccionado, qué sesgos puede haber en ellos, cómo se ha realizado el experimento (en qué condiciones) para poder comprobar si

este ha podido contaminar el resultado de este, los datos utilizados y cómo se han tratado, etc. Una de las principales ideas de por qué debes describir cómo se ha hecho el experimento es la repetibilidad del mismo. Los **experimentos deben ser repetibles** para que otros científicos puedan comprobar que estos son correctos.

### **Resultados de los experimentos**

Se debe discutir en esta sección cuáles han sido los resultados del experimento planteado. Esta discusión debe ser crítica, ensalzando los éxitos y citando los posibles fracasos obtenidos en la experimentación. También hay que intentar argumentar por qué se ha llegado a estos resultados. Sobre todo, si los mismos no son los esperados o si hay cosas extrañas en los mismos. También se puede comparar los resultados obtenidos con otros resultados del estado del arte, si diera lugar a ello (un algoritmo que mejora la realización de una tarea concreta frente a otros algoritmos, por ejemplo).

### **Conclusiones**

Las conclusiones sirven para enfatizar las cosas importantes que se han extraído en el proceso de investigación. Se debe ser crítico y no pecar de triunfalismo e intentar ser lo más objetivos posibles. Dejando claras las bondades del conocimiento adquirido, pero también sus deficiencias o sus lagunas. Precisamente estas lagunas o cosas que aún no están resueltas pueden derivar en investigaciones posteriores.

### **Trabajos futuros**

Del resumen de las conclusiones obtenidas se pueden plantear otros trabajos que se alcancen a realizar para mejorar los resultados obtenidos o para ampliar el conocimiento en las áreas que quedaron por cubrir en el trabajo actual. A veces esto puede ir junto con las conclusiones sin tener un apartado diferenciado.

## Referencias

Todo texto científico debe referenciar a otros autores, bien porque usemos sus descubrimientos como base, bien porque los usemos para motivar nuestra investigación (trabajos similares en esta área que demuestran su interés, líneas de investigación abiertas en otros trabajos, etc.) o bien porque los cite como estado del arte para compararnos con ellos.

A parte de esta estructura, que como decimos puede ser adaptada a las necesidades del artículo en cuestión, hay una **serie de recomendaciones que debemos tener en cuenta a la hora de realizar un texto científico**:

- ▶ Resumir usando tablas y gráficos que ayuden a la comprensión de los resultados obtenidos.
- ▶ Aplicar un tipo y tamaño de letra uniforme.
- ▶ Tener subapartados si esto ayuda a estructurar el texto.
- ▶ Cada párrafo debe incluir un tema o idea. Hay que evitar párrafos muy cortos y demasiado largos.
- ▶ Aunque no es recomendable introducir demasiada literatura, hay que facilitar la lectura usando los nexos adecuados entre las frases y los párrafos.
- ▶ Intentar que no se use un término, sigla o concepto que no se haya definido previamente. Las siglas si se usan, deben estar definidas previamente a no ser que sean comúnmente conocidas.
- ▶ Las frases deben ser simples, cortas, preferentemente en voz activa.
- ▶ Coloca las ideas importantes al principio.
- ▶ Intenta usar un lenguaje formal y lo más neutro posible.
- ▶ Evita variaciones terminológicas, es decir, no utilizar diferentes términos para el mismo concepto. Esto es importante debido a que normalmente los artículos no son redactados por un único autor.

En cuanto a la forma de escribir, **se recomienda que se use una forma impersonal**. Por ejemplo, usar el pronombre se (por ejemplo: se observó que, se constata que...)

mejor que (observamos que, constatamos que...). En este tipo de casos sí que se puede usar la voz pasiva, aunque en líneas generales sea preferible la activa (el experimento se llevó a cabo...). Otra alternativa es usar la tercera persona del plural (probamos que...)

Para finalizar, remarcamos que, en la redacción de un texto científico, debe **primar la argumentación sobre la descripción o exposición**. Debemos intentar argumentar todo lo posible lo que expongamos. Para ello debemos mostrar primero las premisas de las que partimos y mostrar el razonamiento mediante el cual obtenemos la conclusión que describimos. Bien por las pruebas aportadas por la experimentación empírica o bien por un proceso de deducción o inducción formal que aprueba o refuta la hipótesis inicial.

### 5.3. Editores de textos científicos: LaTeX

En el ámbito científico y técnico es habitual tener que trabajar con ecuaciones matemáticas, tablas y multitud de gráficas. Además, trabajar con un gran número de referencias correctamente citadas en el texto y expresadas en el formato especificado se hace necesario. Ante esta situación, son muchos los autores que buscan soluciones más manejables y prácticas que las proporcionadas por los editores de referencia Word u Openoffice. LaTeX es la solución ante estas necesidades que exigen un gran número de funcionalidades tipográficas.

**LaTeX se complementa con el uso de BibTeX como herramienta para dar formato a las referencias bibliográficas.** Para gestionar de forma simple nuestros proyectos se recomienda el empleo de editores específicos como TeXstudio.

