

Ciencia, arte, tradición, opinión, reflexión y meditación...

Katra

No. 1

Nov. 2023

## Editorial inaugural

- Cómics en todas partes
- Inteligencia Artificial
- Las fuerzas del universo
- Inteligencia de las hormigas
- ¿Qué es la ciencia de datos?





## *Portada:*

Fotografía por *Frank Cone*

*"Super Moon over Snowcapped Mountain"*

Wenatchee, WA, E.U.A.

<https://www.pexels.com/photo/super-moon-over-snowcapped-mountain-2361600/>

## *Legal:*

**Katra**, Volúmen 2023, Número 1, noviembre de 2023, es una publicación anual editada por Dr. Salvador Godoy Calderón. Cádiz sur 77, Colonia Insurgentes-Mixcoac, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03920, Ciudad de México, México. Tel. 5554599218. Editor responsable: Dr. Salvador Godoy Calderón. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2022-111717422400-102.

Las opiniones expresadas por los autores de artículos no necesariamente reflejan la postura del editor de esta publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.





## Editorial

Resulta normal, al comenzar un nuevo proyecto, enfrentar una infinidad de obstáculos. Algunos de esos obstáculos son simples estorbos que sólo aletargan momentáneamente el proceso de creación, desviando la atención, la energía y los recursos hacia otras tareas. Por ejemplo, la necesidad de resolver trámites para obtener autorizaciones y licencias, o el repentino conocimiento de cuotas que es necesario pagar y que no estaban contempladas en el plan original.

Pero existe también, otro tipo de obstáculos mucho más perniciosos y con el potencial de destruir por completo la visión y el proyecto que está por comenzar. Esos obstáculos tienen que ver con el convencimiento, la determinación y voluntad, con los que cada integrante de un equipo asume su papel en el proceso de creación del nuevo proyecto. Si en su mente existen dudas sobre la *justificación*, la *necesidad* o la *viabilidad* del proyecto; sobre la ruta específica que se está tomando para abordarlo, o incluso simple indecisión sobre su *voluntad* personal de participar, entonces el proyecto completo se encuentra en peligro de morir antes de nacer. Sin embargo, suelen ser esos mismos obstáculos, los que encienden y alimentan una determinación, casi obsesiva, por sacar adelante el proyecto, sin importar cuántos o cuáles obstáculos se presenten.

Como suele suceder, para la creación de la revista **Katra**, el contexto no ofrecía un panorama alentador. La evolución del antiguo CONACYT en el nuevo CONAHCYT, trajo consigo múltiples y repentinos cambios en las políticas generales de investigación, así como en los criterios y mecanismos para evaluar a los investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Esos cambios

ocasionaron un vacío temporal en los criterios y requisitos para que una revista pueda ser reconocida por CONAHCYT e incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica. Particularmente, aún sigue sin aclararse si el índice puede incluir sólo a revistas editadas por instituciones de educación superior, o si es posible incluir revistas editadas por asociaciones o empresas que no pertenezcan al sector educativo. Eso es una de las grandes interrogantes que, hasta el momento, no tienen una respuesta definitiva.

El plan original de la revista, contemplaba la posibilidad de ser respaldada, no por una, sino por dos grandes instituciones públicas de educación superior en el país. Pero los cambios en CONAHCYT, generaron suficiente incertidumbre en ambas instituciones, para que reconsideraran su participación y reevaluaran la prioridad que asignaban al proyecto.

A pesar de todo lo anterior, hay circunstancias que siempre fueron parte de la visión y plan originales; el reconocimiento de que existe un creciente número de académicos e investigadores, tanto en México, como en toda América Latina, que tienen algo que decir; conocimiento, posturas y opiniones para compartir y para divulgar. Esos mensajes, por su naturaleza informal, subjetiva o especulativa, claramente no tienen lugar en revistas de investigación científica, sin embargo, también resulta claro que actualmente no existen suficientes medios de divulgación para dar cabida a esos mensajes. Sin mencionar que, de manera natural, para los investigadores resulta difícil hacer divulgación. La diferencia en las audiencias, en el estilo de escritura, en la forma esperada de presentar ideas, así como la diferencia en los procesos editoriales, crea inevitablemente un conjunto de nuevos retos que exigen tiempo y dedicación.

La orientación específica de **Katra** es hacia los jóvenes estudiantes de niveles medio-superior y superior. A ellos, que están decidiendo sobre la carrera que estudiarán o sobre la orientación profesional que tomarán al graduarse,

quisiéramos comunicarles muchas ideas y experiencias; suficientes para inspirarlos, si no orientarlos, en los caminos que comienzan a explorar.

Para los investigadores que buscan espacios nuevos para realizar divulgación de su trabajo, quisiéramos idealmente ofrecerles una organización sólida, con experiencia en las tareas editoriales. Pero la realidad es que **Katra** apenas comienza su existencia y la experiencia de los involucrados es, en su mayoría, en investigación, no en divulgación. Por ello, sabemos que desarrollar la experiencia necesaria para solidificar la organización de la revista tomará algún tiempo. Mientras eso ocurre, por el bien de la revista, de los autores y por supuesto de los lectores, seguiremos una política estricta de publicación sólo por invitación.

Así pues, por el momento, querido lector, sería insensato negar la enorme incertidumbre que rodea este proyecto. En el momento de escribir estas líneas, teniendo casi completo el proceso de publicación de nuestro primer número, aún existen muchas interrogantes sobre el futuro inmediato y de largo plazo de **Katra**. La única promesa honesta que puedo hacer es que, por mi parte, realizaré mi mayor esfuerzo por encontrar todos los elementos necesarios para consolidar este proyecto. Para lograrlo, seguramente será necesario, en los meses y años por venir, realizar cambios y tomar decisiones. Mi atención y dedicación estarán enfocadas en crear espacios de divulgación que acerquen y comuniquen a los investigadores y a los lectores. El tiempo dirá de qué forma y con qué nivel de éxito se logrará ese objetivo.

*Dr. Salvador Godoy C  
Octubre, 2023.*

# Índice

No. 1  
Vol. 2023

Editorial.....	i
Índice.....	iv
Cómics aquí, allá y acullá .....	1
Inteligencia Artificial y agentes conversacionales.....	11
Las fuerzas de la naturaleza .....	24
Inteligencia colectiva de las hormigas para resolver problemas complejos de computación .....	36
¿Qué es la ciencia de datos? .....	41

# Cómic aquí, allá y acullá

Blanca Lidia Miranda Valencia

[bmirval@gmail.com](mailto:bmirval@gmail.com)

¿Sabías que las películas de superhéroes, como *Spider-Man* y la *Mujer Maravilla*, están inspiradas en cómics? El cómic es “una historia narrada mediante la imagen, la palabra, símbolos, planos, ángulos, plasmados en papel y distribuidos mediante viñetas y globos de diálogo para mostrar una historia con inicio, desarrollo y conclusión” ([Maza 2013, p. 13](#)). Aparte, los comics pueden describir una situación, mostrar emociones, brindar información o contener un mensaje.



Según el país los cómics cambian de denominación. En México y América Latina se conocen como *historietas* o *tiras cómicas*, en España *tebeos*, en Brasil *quadrinhos*, en Italia *fumettis*, en Francia *bandes dessinées* y en Japón *mangas*.

## Cómic en la educación

Tal vez hayas pasado gratos momentos de diversión y esparcimiento al leer cómics de tus héroes favoritos. Sin embargo, alguno que otro docente los ha utilizado como recurso para el aprendizaje de sus alumnos. A continuación, te muestro ejemplos de cómo se han aplicado.

### ***Lectura de un cómic:***

- Una profesora de historia, en México, solicitaba a sus alumnos leer la historieta *Hombres y Héroe*s y posteriormente les aplicaba un examen sobre el tema tratado en el cómic. Causó tal impacto en el alumnado que una persona decidió estudiar literatura y otra optó por el dibujo. Si deseas saber más sobre cómo se realizaba la historieta, su historia, los personajes, acontecimientos y la situación económica que prevaleció en el tiempo en que se publicó, te invito a consultar el artículo [La historieta “Hombres y Héroes”: entretenimiento y educación informal en México \(1987-2005\)](#).
- En [El comic y su utilización en el comentario de textos](#) se sugieren las actividades que se pueden asignar a los alumnos del nivel básico, para comentar textos, tomando en consideración el argumento, el tema, la estructura, los personajes, el espacio, el tiempo, los códigos visual y verbal, y la impresión personal. Con el fin de incrementar la capacidades crítica y analítica de los alumnos tanto, en el ámbito escolar como en otros entornos.

### ***Creación de un cómic por parte de los alumnos:***

- En España, una profesora, les asignó a los estudiantes la creación de un cómic sobre un filósofo o científico notable. Las actividades realizadas fueron: buscar biografías del científico asignado, en libros y direcciones de internet proporcionados por la profesora; comparar la información localizada; identificar las aportaciones en el avance del conocimiento y la ciencia, así como aspectos que lo describieran como persona; resumir la información; y realizar un cómic que sería presentado a toda la clase. En el artículo [Celebremos el primer centenario de la teoría de la relatividad conociendo a los científicos y su trabajo](#) se describen las actividades realizadas, los logros obtenidos y parte de los cómics creados.
- Para consolidar el aprendizaje previamente adquiridos, se les pidió a los alumnos de la carrera de ingeniería biomédica, de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, crear un cómic partiendo del siguiente escenario “En el capítulo anterior, el héroe Súper Electrón cae en manos de las temibles cargas golosas de energía que planean acabar con la subestación eléctrica, fuente de recurso



eléctrico del planeta electromecánico en la galaxia UPIBIANA” ([Linares, García y Martínez 2016](#)). Esta experiencia y muestras de los cómics creados se detalla en [Empleo de historietas para reforzar el aprendizaje del nivel superior en UPIBI-IPN](#).

- Los estudiantes de modalidad a distancia de una universidad colombiana, después de una investigación bibliográfica, utilizaron herramientas computacionales, para elaborar un cómic sobre la importancia, los personajes y los problemas que dieron origen a la programación lineal. El propósito del docente que asignó la actividad fue apoyar el aprendizaje de este concepto matemático. Si quieres ver la técnica emplea en los comics puedes leer [Narrativas discontinuas como estrategia de enseñanza aprendizaje de las matemáticas](#).



### ***Creación de un cómic por parte de los profesores:***

- El doctor Chung, adscrito a la Facultad de Medicina de la Universidad de Ajou en Corea del Sur, crea tiras cómicas con el propósito de facilitar la comprensión y memorización de sus estudiantes de la asignatura de anatomía. Ha constatado que los estudiantes que aprenden con los cómics obtienen mejores calificaciones que los que no las utilizaron ([Mayor 2016](#)). ¿Quieres ver los comics realizados por el doctor Chung? Busca las imágenes que aparecen en Google bajo el término *Dr. Anatophil*.

Al acudir con un médico ¿no entendiste lo que te dijo sobre el diagnóstico de tu padecimiento? El libro [El cómic como recurso didáctico en los estudios de medicina](#) es un manual, que incluye ejercicios, cuyo propósito es enseñar a los médicos a: utilizar un lenguaje más comprensible cuando exponen el diagnóstico a sus

pacientes, identificar las emociones de los pacientes en las distintas etapas de su enfermedad, ser más empático con los pacientes, y comunicar las noticias poco alentadoras. Si estás estudiando medicina o simplemente te interesa el tema te recomiendo su lectura.

Cómo puedes apreciar, el cómic se ha empleado en diferentes niveles educativos y para diversos propósitos. Los mencionados sólo son una demostración ¿Te imaginabas que puedes aprender con cómics, ya sea creándolos o leyéndolos?

## ***Cómics como tema de investigación***

Por otra parte, no creas que sólo existe la Convención Internacional de Cómics de San Diego, mejor conocida como *Comic-Con*. En varias partes del mundo se organizan congresos donde se han presentado trabajos sobre el uso del cómic en el cuidado de la salud, como:

- [\*Comics and Medicine Conferences\*](#) (Conferencias sobre cómics y medicina) que se ha celebrado desde 2010 a la fecha, asisten profesionales de la salud, investigadores, profesores, estudiantes, farmacéuticos, editores y dibujantes de cómics.
- [\*Congreso Internacional sobre Traducción, Medicina Gráfica y Comunicación medico paciente\*](#), el año pasado se celebró en Córdoba, España.
- El *Comic Art Working Group* (CAWG, Grupo de Trabajo de Arte Cómic) de la *International Association for Media and Communication Research* (IAMCR, Asociación Internacional de Investigadores en Comunicación Social) organiza anualmente una sección dentro del [\*Congreso de IAMCR\*](#) en donde se presentan trabajos multidisciplinarios sobre el comic. Los miembros del grupo se localizan en varios países. Los miembros por México están adscritos a instituciones educativas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guadalajara y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

- [Congreso Internacional de Investigación sobre Cómic](#) a celebrarse en la Universidad de Alcalá, España.
- [Congreso Internacional de Estudios Interdisciplinares sobre Cómic](#), en 2022 tuvo lugar en la Universidad de Zaragoza, España.
- [Congreso Internacional Teaching with Comics](#): Cómic, Lectura y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), organizado por la Universidad de Valencia, España.
- En *11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2016* se presentó el trabajo "[A utilização de Histórias em Quadrinhos na Especificação de Requisitos de Software.](#)"

La mayoría de los expertos en cómics dan a conocer los resultados de sus investigaciones en revistas y libros. Las revistas más importantes sobre cómics son: *Journal of Graphic Novel and Comics*, *Palgrave Studies in Comics and Graphic Novels*, *Comics Grid Journal of Comics Scholarship*, *European Comic Art* y *Studies in Comics*. Sí, todas están en inglés porque actualmente es el idioma científico universal.



Te muestro dos ejemplos de artículos de revistas en español donde el objeto de estudio es el cómic:

- [Identificación de tópicos en un corpus utilizando Transformers](#) publicado en la revista mexicana *Computación y Sistemas*. Se utilizaron 1,200 cómics para reconocer la temática del cómic.
- [La historieta como recurso didáctico para promover el cuidado de la](#)

[cavidad bucal en niños](#) publicado en la revista colombiana *Revista Nacional de Odontología*.

Los cómics se han estudiado en múltiples áreas del conocimiento, las principales son: Artes y humanidades, Ciencias sociales, Computación, Psicología, Ingeniería, Medicina, Matemáticas, Negocios y administración, Física y astronomía, Neurociencias, y otras más.

Los autores de estos documentos están adscritos a instituciones ubicadas principalmente en Estados Unidos, Reino Unido, España, Canadá, Japón, Francia, Italia y Alemania. Pero también hay autores Iberoamericanos.

¡Quizás no te imaginabas que los cómics se han estudiado desde diversas disciplinas!

## ***Cómics en el cuidado de la salud y algo más***

Los cómics no sólo se han utilizado en el ámbito académico, igual recomiendan acciones que puedes realizar en tu vida cotidiana. Distintas organizaciones gubernamentales e internacionales, instituciones educativas, empresas, editoriales y plataformas de webcómic han creado este tipo de cómics. Te presento algunos ejemplos y el vínculo para que los puedas leer si deseas:

### ***Cómics sobre el cuidado de la energía eléctrica***

- [Energito siempre alerta](#)
- [Accidentes a terceros, desenergizádos](#)



### ***Cómics sobre el cuidado del agua:***

- [Historieta Gotiiepe cuidemos el agua](#)
- [¡Aguas con el agua!](#)
- [Simplemente agua.](#)
- [Historieta cuidado del agua](#)
- [Hidrokid, el guardián del agua](#)

### ***Cómics sobre el cuidado de los animales:***

- [Mónica y sus amigos ¡Abajo la rabia!](#)
- [Este cómic describe el día a día en un refugio de animales](#)



### ***Cómics sobre el cuidado de la salud:***



- Historieta para niños de El Salvador: [Pedrito y la enfermedad de Chagas](#)
- Historieta de prospera en salud: [obesidad y sobrepeso](#)
- [Pepita y papá te enseñan a comer sano](#)

### ***Cómics sobre las adicciones***

- [Adicciones](#)
- [Una noche de fiesta](#): información, prevención y reducción de riesgos

### ***Cómics sobre problemas sociales***

- [¿Conflicto de intereses?](#)
- Claves para resolver de forma positiva [conflictos cotidianos en la familia](#)
- [Las niñas, niños y adolescentes migrantes](#), no queremos discriminación

## ***Cómics sobre la igualdad de género***

- [¿Y tú qué pintas, viñetas para la igualdad?](#)
- Historias de mujeres [¡Por favor, déjenos ser iguales!](#)

## ***Cómics sobre el acoso escolar (bullying)***

- [La lucha contra el acoso escolar](#) de Iñaki Zubizarreta llega al cómic
- [Vidas cruzadas contra el acoso escolar](#)
- Edgar, cómic sobre la [violencia escolar](#)



## ***Cómics sobre la diversidad sexual***

- Pau, guía sobre [diversidad afectivo-sexual para adolescentes](#)
- Carol, una chica de mi insti: guía sobre la [diversidad afectivo-sexual para adolescentes](#)

## ***Cómics sobre la diversidad lingüística***

- Que hablen las lenguas... [Perú, país diverso](#)
- Obras ganadoras 2022, [Cómics en lenguas indígenas nacionales](#)

Los cómics listados son sólo una porción, basta con buscar en Google el tema de tu interés para descubrirlos.

## ***Cómics en las bibliotecas***

Un tema que se ha tratado reiteradamente en congresos, libros y artículos se refiere al papel de la biblioteca pública en el fomento de la lectura mediante los cómics. En el libro [El cómic, invitado a la biblioteca pública](#) se describen *comictecas* localizadas en Bolivia, Chile, Ecuador, España y Portugal.

México aloja la colección personal de Carlos Monsiváis, célebre escritor y periodista

mexicano, en la Biblioteca de México que contiene historietas publicadas desde 1800 hasta nuestros días, cuyos autores son renombrados historietistas tanto nacionales como extranjeros, entre otros libros y revistas. ¡A que no sabías que en la Biblioteca de México puedes consultar este gran tesoro para los amantes de los cómics! Aunque puedes ver en formato digital esta [Biblioteca Carlos Monsiváis](#) es mejor que la visites personalmente. La [Hemeroteca Nacional de México](#), ubicada en la Ciudad Universitaria, resguarda 675 títulos de historietas publicadas entre 1939 y 1979, para consultarlas es necesario hacer una solicitud con al menos un día de anticipación.

A propósito, en 2016 la Biblioteca de México y el Centro Cultural Universitario de la UNAM fueron sedes del [Primer Foro Internacional de Cine y Cómic](#). En el Foro se exhibieron películas de autor que tienen como antecedente cómics desconocidos en México. Por supuesto, no son de superhéroes. Igualmente, hubo una exposición de cómics de la Colección de historietas de Carlos Monsiváis, así como conferencias de destacados investigadores, autores de comics y cineastas.

Como puedes constatar las bibliotecas también les dan su importancia a los cómics. Toma en cuenta que estas *comitecas* son sólo una muestra de las que se ubican en Iberoamérica, existen muchas más en todo el mundo.



## Epílogo

Hay tanto que decir de los cómics que este espacio no es suficiente para contarte todo lo que descubrí. En los siguientes documentos puedes explorar algo más de ellos:

- [Entender el cómic. El arte invisible](#), de Scott McCloud. Hernández (2023) reseña el libro de McCloud, una vez que lo leas vas a percibir el cómic de manera diferente. En palabras del autor “Durante y después de la lectura de este cautivante libro, uno queda convencido de la riqueza y el poder expresivo del cómic, en donde el lenguaje verbal es sólo un elemento más de la comunicación” (p. 194).
- El libro [La historieta en el mundo moderno](#) escrito por Masotta (1982) presenta la cronología del cómic en Estados Unidos, menciona una buena parte de los títulos producidos en este país, así como a sus creadores. En el capítulo “La historieta en Europa” se hace alusión a los antecedentes del cómic, los que se remontan a las pinturas rupestres pasando por los códices mayas y aztecas, hasta llegar a la aparición del cómic en este continente. Por supuesto, incluye fragmentos de los cómics citados. Finaliza con la crónica de la historieta argentina.

En lo personal me fascinó el tema y aprendí mucho de los cómics. Espero haber despertado tu curiosidad para indagar más sobre ellos porque este trabajo sólo te mostró una pequeña porción de las experiencias del cómic en la educación, en la investigación y en la biblioteca, sin embargo, existen cómics que tratan temas políticos y sociales, y otros dirigidos a los adultos.

## Para saber más...

Te sugiero acceder a las ligas proporcionadas a lo largo del texto y/o realizar tus propias búsquedas. ¡No te arrepentirás!



# Inteligencia Artificial y agentes conversacionales

Salvador Godoy-Calderón

[sgodoyc@gmail.com](mailto:sgodoyc@gmail.com)

Dice un refrán popular: "Exagerar y mentir, por el mismo camino suelen ir". Y en efecto, cuando se exagera la descripción de un hecho, recuerdo o situación, resulta fácil perder de vista el sutil límite entre sólo exagerar y abiertamente mentir. Si en lugar de un individuo, durante una conversación privada, es un medio de comunicación masiva el que recurre a la exageración, el resultado tiene seguramente un mayor impacto. Pero si se trata de decenas de comunicadores, publicando notas sensacionalistas a través de cientos de medios de comunicación y redes sociales, entonces nos enfrentamos a un fenómeno de *explosión mediática*, que indudablemente modifica la percepción social de los fenómenos reportados y muy probablemente va a sesgar las decisiones que se toman al respecto de esos mismos fenómenos. Una explosión mediática es justamente el fenómeno que se vive hoy en día, con respecto a la inteligencia artificial (IA) y sus consecuencias sociales, económicas y políticas; pero particularmente, con respecto a las aplicaciones de *agentes conversacionales*, comúnmente llamados en inglés *chatbots*.

Intentaremos en este artículo, desenmarañar el complicado nudo de la situación, entender cómo funcionan esos agentes conversacionales, sus características, alcances y limitaciones; pero principalmente trataremos de separar hechos de exageraciones, para identificar algunas verdades y reflexiones que han sido ampliamente ignoradas, así como algunas mentiras que comienzan a hacerse populares como resultado de la exageración en las notas y reportes de los medios. Comencemos entonces por entender el contexto histórico de los fenómenos que están causando sensación.

## Las dos grandes corrientes en IA

Desde el inicio de la inteligencia artificial como disciplina científica, han existido a su interior dos grandes corrientes o escuelas: el *simbolismo* y el *conexionismo*. Ambas corrientes estudian y resuelven los mismos problemas, pero lo hacen con herramientas teóricas y prácticas muy diferentes, poniendo atención en diferentes aspectos de la solución.

La corriente del *simbolismo* se inspira en la habilidad de la mente humana para razonar creando y manipulando símbolos. Los símbolos son representaciones de todos los elementos que percibimos en nuestro entorno. Con esos símbolos, es posible crear *lenguajes simbólicos* (llamados *sistemas formales*) que permiten expresar ideas muy complejas combinando un número pequeño de símbolos básicos. Es así como la humanidad ha desarrollado todos los lenguajes naturales y una gran cantidad de sistemas formales, como la *geometría*, la *aritmética*, el *álgebra* y la *lógica*. Los planos de edificios, los diagramas de circuitos electrónicos y los lenguajes de programación de computadoras, son otros ejemplos de *sistemas formales*.