## Introducción a la edición con LaTeX

Dado nuestro sistema operativo, podemos seleccionar la fuente adecuada de LaTeX acudiendo a la página web: <https://www.latex-project.org/get/>

Especialmente al inicio y hasta que se dominen las distintas funciones, es recomendable **emplear una plantilla para desarrollar el texto**. Las editoriales científicas suelen proporcionar una plantilla para desarrollar sus contenidos.

Por ejemplo, en Elsevier podemos encontrar la plantilla LaTeX para revistas científicas con instrucciones asociadas: <https://www.elsevier.com/authors/author-schemas/latex-instructions>

---

Accede a la plantilla genérica a través del aula virtual o desde la siguiente dirección:  
[https://www.elsevier.com/\\_data/assets/file/0007/56842/elsarticle-template.zip](https://www.elsevier.com/_data/assets/file/0007/56842/elsarticle-template.zip)

---

El archivo descargado se puede descomprimir en nuestro ordenador personal antes de empezar a trabajar. Para el ejemplo que se detalla a continuación hemos empleado TeXstudio, disponible en <https://www.texstudio.org/>

Lo primero que haremos desde TeXstudio es crear un nuevo documento abriendo la plantilla descargada tal y como se muestra en la figura 1:

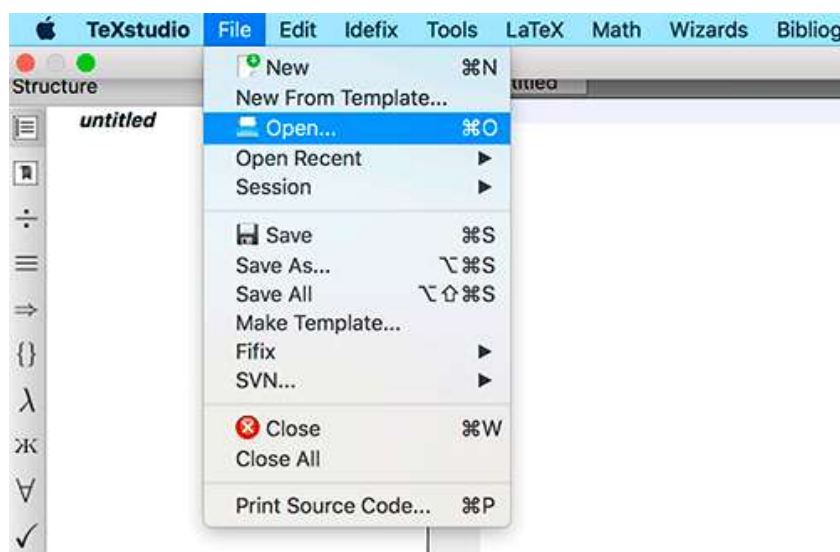


Figura 1. Abriendo una plantilla para su modificación con TeXstudio.

Debemos asegurarnos de seleccionar el documento correcto. En la imagen siguiente se muestra el documento que se debe seleccionar.

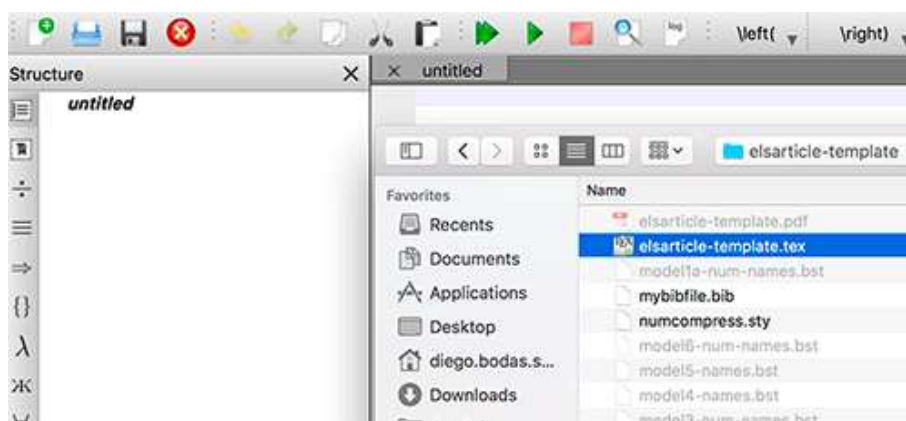


Figura 2. Seleccionando la plantilla correcta con TeXstudio.

La figura 3 permite observar cómo tenemos cargado en el programa tanto la plantilla con su texto de prueba.

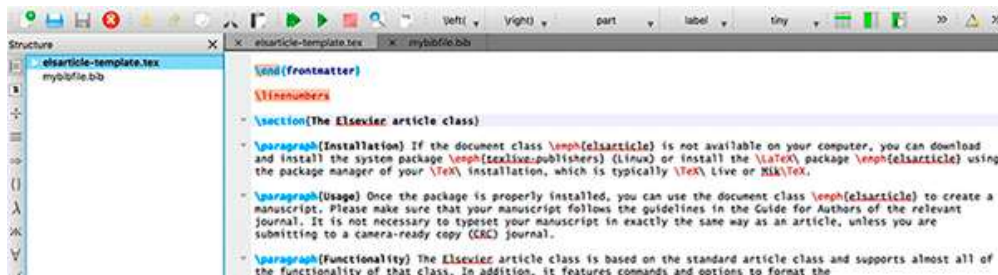


Figura 3. Primera visión de la plantilla seleccionada en TeXstudio.