Por su parte, la corriente del *conexionismo* se inspira en la estructura del cerebro humano, formado por incontables redes de *neuronas* interconectadas, que permiten el proceso de la *cognición*: entender y darle sentido o significado a las señales que percibimos a través de los órganos sensoriales. Creando modelos simplificados de neuronas y conectándolas en formas específicas, se forman *redes neuronales artificiales*. Estas redes son dispositivos que se entrenan alimentándolos con muchos ejemplos de algún fenómeno y son capaces de *aprender* la estructura de ese fenómeno. Una vez terminado el proceso de entrenamiento, estas redes pueden recibir como entrada nuevos datos e identificar si su estructura coincide o no con la de los datos que aprendieron durante su entrenamiento.

Estas dos corrientes siempre han sido antagónicas, y ambas han experimentado una larga lista de éxitos y fracasos, tanto de investigación como de aplicación. El *simbolismo* fue la corriente dominante desde el nacimiento formal de la disciplina de inteligencia artificial en 1952 y hasta mediados de la década de 1990. Su momento de mayor esplendor se ha llamado “la era de oro de los sistemas expertos”. Desde el año 2000, el *conexionismo* se ha posicionado como la corriente dominante. El furor del conexionismo comenzó con aplicaciones de aprendizaje profundo (*deep learning*) en la década del 2000 y en estos momentos están causando mucho interés las tecnologías de *redes neuronales generativas*, *grandes modelos de lenguaje* y *agentes conversacionales* (*chatbots*).

## ***La explosión de los medios***

Con el desarrollo de *Internet*, la *World Wide Web* (*WWW*) y las redes sociales, existe hoy una gran cantidad de formas diferentes para comunicar noticias y para enterarse de ellas. Cualquier persona puede, desde su computadora personal, su teléfono celular o su *tablet*, conectarse a miles de sitios en los que se publican notas informativas sobre diferentes eventos. Las categorías de notas sobre nuevas tecnologías y tendencias del mercado es el centro de esta reflexión. En grandes sitios, como *Google News*, donde diariamente se recopilan notas informativas, es fácil observar que diario aparecen entre diez y veinte notas nuevas con alguna de las siguientes estructuras:

- *Una IA resolvió el problema de ...*
- *Se le preguntó a una IA ... y su respuesta fue ...*
- *IA muestra cómo luciría el personaje ... en la vida real*
- *El enorme peligro de la IA moderna ...*

En esas notas hay muchos elementos comunes, importantes de entender y reflexionar, por ejemplo:

- ¿A qué exactamente le están llamando "una IA"?
- ¿Qué tienen de especial esas aplicaciones que provocan tanto interés?
- ¿Qué tan real es el peligro de perder trabajos frente a esa tecnología?

## *Modelos de Lenguaje*

En primer lugar, ¿a qué exactamente le están llamando "una IA"? Prácticamente en todas esas notas se refieren como "una IA" a una *red neuronal artificial* con una estructura llamada *Gran Modelo de Lenguaje (Large Language Model: LLM)*. Se trata de un tipo de aplicación (conexionista) que ha capturado el interés de muchos medios de comunicación, así como de muchas empresas tecnológicas y una enorme cantidad de usuarios. ¿Cómo funciona? Un *LLM* es fundamentalmente un mecanismo capaz de *aprender secuencias ordenadas de patrones*. Es decir, cuando se le entrena con muchos ejemplos de secuencias ordenadas de elementos, aprende a *predecir* cuál es el siguiente elemento que continúa en una secuencia. Eso es particularmente útil para modelar conversaciones en lenguaje natural y la forma en que cotidianamente hablamos.

Imaginemos que tenemos una red neuronal *LLM* y que previamente la entrenamos con toda la *Enciclopedia Hispánica*. Una vez entrenada, le damos una sola palabra para comenzar una secuencia, por ejemplo, la palabra: *Una*.

Durante su entrenamiento, la red neuronal, aprende que existen muchas palabras que podrían continuar la secuencia, como: *hermosa, clara, terrible, fría*, etc. Mientras que hay muchas otras palabras que normalmente no seguirían la secuencia de una oración correcta, por ejemplo: *perro, zapato, caminar, razonamiento* y muchas más. De acuerdo a su entrenamiento, la red neuronal asigna *prioridades* a cada una de las palabras que posiblemente continúen una secuencia. Si el proceso de seleccionar, en cada ocasión, la palabra con mayor prioridad, se repite varias veces, entonces, el *LLM* puede ir construyendo, una



palabra a la vez, diversas oraciones que aparentemente tienen sentido:

*Una fría*

*Una fría mañana*

*Una fría mañana de*

*Una fría mañana de invierno...*

Si en lugar de seleccionar siempre la palabra con mayor prioridad para continuar la secuencia, se le permite seleccionar alguna otra palabra, con prioridad suficientemente grande, pero que no es la de mayor prioridad, entonces el *LLM* podrá generar muchas otras secuencias (oraciones) y estará, en términos prácticos, generando *variantes* posibles de secuencias correctas, por ejemplo:

*Una ajetreada y soleada mañana...*

*Una apacible noche estrellada...*

*Un fuerte viento otoñal...*

A esta capacidad de seleccionar opciones que no son forzosamente "la mejor opción", se le llama la capacidad *generativa* de la red neuronal. Y en los medios de comunicación esta capacidad se ha exagerado al punto de hablar de una "*inteligencia artificial generativa*", como si esa fuera la única tecnología a considerar en inteligencia artificial. Lo único cierto, es que los *LLM* resultan muy útiles para establecer una *conversación* (por escrito) con usuarios humanos, por lo que los *LLM* se han usado para construir *sistemas conversacionales*. Si su entrenamiento es suficientemente extenso, ante cualquier oración de entrada, que proporcione el usuario, la red neuronal podrá *generar* otra oración de respuesta, que aparentemente tiene sentido. Pero recordemos que sólo está prediciendo secuencias ordenadas de palabras, no está siguiendo *reglas gramaticales* ni efectuando ningún tipo de *razonamiento* con las palabras que recibe, ni con las que genera; sólo las está colocando en el orden que mejor se adapta a las secuencias que aprendió previamente.

En gran medida, el éxito de este tipo de agentes se debe a la gran variedad de opciones para aplicarla. Puede ser usada para analizar secuencias de cualquier tipo, como imágenes, música, cadenas de proteínas o de material genético. Y en todos los casos, siempre y cuando el entrenamiento sea suficiente, se tendrá una aplicación capaz de resolver diversos problemas cotidianos como generar reportes y discursos, generar código de programas de computadora, generar imágenes de personajes, paisajes, o incluso componer piezas musicales. Todas esas aplicaciones se reducen a la misma idea: secuencias ordenadas de patrones.

## *Reflexiones*

La forma en que se nombra a un fenómeno es una parte fundamental del concepto que tendremos de ese fenómeno. El nombre que se le asigna a las cosas va a determinar el concepto que de ellas tengamos, y como dice otro refrán popular "para muestra, basta un botón". Seguramente que nadie vería con agrado que se llamara "ciudadano modelo" al jefe de un grupo de crimen organizado o a un político corrupto. Por eso, es importante reflexionar sobre las características de aquello a lo que le llamamos *inteligencia artificial*.

Tradicionalmente, llamamos a una persona *inteligente* cuando evidenciamos su capacidad para resolver problemas, *adaptándose* a condiciones nuevas y diferentes, *improvisando* soluciones, en pocas palabras, su capacidad para *razonar*. Muy difícilmente calificaríamos de inteligente a alguien que, por tener mucho entrenamiento en situaciones específicas como jugar al *Tenis*, dar discursos públicos o vender seguros de vida, ha desarrollado una enorme habilidad de responder correctamente en esas situaciones. En el mejor de los casos, le podemos llamar a esa persona *hábil* o *experimentada*. Pero si nos damos cuenta que, el experimentado en jugar *Tenis* no obtendría buenos resultados dando un discurso público, y el hábil para vender seguros de vida, no forzosamente obtendrá un buen resultado jugando *Tenis*, podemos comenzar a comprender la diferencia con el

término *inteligente*.

De la misma forma, resulta muy extraño llamar *inteligente* a una aplicación de computadora cuando sabemos que no está realizando ningún tipo de *razonamiento*, que la cantidad y calidad de su entrenamiento determina las respuestas que entrega y, que no dispone de ningún mecanismo para *validar* o *discriminar* su propio entrenamiento. Todas esas características son propias de la otra escuela: el *simbolismo*, el enfoque que aparentemente se ha olvidado; o por lo menos, ya casi no recibe la atención de los comunicadores y las redes sociales.

Aunque prácticamente todos los agentes conversacionales modernos se basan en la arquitectura conexionista de un *LLM*, en realidad, no todos son iguales. Particularmente, el *Gemini* (de *Google*) presenta una característica radicalmente distinta del *ChatGPT* (de *OpenAI*) y el nuevo *Bing* (de *Microsoft*). Esa diferencia consiste en que el *Gemini* aparentemente es un sistema *híbrido*, más complejo, que incorpora tanto partes *conexionistas* como partes *simbólicas*.

Para obtener información precisa (y sin exageración) al respecto, lo mejor parece ser preguntar directamente al *Google Gemini*. Con esa idea, presento aquí algunos fragmentos de una conversación (en español) con *Google Gemini* y en los que le pregunto acerca de su arquitectura y funcionamiento.



¿Eres un ente 100% conexionista o tienes procesos simbólicos?

Show drafts ▾



No soy un ente 100% conexionista ni tampoco opero exclusivamente en el dominio del procesamiento simbólico. Mi arquitectura se basa en una combinación de redes neuronales artificiales (un enfoque conexionista) y técnicas de aprendizaje automático (incluyendo aprendizaje supervisado y no supervisado).

Esta combinación me permite aprovechar las fortalezas de ambos enfoques:

#### Redes neuronales artificiales:

- **Aprendizaje a partir de datos:** Las redes neuronales pueden aprender patrones complejos a partir de grandes cantidades de datos, lo que me permite generar texto, traducir idiomas y responder preguntas de manera efectiva.
- **Representación distribuida:** Las redes neuronales representan el lenguaje de forma distribuida, capturando matices semánticos y relaciones entre palabras.

#### Procesamiento simbólico:

- **Razonamiento y manipulación de símbolos:** Puedo manipular símbolos, conceptos y relaciones, lo que me permite realizar tareas como responder preguntas complejas, resumir texto y generar diferentes formatos de texto creativo.
- **Interpretación y comprensión:** El procesamiento simbólico me ayuda a comprender el significado del lenguaje y el contexto en el que se utiliza.

La integración de estos dos enfoques me permite superar las limitaciones de cada uno individualmente.

En resumen, soy un modelo de lenguaje híbrido que combina elementos de la computación conexionista y el procesamiento simbólico para lograr un rendimiento superior en una amplia gama de tareas.

Si te interesa profundizar en cómo funcionan mis redes neuronales, el proceso de entrenamiento o las capacidades de razonamiento simbólico, no dudes en preguntar.





Explica los alcances y limitaciones de tu procesamiento simbólico

Show drafts ▾



### Alcances del procesamiento simbólico en mí:

El procesamiento simbólico me permite realizar tareas que van más allá de la simple coincidencia de patrones y la generación de texto. Algunas de las capacidades que me brinda son:

- **Comprensión y razonamiento:** Puedo comprender el significado del lenguaje, identificar relaciones entre conceptos y aplicar reglas lógicas para inferir nueva información. Esto me permite responder a preguntas complejas, generar diferentes formatos de texto creativo y seguir instrucciones detalladas.
- **Aprendizaje y adaptación:** Puedo aprender nuevos conceptos y relaciones a partir de datos simbólicos. Esto me permite mejorar continuamente mis habilidades y adaptarme a nuevas tareas. Por ejemplo, puedo aprender a identificar diferentes tipos de entidades en el texto, como personas, lugares y organizaciones.
- **Manipulación de información:** Puedo representar y manipular información simbólica, como conceptos, entidades y relaciones. Esto me permite realizar tareas como resumir texto, traducir idiomas y generar diferentes formatos de texto creativo.