Pulsando en el archivo mybibfile.bib accedemos al listado de referencias incluidas en la publicación (figura 4).

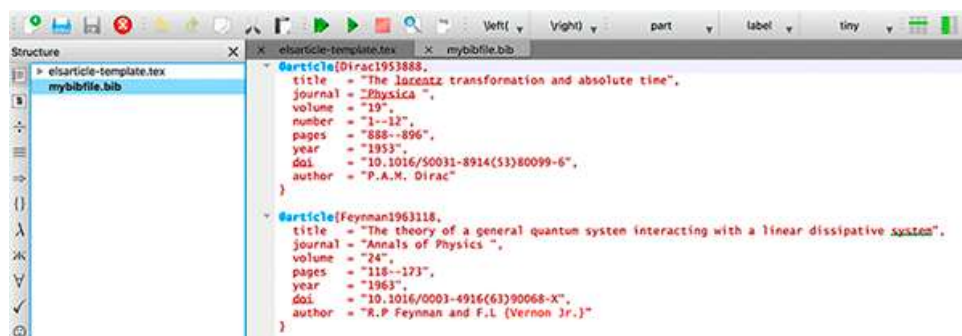


Figura 4. Detalles de las referencias.

Como se puede ver en el documento elsarticle-template.text, el artículo se divide en secciones (capítulos o apartados) o párrafos. Además, se pueden añadir subsecciones (`\subsection{nombre}`) y multitud de recursos diferentes.



Para insertar referencias primero debemos añadir la referencia correspondiente en el archivo mybibfile.bib completando los valores de los campos que estén a nuestra disposición.

```
@article{identificadorEjemplo,
  title = "The theory of a general quantum system interacting with a linear dissipative system",
  journal = "Annals of Physics ",
  volume = "24",
  pages = "118--173",
  year = "1963",
  author = "R.P Feynman and F.L (Vernon Jr.)"
}
```

Figura 5. Insertar una referencia.

El primer elemento corresponde al identificador empleado para referirse a la cita. Un estándar es emplear el apellido del autor (por ejemplo, Feynman) seguido del año de la obra y página de inicio (por ejemplo, Feynman1963118) de esta forma se podría distinguir entre varias publicaciones del mismo autor en el mismo año. No obstante, el autor podría emplear el identificador que prefiera. Para que la cita esté disponible debemos compilar el documento pulsando la tecla F6 (o «Tools» → «Compile»).

Insertamos la correspondiente cita en el archivo elsarticle-template.text tal y como se muestra en la figura siguiente:



Figura 6. Insertando una nueva cita.

Para ver el resultado final procesamos el documento según se indica en la figura 7.

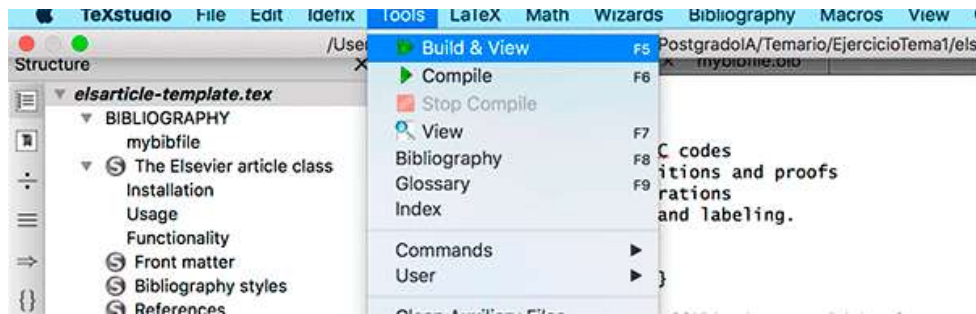


Figura 7. Procesando el resultado final.

Y ya podremos ver el resultado final. En la figura 8 se muestra el resultado asociado a la nueva cita insertada.