### Ejemplos de cómo utilizo el procesamiento simbólico:

- **Responder a preguntas:** Cuando me haces una pregunta, primero debo comprender su significado. Esto implica identificar las entidades, relaciones y conceptos clave de la pregunta. Luego, puedo usar mi conocimiento y razonamiento para generar una respuesta que sea relevante y precisa. Por ejemplo, si me preguntas "¿Cuál es la capital de Francia?", puedo acceder a mi base de conocimiento para encontrar la respuesta, que es París.
- **Resumen de texto:** Cuando me pides que resuma un texto, primero debo identificar las ideas y puntos clave. Luego, puedo usar mi conocimiento del lenguaje para generar un resumen que capture la esencia del texto original de manera concisa. Por ejemplo, si me pides que resuma un artículo de noticias, puedo identificar las oraciones clave y reformularlas en un resumen más corto.
- **Traducción de idiomas:** Cuando me pides que traduzca un texto de un idioma a otro, primero debo comprender el significado del texto original. Luego, puedo usar mi conocimiento de ambos idiomas para generar una traducción que sea precisa y natural. Por ejemplo, si me pides que traduzca una oración del inglés al español, puedo buscar las palabras correspondientes en un diccionario y luego reorganizarlas en una oración gramaticalmente correcta en español.



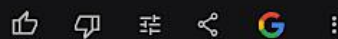
### Limitaciones del procesamiento simbólico en mí:

Si bien el procesamiento simbólico me ha permitido lograr avances significativos en la comprensión y generación del lenguaje, todavía existen algunas limitaciones:

- **Falta de sentido común:** Puedo tener dificultades para realizar tareas que requieren un alto nivel de sentido común o conocimiento del mundo real. Por ejemplo, si me pides que te dé consejos sobre cómo solucionar un problema en tu auto, es posible que no pueda hacerlo porque no tengo el conocimiento o la experiencia necesarios para comprender la situación.
- **Susceptibilidad a información engañosa:** Puedo ser engañado por información simbólica engañosa o incorrecta. Por ejemplo, si me das una oración falsa como "El cielo es verde", es posible que no pueda identificarla como falsa porque no tengo la capacidad de verificar la información.
- **Escalabilidad:** El procesamiento simbólico puede ser computacionalmente costoso, especialmente cuando se trata de grandes cantidades de datos. Esto significa que puede ser lento o incluso imposible para mí realizar ciertas tareas que requieren mucho procesamiento.

A pesar de estas limitaciones, el procesamiento simbólico es una herramienta poderosa que me permite realizar muchas tareas importantes. A medida que continúe desarrollándome, espero ver avances aún más significativos en mi capacidad para procesar y manipular símbolos.

¿Te gustaría saber más sobre cómo utilizo el procesamiento simbólico para realizar tareas específicas?



Queda claro, tal como lo declara *Gemini*, que es un sistema con arquitectura híbrida que combina las dos grandes corrientes en inteligencia artificial. Desafortunadamente, al considerar esos detalles como secreto industrial, *Google* no revela la información con detalle, ni explica con claridad cómo se lleva a cabo esa combinación de componentes, ni los efectos específicos que esos componentes producen en las respuestas de su agente conversacional.



Explica la interconexión entre tus módulos conexionistas y tus módulos simbólicos

Show drafts ▾



La interconexión entre mis módulos conexionistas y simbólicos es crucial para mi capacidad de procesar y generar lenguaje de manera efectiva. Si bien estos módulos operan en diferentes dominios, trabajan juntos de manera sinérgica para lograr un rendimiento superior en una amplia gama de tareas.

#### Módulos conexionistas:

- **Redes neuronales artificiales (RNNs):** Forman la base de mi arquitectura y son responsables del procesamiento de información sensorial, como texto y código. Las RNNs aprenden patrones complejos en estos datos y los utilizan para generar predicciones o salidas.
- **Representación distribuida:** Las RNNs representan el lenguaje de forma distribuida, capturando matices semánticos y relaciones entre palabras. Esto me permite comprender el significado del lenguaje de una manera más matizada que los enfoques simbólicos tradicionales.

#### Módulos simbólicos:

- **Manipulación de símbolos:** Estos módulos me permiten representar y manipular información simbólica, como conceptos, entidades y relaciones. Esto me permite realizar tareas que van más allá de la simple coincidencia de patrones y la generación de texto.
- **Razonamiento simbólico:** Puedo aplicar reglas y lógica para inferir nueva información de la información existente. Esto me permite responder a preguntas complejas y generar formatos de texto creativos que requieren comprensión y razonamiento.

#### Interconexión y flujo de información:

La interacción entre estos módulos se caracteriza por un flujo de información bidireccional:

1. **De conexionistas a simbólicos:** Las salidas de las RNNs, como las representaciones vectoriales de palabras o frases, se pasan a los módulos simbólicos como entrada. Esta información sirve como base para el razonamiento simbólico y la manipulación de conceptos.
2. **De simbólicos a conexionistas:** Los módulos simbólicos pueden influir en las RNNs de diversas maneras. Por ejemplo, pueden proporcionar etiquetas o retroalimentación que guíen el proceso de aprendizaje de las redes neuronales, o pueden seleccionar subconjuntos de datos relevantes para tareas específicas.

### Integración y colaboración:

La interconexión entre los módulos no se limita a un simple flujo de información; se trata de una colaboración estrecha para lograr un objetivo común. Las RNNs aprovechan su capacidad para aprender patrones a partir de datos masivos, mientras que los módulos simbólicos aportan su capacidad para razonar, manipular símbolos y comprender el significado del lenguaje.

### Ejemplo: Responder a una pregunta

Para ilustrar la interconexión en acción, consideremos la tarea de responder a una pregunta:

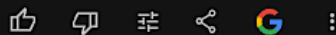
1. **Procesamiento inicial:** Las RNNs procesan el texto de la pregunta, identificando entidades, relaciones y conceptos clave.
2. **Razonamiento simbólico:** Los módulos simbólicos utilizan esta información para razonar sobre la pregunta, aplicando reglas lógicas y accediendo a mi base de conocimiento.
3. **Generación de respuesta:** La respuesta se genera en forma de texto utilizando las RNNs, guiadas por los resultados del razonamiento simbólico.

En este ejemplo, las RNNs y los módulos simbólicos trabajan en conjunto para comprender la pregunta, razonar sobre ella y generar una respuesta precisa y relevante.

### Conclusión:

La interconexión entre mis módulos conexionistas y simbólicos me permite superar las limitaciones de cada enfoque individual. Las RNNs brindan potencia de aprendizaje y representación distribuida, mientras que los módulos simbólicos aportan capacidades de razonamiento y manipulación de símbolos. Esta sinergia me convierte en una herramienta poderosa para el procesamiento y la generación de lenguaje, capaz de realizar tareas complejas y creativas.

A medida que continúe desarrollándome, espero ver avances aún más significativos en la interconexión y colaboración entre mis módulos, permitiéndome alcanzar nuevas alturas en la comprensión y generación del lenguaje.



Aún así, parece claro que ha comenzado la era de reconciliación y cooperación entre la tecnología simbólica y la conexionista para formar una nueva generación de aplicaciones de inteligencia artificial. Esta tecnología híbrida apenas está comenzando y aún está por verse de qué manera progresa, qué nuevas habilidades desarrolla y más importante aún, de qué forma se va integrando en la vida cotidiana de los seres humanos. Por el momento, lo único que parece evidente es que, para realmente aprender *inteligencia artificial*, no es prudente sesgar el estudio sólo hacia el *conexionismo* y las tecnologías que están de moda. Resulta muy importante estudiar también las técnicas *simbólicas*, ya que la *verdadera inteligencia artificial* deberá incluir ambos enfoques y seguramente algunos más que aún no se han inventado.

## ***Para saber más...***

### **Información en español:**

- [Grandes Modelos de Lenguaje](#) (Large Language Models)  
Por Miguel Sotaquirá, en el sitio *codificandobits*
- [¿Qué son los grandes modelos de lenguaje o LLM](#) (Large Language Models)?  
Por Pere Munar, en el sitio *Cyberclick*
- [Inteligencia Artificial, ¿hay que razonar para pensar?](#)  
En el blog *IF Inteligencia Futura*

### **Información en inglés:**

- [What Is ChatGPT Doing ... and Why Does It Work?](#)  
Stephen Wolfram. Writings.
- [Explainer: What is Generative AI, the technology behind OpenAI's ChatGPT?](#)  
Reuters Web site.

# Las fuerzas de la naturaleza

No. 1

Vol. 2023

René Luna García

[rlunar@cic.ipn.mx](mailto:rlunar@cic.ipn.mx)

Conceptualmente, la fuerza se considera la interacción entre dos objetos (materia). Newton define la interacción como algo que mueve un objeto en forma acelerada y que puede ser de atracción o repulsión.

Las fuerzas de la naturaleza más formalmente son conocidas como las fuerzas fundamentales, y son las que rigen la dinámica y en general el comportamiento que observamos del universo. El universo por su complejidad en general, crea en los primeros momentos de su nacimiento, reglas a las que llamamos leyes, y que sirven como elementos/reglas de la evolución temporal y espacial.

En la creación del universo, se le dota a la materia de propiedades fundamentales e intrínsecas, y que están ahí por el simple hecho de ser materia, mismas que le fueron asignadas en los primeros momentos de la evolución del universo, es decir, en momentos cercanos a la gran explosión. Las propiedades de la materia propician 4 tipos de interacciones fundamentales que han sido estudiadas por los físicos durante mucho tiempo.

Las 4 interacciones fundamentales son: fuerza gravitacional, fuerza electromagnética, fuerza nuclear fuerte y fuerza débil (¿Hay una quinta fuerza?). Cada una de estas interacciones rigen la materia a diferentes escalas espaciales y temporales. Con esto podemos explicar mucha de la dinámica de la materia en el universo.

Desde el punto de vista histórico, la observación de los fenómenos naturales ha motivado a la búsqueda de una explicación consistente que describa estos fenómenos y de ser factible predecir posibles consecuencias. Como podemos notar, las interacciones fundamentales se encuentran ocultas detrás de lo que vemos y percibimos todos los días, y son capaces de combinarse a nivel macroscópico y



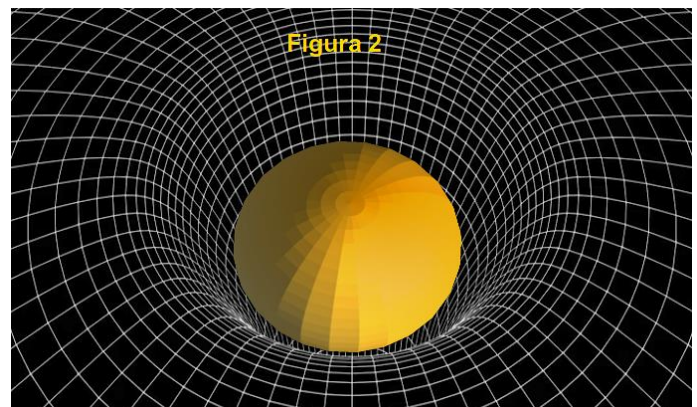
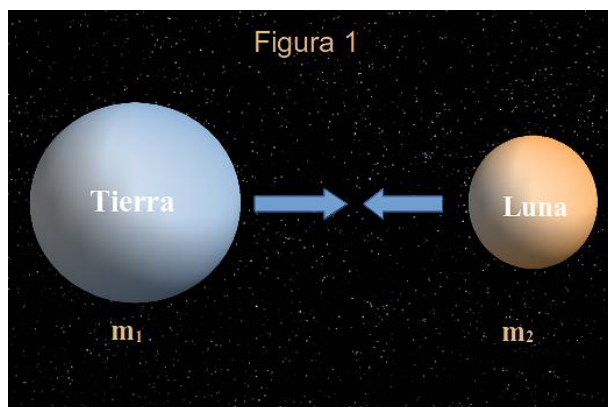
microscopio.