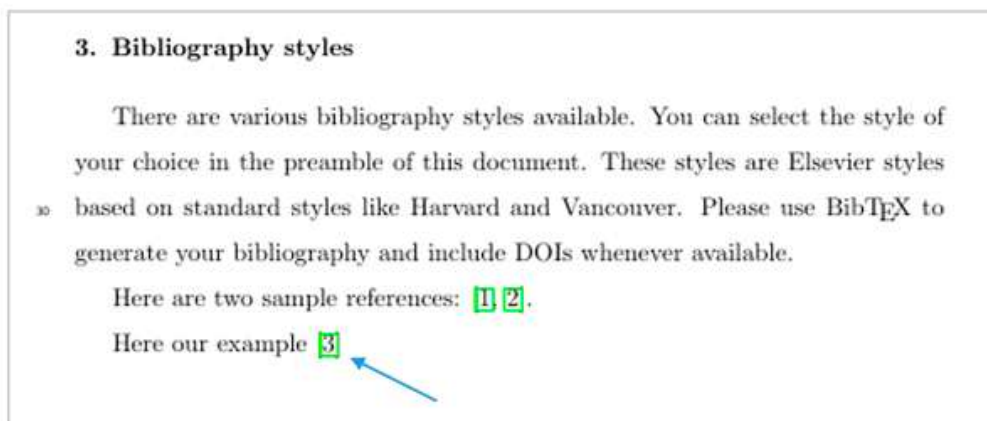


Figura 8. Nueva cita insertada.

Mendeley o Google Scholar pueden ser muy útiles a la hora de sugerir el formato de citación adecuada para una determinada fuente bibliográfica. En la siguiente imagen se recuerda cómo copiar al portapapeles del sistema operativo la cita formateada en BibTex:

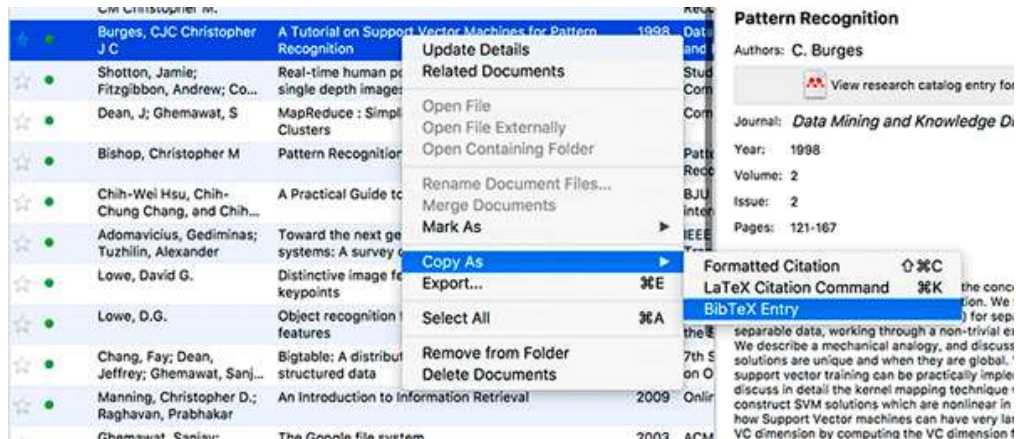


Figura 9. Usando Mendeley para obtener la cita de una fuente bibliográfica en formato BibTex.

En Google Scholar también tenemos la opción de obtener la cita formateada en el formato buscado accionando primero la opción «Citar» (figura 10).

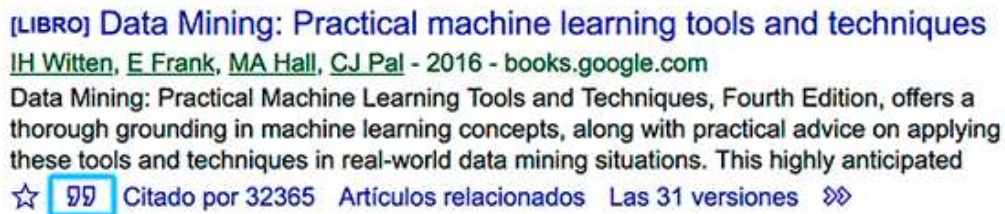


Figura 10. Detalles de la cita empleando Google Scholar.

Fuente:

[https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=data+mining+practical+machine+learning+tools&btnG=&oq=data+mining+practi](https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=data+mining+practical+machine+learning+tools&btnG=&oq=data+mining+practi)

La siguiente imagen muestra cómo acceder al detalle de la cita en formato BibTeX:

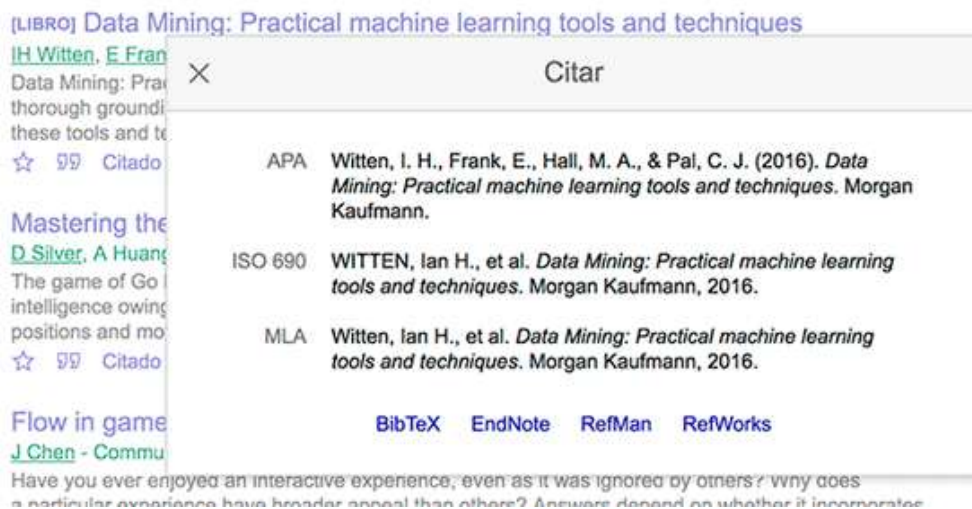


Figura 11. Detalles de la cita BibTeX uned empleando Google Scholar.

Fuente:

[https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=data+mining+practical+machine+learning+tools&btnG=&oq=data+mining+practi](https://scholar.google.es/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=data+mining+practical+machine+learning+tools&btnG=&oq=data+mining+practi)

También podemos extraer información para el BibTeX de Microsoft Academics como se muestra en la figura 12, de forma similar a Google Scholar:

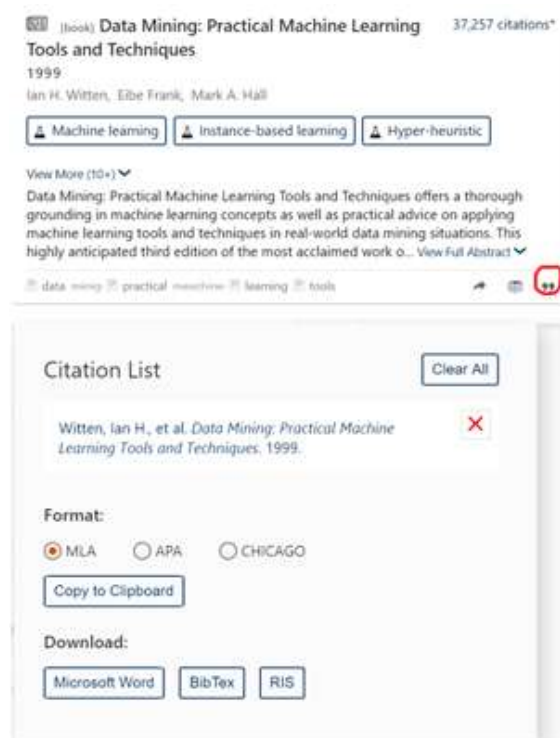


Figura 12. Obtener referencias de Microsoft Academics.

LaTeX nos proporciona un amplio abanico de posibilidades para procesar nuestras publicaciones científicas. Sin embargo, su aprendizaje no es totalmente intuitivo e inmediato. En las secciones de material recomendado puedes encontrar referencias de utilidad para adentrarte en el uso de esta solución.

## 5.4. Citas y formatos de bibliografía

Para facilitar la localización de los recursos **bibliográficos existen distintos estilos a la hora de formatear las referencias bibliográficas**. La norma ISO 690:2010 y su equivalente español, la UNE-ISO 690:2013, recogen las directrices para la redacción de referencias bibliográficas (<http://guiasbus.us.es/bibliografiaycitas/estilouneiso>).

Según la norma elegida, el formato para especificar el nombre y apellidos de los autores, el año de publicación, la editorial, el volumen..., puede variar significativamente. Por ejemplo, en algunos estilos el año de publicación se indica después de los nombres mientras que en otros se indica al final de la cita.

Algunos estilos muy conocidos en el **ámbito científico y técnico** son los siguientes:

- ▶ The Chicago Manual of Style. Elaborado por la Universidad de Chicago en 1903, está especialmente indicado en publicaciones de historia, ciencias sociales y jurídicas.
- ▶ Harvard System of Referencing. Se emplea en el ámbito de las ciencias naturales y física.
- ▶ Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals (URM) o estilo Vancouver. Se emplea de forma más frecuente en el ámbito de la biomedicina como indica su nombre.
- ▶ IEEE Standards Style Manual. Quizá uno de los más extendidos. Desarrollado por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), en el ámbito de ingeniería, informática y tecnología.

## Gestores bibliográficos

Un trabajo de investigación suele implicar analizar, almacenar y catalogar una cantidad ingente de referencias bibliográficas. Lidar con esa tarea puede convertirse en algo tedioso si no se dispone de las herramientas asociadas.

Los investigadores **emplean gestores bibliográficos que les ayudan a catalogar y clasificar de forma eficiente la bibliografía empleada**. Dos de los gestores bibliográficos más conocidos son RefWorks (<https://www.refworks.com/es/>) y Mendeley (<https://www.mendeley.com/>).

Para simplificar, se explicarán de forma sencilla y práctica las distintas **posibilidades que ofrece Mendeley como herramienta de gestión bibliográfica**.

Lo primero que se debe hacer es crearse una cuenta a través de la página web: <https://www.mendeley.com/>.

La figura 13 muestra la localización del enlace.



Figura 13. Crear una cuenta en Mendeley.

Fuente: [www.mendeley.com](https://www.mendeley.com)



Después de reflejar nuestros datos y finalizar el proceso de alta, podemos descargar la herramienta de escritorio al través del enlace a Download tal y como se muestra en la imagen siguiente.