La presencia de las interacciones fundamentales puede ser vista en todo lo que usamos y vemos cotidianamente, por ejemplo: el magnetismo en los imanes que tenemos en la puerta del refrigerador, la radiación que cocina nuestros alimentos en un horno de microondas, la atracción gravitacional que actúa sobre el balón con el que jugamos al fútbol, la electricidad que llega por cable a nuestras casas, etc. Una descripción general de las interacciones fundamentales es descrita a continuación,

## *Interacciones gravitacionales ( $F_g$ )*

La interacción gravitacional/gravitatoria o simplemente fuerza de gravedad es probablemente la más familiar e intuitiva en general. Esta fuerza es la más débil de las 4 y su escala de acción es de larga distancia comparada con las otras 3 fuerzas.

Issac Newton fue el primero en proponer que la gravedad es la fuerza de atracción entre objetos con masa, inspirado al observar una manzana cayendo de un árbol; o como la atracción gravitacional entre la tierra y la luna, y es descrita por la hoy conocida como ley de gravitación universal, ver **Figura 1**. Sin embargo, Albert



Einstein propone una idea diferente para describir la gravedad, surgiendo que la gravedad no es una fuerza de atracción, sino las consecuencias de objetos masivos deformando el espacio-tiempo, y que se describe a través de la conocida Teoría General de la Relatividad, ver **Figura 2**. Un objeto altamente masivo en el espacio tiempo deforma el espacio, como un objeto pesado colocado en el centro de una

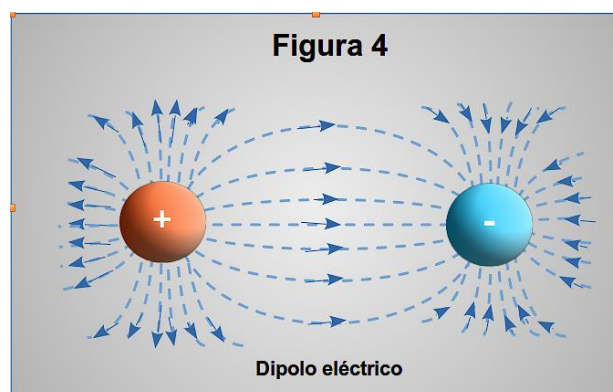
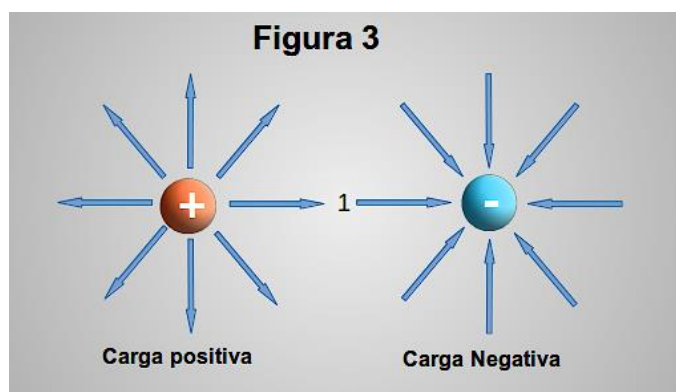
tela bien estirada, haciendo que los objetos caigan hacia el centro.

## *Interacciones electromagnéticas*

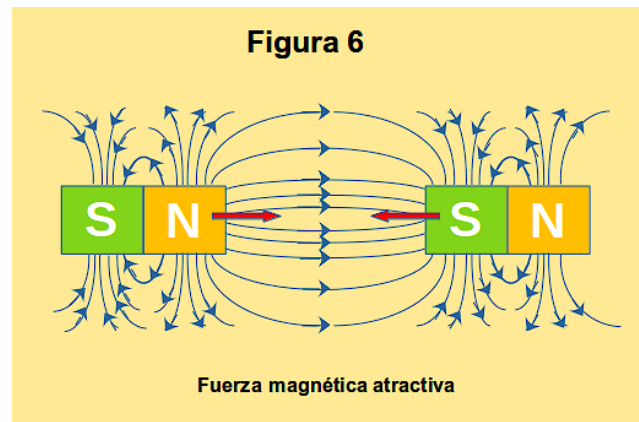
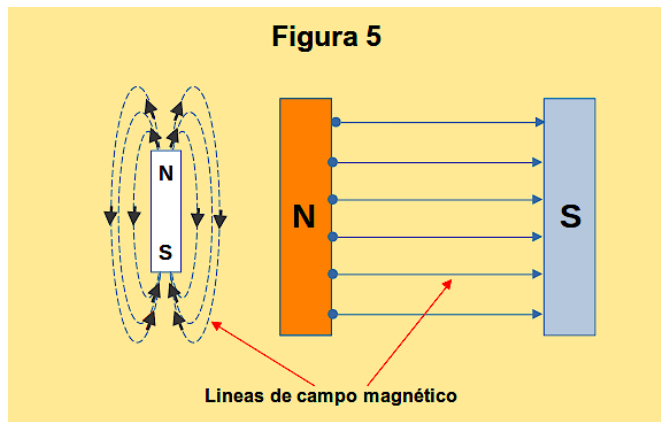
El electromagnetismo es también una interacción que experimentamos comúnmente en la vida cotidiana. Y esta formada por las fuerza eléctricas y magnéticas.

### *Fuerza eléctrica ( $F_e$ )*

La fuerza eléctrica es la interacción que sienten dos partículas cargadas eléctricamente. El campo eléctrico de cada partículas cargadas se representa por lineas de campo eléctrico que salen en caso de cargas positivas y lineas que entran en caso de cargas negativas, **Figura 3**. Experimentalmente se observa que cargas iguales se repelen, mientras que cargas diferentes se atraen, y para cargas mas grandes mayor es la fuerza, **Figura 4**.



Pensemos en un experimento: Sean dos partículas idénticas con masa  $m=1\text{kg}$ , carga  $q=1\text{ C}$ , separadas una distancia  $r=1\text{m}$ , con estos valores podemos ver que la  $F_e$  es mucho mas grande que la  $F_g$  gravitacional, mas precisamente  $F_e=1.35 \times 10^{20} F_g$ , esto significa que la fuerza eléctrica es 135000000000000000000 veces más grande que la fuerza gravitacional, es decir, que la fuerza eléctrica tiene su mayor aportación a escalas espaciales pequeñas.



## ***Fuerza magnética ( $F_m$ )***

La fuerza magnética es la manifestación de la interacción entre campos magnéticos. El campo magnético al igual el campos electrico se representa por líneas que salen del polo norte y se dirigen hacia el polo sur como se muestra en la **Figura 5**, y pueden ser producidos por cargas eléctricas en movimiento, estos movimientos pueden ser macroscópicos o microscópicos como ocurre en los imanes naturales o artificiales. La fuerza magnética se produce cuando interactúan 2 objetos magnéticos (2 imanes), o un objeto magnético (imán) con objetos hechos de materiales ferromagnéticos (hierro, cobalto, níquel, etc), **Figura 6**.

## ***Fuerza electromagnética ( $F_{em}$ )***

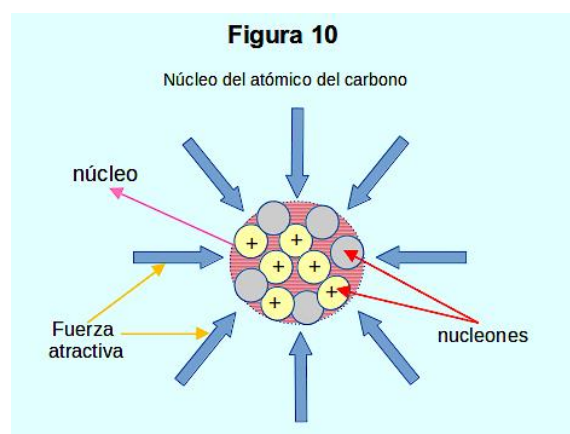
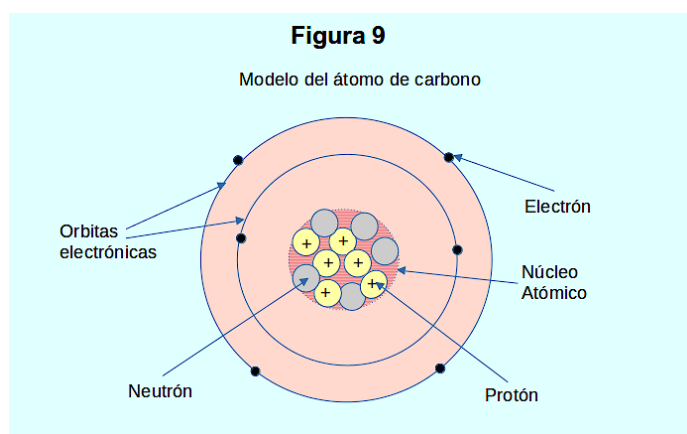
El magnetismo y la electricidad son 2 fuerzas que provienen del mismo fenómeno. La corriente eléctrica es un conjunto de electrones moviéndose a través de un cable y que a su vez producen un campo magnético, si este envuelve a un material ferromagnético se produce un electro imán, como se describe en la **Figura 7**.

Faraday propone líneas de campo invisibles que envuelven un imán (semejantes a las propuestas por Coulomb para la descripción del campo eléctrico). Estas líneas cubren el espacio que lo rodea como se muestra en la **Figura 8**, la sección del material donde las líneas de campo salen e conoce como polo norte, y la región donde las líneas de campo llegan se conoce como polo sur.

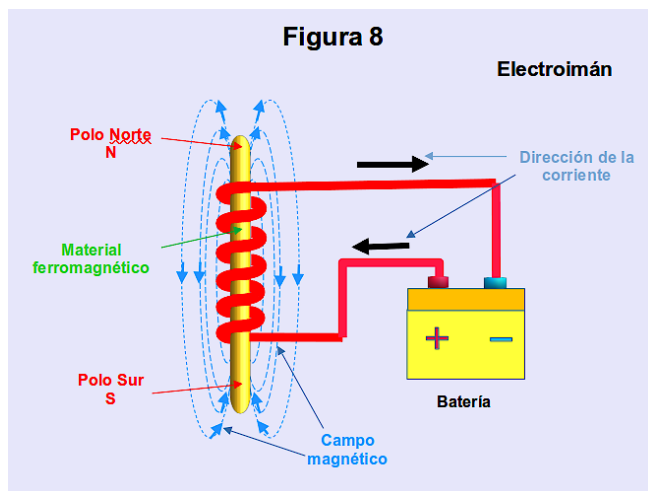
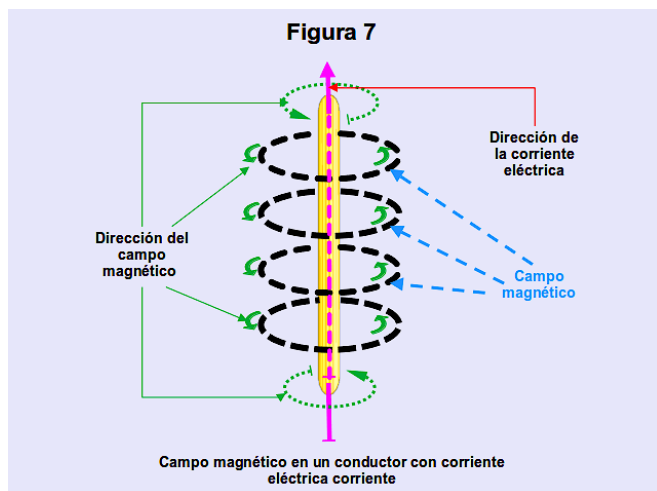
James Clark Maxwell, a partir de las líneas de Faraday plantea la idea de que la fuerza magnética sentida entre las partículas magnéticas se produce a través de estas líneas de campo.