Figura 14. Acceso a Download.

Fuente: [www.mendeley.com](https://www.mendeley.com)

Debemos seleccionar la versión adecuada a nuestro sistema operativo entre las opciones disponibles. En la figura 15 se muestran las distintas opciones disponibles.

## Download Mendeley Desktop for Mac OS



[Download Mendeley Desktop for Mac OS X](#)

Latest version for Mac OS X 10.10 or later. [See release notes.](#)

Other systems:  [Mendeley Desktop for Windows](#)  [Mendeley Desktop for Linux](#)

Figura 15. Mendeley Desktop, descarga.

Fuente: [www.mendeley.com](https://www.mendeley.com)

El uso de la aplicación es relativamente sencillo. Es siempre recomendable poseer una estructura adecuada de directorios que nos permita encontrar fácilmente las referencias acumuladas. Se puede acceder a distintas funcionalidades de gestión de carpetas a través del menú principal o pulsando el botón derecho del ratón tal y como indica la imagen siguiente.

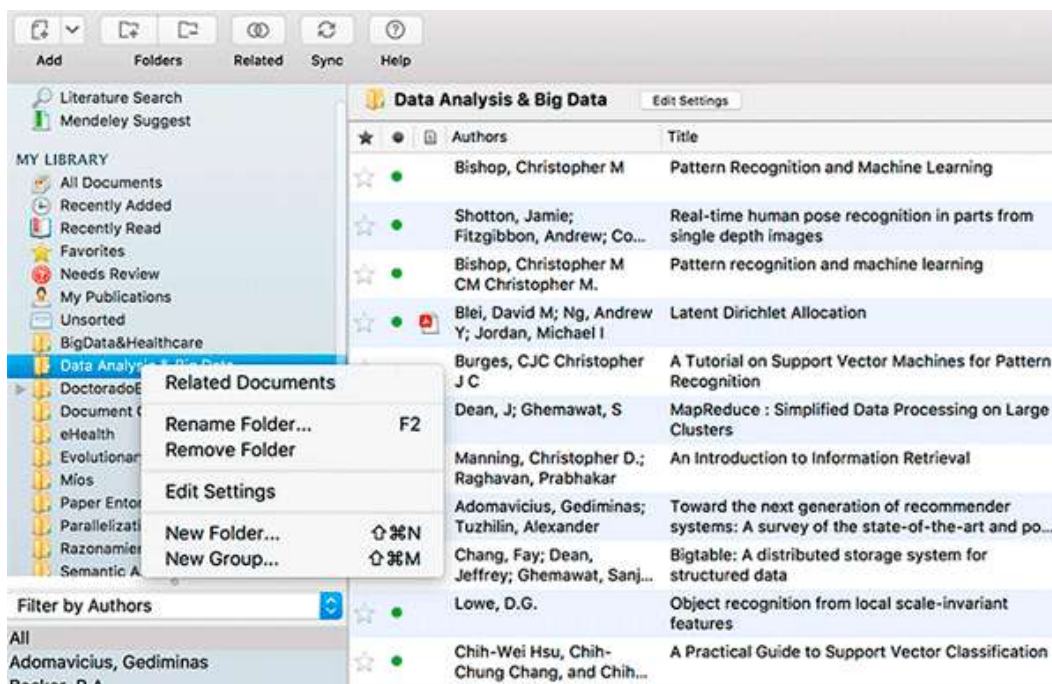


Figura 16. Mendeley Desktop, gestionando carpetas.

Para buscar una referencia nueva podemos emplear la funcionalidad de búsqueda. La imagen siguiente facilita la localización del recurso dentro de la herramienta:

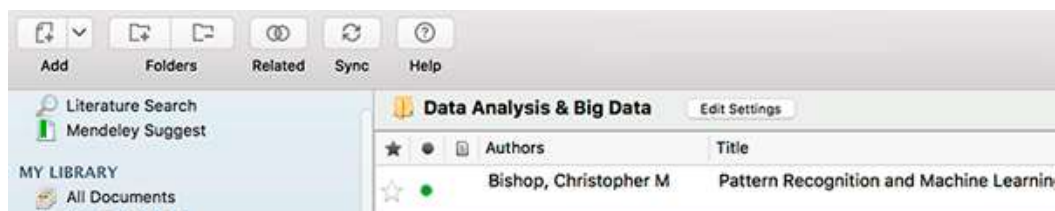


Figura 17. Acceso a la utilidad de búsqueda.



Su empleo es intuitivo. Como cadena de búsqueda podemos usar palabras del título y nombre y apellidos de los autores. Como resultado de la búsqueda, Mendeley nos propondrá un conjunto de referencias. Activando una referencia concreta podremos ver detalles de esta en el lado derecho de la aplicación. Se muestra un ejemplo en la imagen siguiente:



Figura 18. Detalle de una publicación en Mendeley Desktop.

Una funcionalidad muy útil de la aplicación es la opción de formatear las referencias según los diferentes estilos de formato. Gestionar manualmente el formato de las distintas referencias bibliográficas para adaptarlo a las exigencias de las distintas revistas donde enviamos las publicaciones es una tarea sumamente engorrosa. La imagen de debajo muestra cómo personalizar el estilo de las citas bibliográficas.

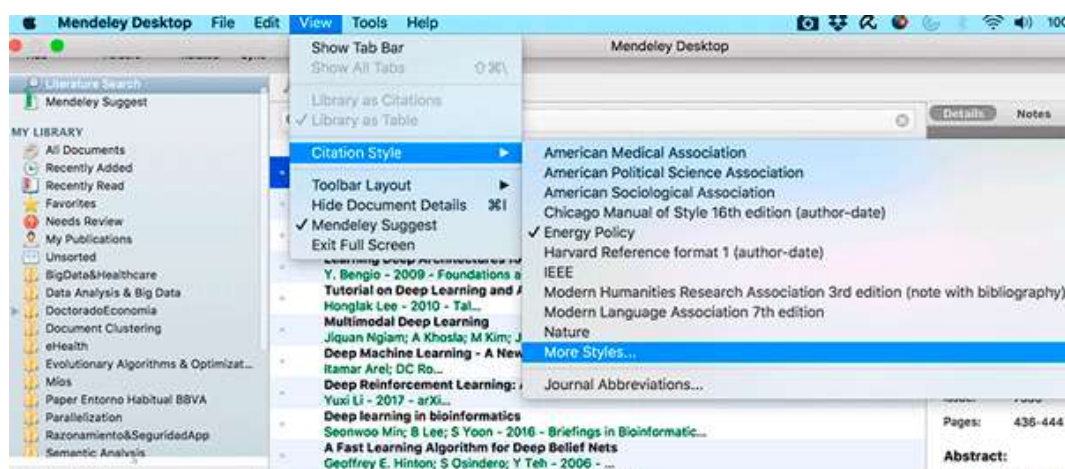


Figura 19. Personalizando el estilo bibliográfico de las fuentes.

Otra opción es copiar las referencias a un conjunto de citas de interés o exportarlas a un formato concreto. Para ello, deberán seleccionarse previamente las referencias que nos interesan para después activar la funcionalidad correspondiente usando el botón derecho del ratón. La figura 20 muestra cómo copiar un conjunto de citas correctamente formateadas al portapapeles.

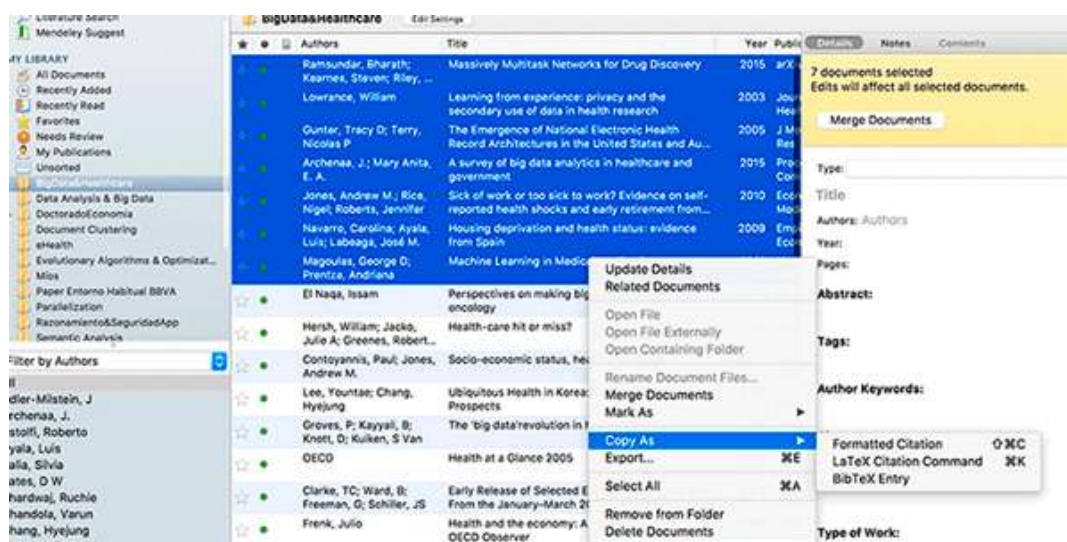


Figura 20. Obteniendo las referencias bibliográficas para incluir en nuestro documento de trabajo.