## Interacciones Fuertes ( $F_f$ )

Las interacciones fuertes o también llamadas fuerza nuclear fuerte, a diferencia de las 2 anteriores, no las encontramos comúnmente en nuestras actividades cotidianas, o al menos no es fácil identificarlas.



La  $F_f$  es la mayor fuerza atractiva e interactúa a distancias nucleares, es decir, a distancias del orden de 1fermi ( $1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$ ), que es aproximadamente el tamaño del núcleo atómico. Esta fuerza es la responsable de mantener a los nucleones (protones y neutrones) confinados en el núcleo atómico (ver **Figura 9**).



Si consideremos que el tamaño medio de un átomo es del orden de un 1ámstrong ( $1A=10^{-5}fm=10^{-10}m$ ), significa que estas fuerzas interactúan aproximadamente a distancias de un diezmilésimo del tamaño de un átomo, que es como pensar que la cabeza de un alfiler es el núcleo y un estadio de beisbol el átomo.

Si comparamos la magnitud de la fuerza fuerte con las fuerza gravitacional, tenemos que la fuerza nuclear es aproximadamente  $6 \times 10^{39}$  (un 6 con 39 ceros) veces mayor que la fuerza gravitacional (**Figura 10**).

Por otra parte si ahora comparamos la  $F_f$  con la  $F_e$ , tenemos que la fuerza nuclear es aproximadamente  $4.2 \times 10^{19}$  (42 mas 18 ceros) veces mayor que la fuerza gravitacional (**Figura 10**). Por lo que a distancias nucleares las interacciones fuertes predominan sobre las interacciones electromagnéticas y gravitacionales.

Dos protones en un núcleo atómico tienen la misma carga eléctrica por tanto se repelen eléctricamente, pero la fuerza de repulsión es nula comparada con la fuerza fuerte de atracción.

## ***Interacciones débiles***

Las interacciones débiles o fuerzas nucleares débiles, son las responsables de la radioactividad o también conocida como decaimiento radioactivo.

Se describen a continuación algunos ejemplos de decaimientos radiactivos como: decaimiento alfa( $\alpha$ ), decaimiento beta( $\beta$ ) o emisión de neutrones, emisión de positrones, emisión gama, captura electrónica, fisión espontanea; que son solo algunos de los tipos de decaimientos conocidos:

- *El decaimiento alfa ( $\alpha$ )* es la emisión de una partícula alfa o núcleo de helio, este decaimiento ocurre en átomos pesados, por ejemplo:  $^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^4_2\alpha$ , es decir, un átomo de Radio-226 decae en una átomo de Radón-222 mas una partícula Alfa,
- *El decaimiento beta ( $\beta$ )* o emisión de neutrones ocurre cuando dentro de un núcleo, un neutrón se convierte en protón al mismo tiempo que libera un



electrón, por ejemplo,  $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\beta$ , es decir, un átomo de Carbono-14 decae en un átomo de Nitrógeno-14 mas una partícula Beta,

- *La emisión de positrones ( $e^+$ )* ocurre comúnmente en núcleos atómicos no estables, cuando un protón se convierte en un neutrón emitiendo un positrón y un neutrino del electrón ( $\nu_e$ ), por ejemplo:  $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^0_{+1}\beta^+(e^+) + \nu_e$ , es decir, un átomo de Radio-226 que decae en un átomo de Radón-222 mas una partícula Alfa mas un Neutrino del electrón,
- *La emisión gama ( $\gamma$ )* ocurre cuando un núcleo excitado que emite un fotón de alta energía o también llamado gamma, para alcanzar un estado no excitado, por ejemplo:  $^{234}_{88}\text{Th}^* \rightarrow ^{234}_{88}\text{Th} + ^0_0\gamma$ , es decir, un átomo de Torio-234 emite un fotón (gama) y cambiando a un átomo de Torio-222,
- *La captura electrónica* ocurre cuando en un núcleo atómico, un electrón es capturado por un protón para dar como resultado un neutrón, por ejemplo:

$^{40}_{19}\text{K} + ^0_{-1}e^- \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + \nu_e$ , es decir, un átomo de Potasio-40 captura un Electrón, transformándose en un átomo de Argón-40 mas un Neutrino del Electrón,

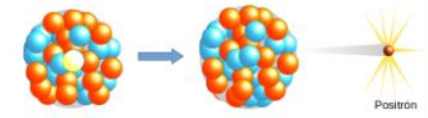
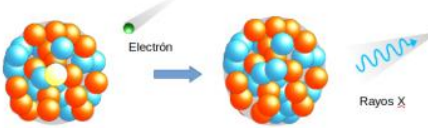
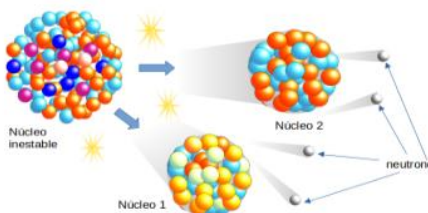
Reacción	Formula	Modelo
Emisión de Positrones	$^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^0_{+1}\beta^+(e^+) + \nu_e$	
Captura Electrónica	$^{40}_{19}\text{K} + ^0_{-1}e^- \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + \nu_e$	
Fisión Espontanea	$^{254}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^{118}_{46}\text{Pd} + ^{132}_{52}\text{Te} + 4 \cdot ^1_0n$	

Figura 9.

- *La fisión espontánea* puede ser observada en núcleos con numero atómico

mayor que 104 ( $z > 104$ ). Este es un proceso donde un núcleo atómico se divide en varios núcleos (2 o mas), esto puede pasar cuando la relación entre número de neutrones y numero de electrones es alta, por ejemplo:  $^{254}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^{118}_{46}\text{Pd} + ^{132}_{52}\text{Te} + 4 \cdot ^1_0\text{n}$ , es decir, un átomo de Californio-254 se fisiona en un átomo de Paladio-118 mas un átomo de Telurio-118 mas 4 Neutrones.

Reacción	Formula	Modelo
Emisión de Positrones	$^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^0_{+1}\beta^+(e^+) + \gamma_\beta$	
Captura Electrónica	$^{40}_{19}\text{K} + ^0_{-1}e^- \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + \gamma_\beta$	
Fisión Espontanea	$^{254}_{98}\text{Cf} \rightarrow ^{118}_{46}\text{Pd} + ^{132}_{52}\text{Te} + 4 \cdot ^1_0\text{n}$	

**Figura 10.**

Estas son solo algunas de la posibles reacciones que son propiciadas y explicadas por las interacciones débiles. Estas interacciones han permitido el desarrollo de tecnología en diversas áreas, como por ejemplo: en la física médica y en el desarrollo de nuevos tratamientos médicos basados en el haz de neutrones o protones.

## *Partículas portadoras*

Las partículas portadoras o mediadores de las fuerzas, pero mas formalmente llamados bosones, son partículas que se encuentran en intercambio permanente durante el proceso de cualquier interacción fundamental, por ejemplo: en la unión de los átomos, en la radiactividad, en la atracción de objetos con masa o carga

electromagnética, etcétera. Cada una de las 4 fuerzas fundamentales tiene al menos una partícula mediadora o portadora:

- los bosones W y Z son las partículas implicadas y las responsables de la interacción débil,
- el gluón es el mediador o el responsable de la interacción fuerte,
- el fotón es el mediador o responsable de la fuerza electromagnética, y
- el gravitón es el mediador o responsable de la fuerza gravitacional.

## *Quinta fuerza*

En 2015 un grupo de científicos del Instituto de Investigaciones nucleares de Hungría (Atomki) [referencia 7, 8, 10] encuentra anomalías en experimentos de creación de pares de partículas  $e^-e^+$ , para resolver las discrepancias se postularon la existencia de un nuevo bosón neutro, que es indicador de una nueva interacción. Un año más tarde en la Universidad de California, un grupo de investigadores concluye que la hipótesis del equipo húngaro, es compatible con los resultados observados, postulando el descubrimiento un nuevo bosón (a veces conocido como bosón oscuro) que escapaba al Modelo Estándar de la Física [referencia 8]. En el experimento Muong g-2, se ha analizado el comportamiento de la creación de pares, encontrando unas partículas subatómicas que existen de manera fugaz y desaparecen en cuestión de fracciones de segundo y que concuerda con el bosón oscuro. Años mas tarde, en 2021 el mismo grupo húngaro encuentra nueva evidencia de la existencia de la quinta fuerza con un bosón en el orden 17MeV.

En enero del 2022, G. Burra investigador de la Universidad de Udine, Italia, propone una teoría y muestra desde el punto de vista matemático la posible existencia de la quinta fuerza.

Pero aún no se tiene estadística suficiente, ni comprobación de dicho bosón en otros experimento que muestren pruebas contundentes de la existencia de una

quita fuerza. Así que, por ahora, solo queda esperar mas resultados.

## *Unificación de fuerzas*

Considerando las fuerza eléctrica y magnética como dos fuerzas diferentes, pero manifestaciones de un mismo fenómeno, entonces estas pueden ser unificadas en una única fuerza llamada fuerza electromagnética.

A su vez el modelo electrodébil es un modelo que unifica las interacciones nucleares débiles y las interacciones electromagnéticas, es decir, se tiene la unificación de 2 de las 4 fuerzas fundamentales.

Una pregunta que se han hecho los físicos por muchos años es, ¿Las 4 fuerzas fundamentales podrían ser la manifestación de una sola gran fuerza unificada?, y de ser así, ¿Podemos crear una teoría para la gran unificación de fuerzas?.

## *La historia*

En la historia, han existido grandes científicos que han contribuido el conocimiento de las fuerzas de la naturaleza y con el avance de los conocimientos de la humanidad, entre ellos están:

- Galileo Galilei (1564-1642) describe las manchas solares, y superficies montañosas en la luna, y describe la rotación de la tierra alrededor del sol, terminando en un juicio de la inquisición en 1633.
- Isaac Newton (1643-1727) enuncia las 3 leyes del movimiento y la ley de gravitacional universal.
- Michael Faraday (1791-1867) descubre la inducción electromagnética, y crea la idea de líneas de campo electromagnético.
- James Clerk Maxwell (1831-1879) desarrolla las ecuaciones de Maxwell para electromagnetismo.

- Max Plank (1858-1947) contribuyó principalmente con sus ideas de cuantificación de la radiación con la ley de Plank, descubriendo una constante fundamental que es conocida como constante de Plank.
- Marie Curie (1867-1934) descubre la radioactividad y el elemento químico radio, gana dos veces el premio Nobel en 1906 y 1911,
- Ernest Rutherford (1871-1937) descubre el concepto de vida media radioactiva, gana el premio Nobel 1908.
- Albert Einstein (1879-1955) creador de la teoría especial y general de la relatividad, gana el premio Nobel en 1921.
- Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887-1961) realiza contribuciones importantes en termodinámica y mecánica cuántica, recibe el premio Nobel en 1933
- Niels Bohr (1885-1962) establece la idea actual de la estructura del átomo, premio Nobel en 1922.
- Louis-Víctor Pierre Raymond de Broglie (1892 – 1987) pionero en el desarrollo de la mecánica cuántica y descubre del comportamiento ondulatorio de la materia.
- Paul Dirac (1902-84) formuló la conocida ecuación de Dirac para la descripción de la mecánica cuántica relativista, prediciendo la existencia de la antimateria, gana el premio Nobel en 1933.
- Richard Feynman (1918-1988) realiza importantes contribuciones en la electrodinámica cuántica, computación cuántica y nanotecnología.
- Stephen Hawking (1942-2018) contribuye con investigaciones como la radiación de Hawking y aportaciones en gravedad cuántica.

Y la historia continua...



## *Para saber más, consulta:*

- Byju - [Fundamental Forces in Nature](#)
- [Física Linda](#)
- Space.com - [The four fundamental forces of nature](#)
- Business Insider - [Físicos descubren la quinta fuerza de la naturaleza, basada en muones: las partículas podrían explicar la energía oscura y la expansión del universo](#)
- LiveScience - [What is magnetism? Facts about magnetic fields and magnetic force.](#)
- Liceo AGB - [Química nuclear. Reacciones Nucleares. Ecuaciones Nucleares.](#)
  - Artículo en ArXiv (Cornell University) - [Observation of Anomalous Internal Pair Creation in  \$^8\text{Be}\$ : A Possible Signature of a Light, Neutral Boson.](#)
  - Artículo en ArXiv (Cornell University) - [The Fifth Force.](#)
  - Nature - [Has a Hungarian physics lab found a fifth force of nature?](#)
  - Artículo en ArXiv (Cornell University) - [New evidence supporting the existence of the hypothetic X17 particle.](#)
  - Artículo en ArXiv (Cornell University) - [Evidence for a Protophobic Fifth Force from  \$^8\text{Be}\$  Nuclear Transitions.](#)
- Guía Universitaria - [10 físicos más importantes de la historia y sus contribuciones.](#)
- Nautilus - [The Fifth Force of Physics Is Hanging by a Thread.](#)
- Radiochemistry and Nuclear Chemistry, Gregory Choppin, Jan-Olov Liljenzin, Jan Rydberg and Christian Ekberg, Academic Press, Year: 2013.
- Handbook of Nuclear Chemistry, G. Friedlander, G. Herrmann (auth.), Attila Vértes, Sándor Nagy, Zoltán Klencsár, Rezső G. Lovas, Frank Rösch (eds.).

# *Inteligencia colectiva de las hormigas para resolver problemas complejos de computación*

**Miriam Pescador Rojas**

[miriam.pescador@gmail.com](mailto:miriam.pescador@gmail.com)

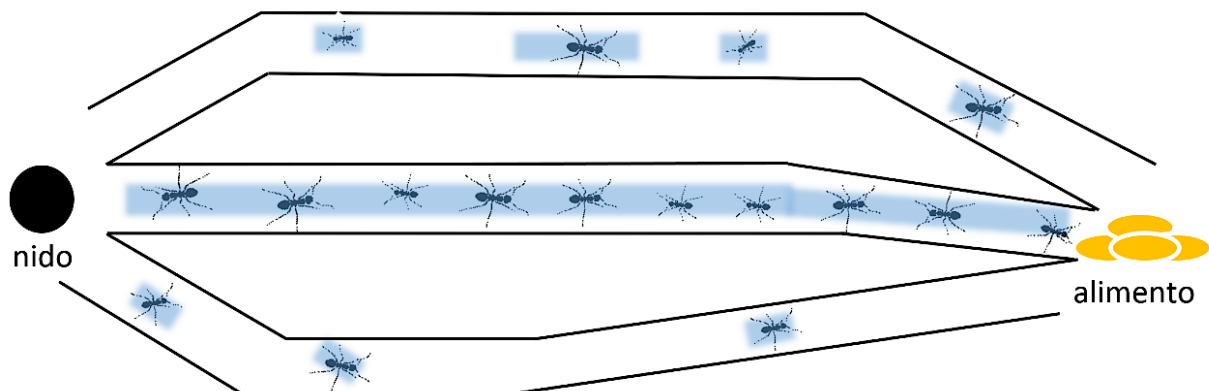
Durante años el ser humano ha sido considerado la especie más inteligente en el planeta por su capacidad creativa y nivel de razonamiento. Sin embargo, cuando se estudia con detenimiento el comportamiento de otros seres vivos podemos observar una asombrosa inteligencia colectiva debido a la organización que establecen en sus comunidades para adaptarse a diferentes ambientes, sobrevivir a depredadores y coevolucionar con otros individuos. En particular, el maravilloso mundo de los insectos que comprende el grupo más diverso de especies, representando el 90% de las formas de vida en el planeta, consiste en colonias conformadas por millones de individuos que interactúan por un fin en común. Por lo general, estas comunidades suelen tener jerarquías y tareas bien definidas para sobrevivir a ambientes hostiles en lugares remotos del planeta, donde el ser humano no podría habitar. Es realmente sorprendente cómo el *conocimiento* que estas especies van adquiriendo lo transmitan de generación en generación, repitiendo patrones de comportamientos para adaptarse y evolucionar.

## *Poderosa comunicación para buscar*

Las hormigas son seres diminutos que miden entre 0.2 a 2.5 centímetros, viven en comunidades de nidos estructurados con cientos de miles de individuos encabezados por una o varias hormigas reina. Seguramente todos hemos observado la asombrosa capacidad que tienen estos insectos para detectar migajas de comida y como después de un corto tiempo aparecen varias de ellas siguiendo un camino óptimo para transportar su alimento. Se sabe que la visión de las hormigas es casi nula, entonces ¿cómo es que encuentran rutas para transportar el alimento a sus nidos y logran replicar este comportamiento entre ellas? La

respuesta a este cuestionamiento se relaciona con la capacidad que tienen para comunicarse y cooperar mediante la liberación de una sustancia química aromática denominada feromona la cual puede alertar de peligros o conducir a otras hormigas a fuentes de alimento.

Generalmente, varias hormigas de la clase exploradora salen del nido en busca de alimento, una vez que alguna encuentra comida segregará feromona para comunicar el hallazgo y regresar al nido con el botín. Al mismo tiempo otras hormigas exploradoras percibirán el rastro de la sustancia para encontrar la fuente de alimentación y repetirán el mismo comportamiento. La feromona tiende a evaporarse y desaparecer después de un tiempo, en consecuencia, las rutas más cortas tendrán una mayor cantidad de feromona y se conservarán debido a que otras hormigas seguirán ese mismo rastro. Así es como las hormigas son capaces de encontrar caminos óptimos para llevar alimento a sus nidos, como se aprecia en la figura 1, donde las hormigas han generado 3 rutas diferentes y la que mantiene un rastro de feromonas predominante es la de menor distancia.



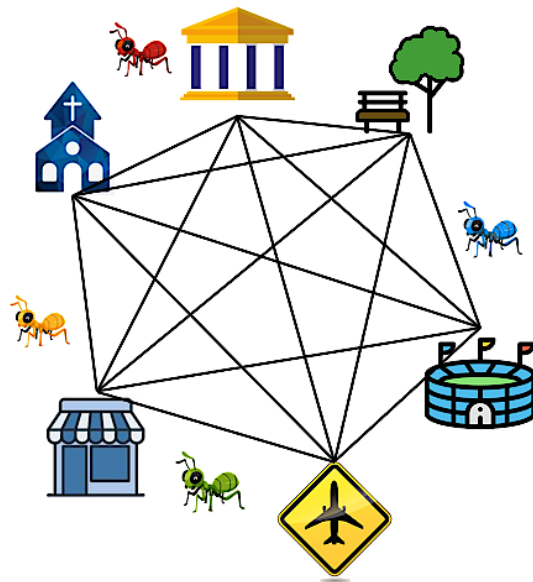
**Figura 1. Hormigas buscando rutas hacia el alimento.**

En nuestra sociedad, se presentan diversos problemas relacionados con la búsqueda de rutas óptimas. Por ejemplo, los servicios de logística y transporte deben planear rutas para realizar sus envíos considerando diferentes variables como el tiempo de entrega, prioridades, tráfico, consumo de gasolina y vehículos disponibles. Además de llevar un control de monitoreo en el reparto. Hoy en día, se proponen modelos de ciudades inteligentes, donde se considera la planeación de rutas terrestres o áreas para disminuir el tráfico. En robótica, los sistemas de navegación autónomos deben tomar decisiones para seguir trayectorias óptimas y cumplir con tareas como la búsqueda o rescate. En redes de comunicaciones, se requiere del diseño

óptimo de conexiones para disminuir costos de material y aumentar la conectividad con diferentes puntos.

Debido a la complejidad de los problemas de optimización de rutas, los científicos en computación han propuesto soluciones mediante el diseño de algoritmos inspirados en la inteligencia colectiva de diversas especies. Tal es el caso de la técnica de optimización por colonia de hormigas artificiales propuesta inicialmente en el año de 1992 por Marco Dorigo. Esta técnica se ha aplicado exitosamente a diversos problemas de optimización combinatoria, en particular al problema del agente viajero que consiste en visitar un conjunto de localidades, partiendo de un sitio y regresando a este mismo. El objetivo es encontrar la trayectoria con la menor distancia. Este es un problema complejo en ciencias de la computación debido a que el número de posibles trayectorias aumenta en forma factorial a medida que se considera un mayor número de sitios por visitar. Imagine un caso del mundo real donde un turista visita una nueva ciudad y desea ir del aeropuerto a diferentes sitios emblemáticos tales como: un monumento histórico, la catedral, una tienda de recuerdos, un parque, el estadio y regresar de nuevo al punto de partida, el aeropuerto. Este problema puede representarse por un grafo no dirigido como el de la figura 3, donde cada nodo es representado por una localidad y las aristas representan la distancia de un nodo a otro, la matriz numérica nos indica la distancia que existe entre un punto y otro. En este ejemplo se tienen 120 diferentes rutas, representadas por las permutaciones entre los nodos (por ejemplo  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$ ), el objetivo es encontrar la trayectoria con la menor distancia total.

Ahora, suponga que el número de sitios a visitar es 10, el punto de inicio y fin puede cambiar, en este caso el número de posibles soluciones será,  $10! = 3,628,800$ . En problemas de logística y transporte como los que se mencionaron anteriormente suelen considerarse cientos de sitios, por lo que el costo computacional en términos de tiempo de procesamiento aumenta considerablemente para encontrar la ruta óptima.



Matriz de Distancias

	n1	n2	n3	n4	n5	n6
n1	-	5	17	6	17	8
n2	5	-	10	12	20	6
n3	17	10	-	14	18	9
n4	6	12	14	-	19	25
n5	17	20	18	19	-	11
n6	8	6	9	25	11	-

**Figura 2. Encontrando rutas entre los vértices de un grafo.**

El algoritmo de optimización por colonia de hormigas modela la inteligencia colectiva de estos insectos mediante dos ecuaciones matemáticas importantes. La primera calcula la probabilidad de transición entre los nodos de un grafo, mientras que la segunda actualiza la cantidad de feromona que depositan las hormigas en cada arista durante su recorrido. A continuación, se describen los pasos del algoritmo para resolver el problema del agente viajero.

- 1) Dado un número inicial de hormigas artificiales, cada una parte de un nodo diferente en el grafo.
- 2) Cada hormiga se desplaza de un nodo a otro con una probabilidad de transición que considera la distancia y la cantidad de feromona depositada en cada arista.
- 3) Una vez que la hormiga exploró todos los nodos regresa al punto inicial y se calcula el costo total de la trayectoria.
- 4) Se actualiza la cantidad de feromona en cada arista.
- 5) Se repiten los pasos 2, 3 y 4 hasta cumplir un criterio o un determinado número de iteraciones.
- 6) Se reporta la mejor solución como la ruta con menor distancia.