## Redes sociales científicas

Las redes sociales científicas constituyen una **herramienta interesante para mantener el contacto con la comunidad investigadora y compartir conocimientos**. Todas las redes sociales están siendo usadas para divulgar la ciencia. Por ejemplo, es común encontrar a *youtubers* que divulgan todo tipo de conocimiento científico, desde física, a ciencias de la computación. También hay interesantes cuentas a seguir en Twitter. Pero las más usadas y formales entre los propios investigadores son las siguientes:

---

ResearchGate: plataforma gratuita que pone en contacto a millones de investigadores de todo el mundo y permite compartir conocimiento. Acceso a través de: <https://www.researchgate.net/>

---

---

Academia.edu: permite agrupar a los investigadores por intereses comunes, acceder a ofertas laborales, publicaciones. El usuario puede gestionar su propia página personal de forma ágil e intuitiva. Acceso a través de:

<https://www.academia.edu/>

---

## 5.5. Referencias bibliográficas

Cascales, B., Lucas, P., Mira, J. M., Pallarés, A. y Sánchez-Pedreno, S. (2000). *LaTeX, una imprenta en tus manos*. Madrid: Aula Documental de Investigación.

Iglesias, M. M. (2010). *Cómo escribir artículos científicos: manuales para naturalistas*. Valencia: Tundra.

.

## How write scientific article

Hoogenboom, B. J., & Manske, R. C. (2012). How to write a scientific article. *International journal of sports physical therapy*, 7(5), 512. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3474301/>

Artículo con información de cómo escribir un artículo.

## WASP – Write a Scientific Paper course: why and how

Grech, V. (2017). WASP–Write a Scientific Paper course: why and how. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 40(3), 130-134. Recuperado de <http://www.ithams.com/wasp/papers/WASPpaper.pdf>

Otro artículo interesante donde se detalla cómo escribir un artículo científico.

## Tutorial de Latex

Tutorial sobre Latex. Accede a este recurso a través del siguiente enlace: <https://www.latex-tutorial.com/tutorials/>

Curso específico sobre Latex paso a paso que puede serte útil si quieres profundizar sobre el uso de Latex como herramienta de creación de texto.

1. En los textos científicos se busca...
  - A. La argumentación sobre la narración o descripción.
  - B. La narración sobre la descripción y la argumentación.
  - C. La descripción sobre la narración o la argumentación.
  - D. Ninguno de los anteriores.
  
2. Los textos científicos deben ser....
  - A. Complejos en su narración para demostrar las capacidades intelectuales de los investigadores que lo llevan a cabo.
  - B. Deben tener la retórica suficiente para que sea atractivo leerlos.
  - C. Deben ser simples y concisos para que sea fácil de entender y analizar.
  - D. Deben ser muy extensos y detallados recreándose en cosas no tan importantes pero que aportan detalles interesantes.
  
3. La estructura de un artículo científico debe tener como mínimo:
  - A. Introducción, estado del arte y propuesta.
  - B. Introducción, estado del arte, propuesta y experimentación.
  - C. Introducción, estado del arte, propuesta, experimentación y conclusiones.
  - D. Introducción, estado del arte, propuesta, experimentación, conclusiones y marco teórico.
  
4. ¿Qué es Latex?
  - A. Es un lenguaje de programación.
  - B. Es un lenguaje de formateado y procesador de textos.
  - D. Es un conjunto de herramientas ofimáticas para crear textos científicos.
  - C. Ninguna de las anteriores.

5. ¿Por qué es importante Latex en la edición de texto científico?
- A. Porque ayuda a formatear el texto de forma que el editor no tiene que preocuparse por tener un buen sistema de gestión de referencias, así como un potente lenguaje de expresiones matemáticas.
  - B. Porque permite formatear texto de forma sencilla con muy pocas reglas de marcado.
  - D. Porque es un lenguaje que permite elegir dónde colocar con precisión los elementos que forman parte del artículo como gráficos y tablas.
  - C. Latex no es importante en la edición de textos científicos.
6. En el ámbito científico y técnico, estilos muy conocidos para el formato de las referencias bibliográficas son:
- A. The Chicago Manual of Style, Harvard System of Referencing, Google Scholar, Microsoft Research. Ayudan a formatear el texto de forma que el editor no tiene que preocuparse, por tener un buen sistema de gestión de referencias, así como un potente lenguaje de expresiones matemáticas.
  - B. The Chicago Manual of Style, Harvard System of Referencing, Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, IEEE Standards Style Manual.
  - D. The Oxford Standard y Harvard System.
  - C. Ninguno de los anteriores.
7. ¿Qué es un gestor bibliográfico?
- A. Una persona encargada de una biblioteca.
  - B. Es un programa *software* que ayuda a catalogar y clasificar de forma eficiente la bibliografía empleada.
  - D. Un buscador de referencias bibliográficas como Google Scholar.
  - C. Un sistema que permite almacenar simplemente las referencias que se tienen para que no se olviden.

8. ¿De dónde puedes obtener citas para tu bibliografía?
- A. De artículos relacionados con el tuyo que hayas leído para realizarlo.
  - B. De buscar en Google Scholar o Microsoft Academics.
  - D. De libros que hayas consultado para realizarlo.
  - C. Todas las anteriores.
9. ¿Cuál de los siguientes gestores no es un gestor bibliográfico?
- A. Zotero.
  - B. Mendeley.
  - D. MS Word.
  - C. RefWorks.
10. La red social más usada para divulgar la ciencia es:
- A. YouTube.
  - B. Twitter.
  - D. LinkedIn.
  - C. ReserchGate.