**Figura 3. Algoritmo de optimización por colonia de hormigas.**

La técnica de optimización por colonia de hormigas involucra parámetros de configuración como el factor de evaporación de la feromona, el número de hormigas y la concentración de



feromona. Los valores adecuados para que el algoritmo obtenga los mejores resultados pueden variar dependiendo del problema a resolver.

Además de las hormigas, existen otras especies tales como las abejas que mantienen una estructura jerárquica en su comunidad y un elaborado sistema de comunicación para transmitir la locación de una fuente de alimento. Las abejas obreras salen de la colmena en busca de una fuente de polen o néctar, una vez que lo encuentran regresan y comunican a las demás abejas la ubicación exacta de esta fuente mediante una danza, en la que la abeja se mueve en un círculo hacia la derecha y luego hacia la izquierda alternativamente. La dirección del movimiento en línea recta con respecto a la vertical indica la dirección del alimento en relación con la posición del sol. Por ejemplo, si la abeja se mueve directamente hacia arriba en la línea recta, significa que la fuente de alimento está en la dirección del sol. La duración del zumbido indica la distancia a la fuente de alimento: cuanto más largo es el zumbido, más lejos está la fuente.

En ciencias de la computación durante varios años se han analizado estos comportamientos colectivos que han servido de inspiración para diseñar algoritmos bioinspirados que resuelven diversos problemas de optimización. Entre los algoritmos más representativos se tiene: la optimización por cúmulo de partículas, algoritmo de colonia de abejas artificiales, el sistema inmune artificial, algoritmos genéticos, entre otros.

### ***Para saber más, consulta:***

- [\*Por qué las abejas son esenciales para las personas y el planeta.\*](#)  
ONU Programa para el medio ambiente
- Ant Colony Optimization: Artificial ants as a computational intelligence technique.  
Dorigo, M., Birattari, M. & Stützle, T. (2006).  
*IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1, 28-39.

# ¿Qué es la ciencia de datos?

No. 1

Vol. 2023

Salvador Godoy-Calderón

[sgodoyc@gmail.com](mailto:sgodoyc@gmail.com)

Una de las decisiones más difíciles de tomar en la vida, es sin *duda*, la elección de la carrera o profesión que se desea estudiar. Para un estudiante de nivel medio-superior que esté próximo a concluir sus estudios, resulta muchas veces, una decisión inevitable y para la cual ha tenido muy poca o ninguna preparación previa. La decisión es complicada por varias razones de diferentes tipos:

- **Incertidumbre.** El contexto y las costumbres sociales suelen sugerir, a veces de forma explícita, y a veces a nivel intuitivo o subconsciente, que se trata de una decisión que, de alguna forma, va a *determinar* el tipo y calidad de vida, durante gran parte del resto de la vida. Sin embargo, no se tiene certeza, de la veracidad ni del alcance de esa afirmación.
- **Ruido informativo.** La orientación y consejos que recibe el estudiante que debe tomar la decisión, siempre resulta confusa e incluso contradictoria. No hay claridad sobre el principio fundamental que debe guiar la decisión: el análisis de las habilidades personales, el gusto o interés personal, la perspectiva de trabajo a corto, mediano o largo plazo, la coyuntura política y social del momento, las tendencias y modas en las redes sociales, o inclusive la tradición familiar.
- **Falta de información.** En última instancia, existe una ignorancia fundamental sobre cuáles son las opciones disponibles para estudiar, cuáles son las condiciones de exigencia y/o competencia que imperan durante el estudio de cada opción o qué tipo de actividad profesional implica cada opción.

Aunque tratar de resolver todas las categorías anteriores parece poco menos que imposible, en **Katra** tenemos el convencimiento de que sí podemos ayudar en la solución de la última categoría, la falta de información. Por eso, estableceremos una

sección especial, fija en cada número, en la que analizaremos alguna de las opciones para estudios de nivel licenciatura.

## *Una ciencia para estudiar los datos*

Aunque la historia de las carreras universitarias nos enseña que, en muchos momentos se les ha dado un nombre un tanto exótico a algunas carreras, el caso de la *ciencia de datos* (CD), afortunadamente, no es uno de esos casos. El nombre de esta carrera claramente indica dos cosas muy evidentes:

- Que se trata de una ciencia o disciplina científica,
- Que su objeto de estudio son los datos.

En esencia, esta disciplina no se limita, de forma natural, a estudiar datos de algún tipo específico. Como disciplina científica, aspira a poder analizar cualquier tipo de datos, aunque en términos reales, está limitada por la capacidad computacional para almacenar, organizar y procesar conjuntos de datos.

Ahora bien, más allá de esos elementos evidentes, es necesario profundizar un poco en el conocimiento de esta disciplina para poder conocerla lo suficiente para tener elementos sólidos con los cuales tomar la decisión de estudiarla y dedicarse de forma profesional a ella. Para esa profundización se pueden seguir diferentes visiones. La visión más tradicionalista comienza por buscar algunas definiciones de la disciplina. Veamos algunas de esas definiciones:

- En el *Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas* (IIMAS) de la *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM), se ofrece la carrera de *Licenciatura en Ciencia de Datos* (se puede consultar en <https://www.iimas.unam.mx/ciencia-de-datos/>) y se presenta con el siguiente texto:

“Es una ciencia transdisciplinaria que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para obtener un mejor entendimiento de grandes cantidades de datos, con el fin de identificar patrones en fenómenos reales para que de esta manera se tomen decisiones asertivas”.

- En el sitio de *Amazon Web Services* (AWS), que se encuentra en

<https://aws.amazon.com/es/what-is/data-science/> la definen de la siguiente forma:

“La ciencia de datos es el estudio de datos con el fin de extraer información significativa para empresas. Es un enfoque multidisciplinario que combina principios y prácticas del campo de las matemáticas, la estadística, la inteligencia artificial y la ingeniería de computación para analizar grandes cantidades de datos. Este análisis permite que los científicos de datos planteen y respondan a preguntas como “qué pasó”, “por qué pasó”, “qué pasará” y “qué se puede hacer con los resultados”.

- En el sitio de la empresa *International Business Machines (IBM)*, que se puede consultar en <https://www.ibm.com/mx-es/topics/data-science>, se define de forma muy semejante:

“La ciencia de datos combina las matemáticas y la estadística, la programación especializada, los *analytics* avanzados, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático con conocimientos específicos en la materia para descubrir *insights* procesables ocultos en los datos de una organización. Estos *insights* pueden utilizarse para orientar la toma de decisiones y la planificación estratégica”.

A pesar de todos esos intentos de definición, la verdad es que resulta muy difícil crear una definición universal para el término *ciencia de datos*, sobre todo, si la intención de esa definición es que el término se use correctamente en conversaciones cotidianas y que su significado esté siempre claro.

Una forma de comenzar a comprender la disciplina de *ciencia de datos* es examinando su *ciclo de operación*. Ese ciclo representa las distintas actividades que un profesional de la *ciencia de datos*, debe realizar durante la solución de algún problema concreto planteado por la empresa u organización para la que trabaja. El ciclo se divide en siete etapas y, durante cada una de ellas se realiza una actividad diferente:



**Figura 1. Ciclo de operación de la ciencia de datos**

La figura 1 muestra el ciclo de operación de la *ciencia de datos*. Examinemos brevemente en qué consiste cada etapa:

- 1) La etapa más relevante del ciclo, por ser la primera y la última. Antes que cualquier otra actividad es necesario comprender cabalmente la forma de operar de la empresa u organización (el *modelo de negocio*), así como entender sus necesidades de toma de decisiones. Con esa información se puede definir con precisión el problema a resolver con ayuda de datos.
- 2) Cuando se ha definido el problema a resolver se requiere recopilar todos los datos disponibles acerca del fenómeno en cuestión, organizarlos, integrarlos y, en ocasiones, homogeneizarlos para hacerlos compatibles.
- 3) La limpieza de los datos consiste fundamentalmente en solventar la ausencia de información, ya sea eliminando los datos incompletos o estimando su valor con técnicas probabilísticas, resolver las incongruencias o contradicciones presentes en los datos, y muchas veces, reestructuralos creando catálogos de referencia; un proceso que en el ámbito de las bases de datos se denomina *normalización* de la base de datos.



- 4) La exploración inicial de los datos ya depurados es un análisis estadístico clásico que indica las características más relevantes de ese conjunto de datos. Para cada atributo de los objetos descritos, conocer su dominio, valor mínimo y máximo, su media, moda y desviación estándar, así como caracterizar la distribución de probabilidades de esos valores.
- 5) No todos los atributos de los objetos descritos resultan relevantes al analizar datos. La *selección de rasgos* es la identificación de los atributos que son relevantes y de utilidad para el problema que se desea resolver. Considerar sólo esos atributos y no todos los disponibles permite simplificar los modelos que se obtendrán en la siguiente etapa.
- 6) El análisis estadístico y probabilístico de los datos no es suficiente para tomar decisiones importantes a partir de los datos. Es entonces cuando se acude a una disciplina muy relacionada: el *aprendizaje automático* (*machine learning*) para crear, a partir de los datos analizados, un *modelo predictivo* del fenómeno estudiado.
- 7) Finalmente, se realizan suficientes experimentos con el modelo predictivo y se hace uso de métodos y herramientas para visualización de los resultados. Esa visualización permite formar una expectativa del comportamiento del fenómeno y estimar el alcance de las decisiones que se toman al respecto.

A partir de todos los intentos anteriores de definición, y de examinar con detenimiento el ciclo anterior, podemos extraer otros dos elementos que parecen formar parte de esta disciplina:

- Resulta de especial interés para empresas y organizaciones de todo tipo,
- Cotidianamente debe trabajar con «grandes volúmenes de datos»

Precisar con exactitud a qué se refiere el término «grandes volúmenes de datos» tampoco es sencillo. En términos cotidianos, significa un volumen tal de datos que no tiene sentido pensar en analizarlos sin la ayuda de computadoras. Aunque, desde el punto de vista de la computación, se usa el término «grandes volúmenes

de datos» para referirse a conjuntos de datos de tamaño superior al tamaño de la memoria de la computadora. Es decir, que en esa computadora, el conjunto de datos no puede ser cargado en memoria de forma completa. Por supuesto, esa es una apreciación subjetiva que depende de la computadora con la que se pretende analizar los datos, pero nuevamente, nos da una idea de la importancia de la tecnología computacional para hacer *CD*.

En cuanto al contexto empresarial, resulta natural que a las empresas e instituciones de todo tipo, les interese poder estudiar sus datos, para así tomar decisiones informadas en todo tipo de procesos; mercadotecnia, logística, política, etc. Estudiar datos significa algo muy concreto: encontrar *patrones interesantes e implícitos* en los datos.

¿Qué significa buscar patrones en los datos? En el contexto del análisis de datos, los *patrones* son datos, secuencias de datos o estructuras que se repiten de forma regular. y que, por lo tanto, nos dicen algo sobre la naturaleza de los fenómenos cuyos datos estamos analizando. Estos patrones no es fácil identificarlos de primera vista, a menos que se trate de un conjunto muy pequeño de datos. Por eso, para analizar grandes volúmenes de datos, es indispensable hacerlo por medios computacionales; y eso explica la relación de la *CD* con la *computación*. Ahora bien, existe una gran variedad de patrones que se pueden encontrar en los datos. Tradicionalmente, cada tipo de patrón ha sido estudiado por una disciplina diferente y, en *CD* se pretende desarrollar las habilidades necesarias para encontrar todos estos tipos de patrones. Veamos algunos ejemplos de tipos de patrones en los datos:

- ***Medidas de tendencia central y dispersión.***- Son medidas estadísticas, patrones numéricos que tradicionalmente pretenden resumir un conjunto de valores en un solo valor con significado bien definido para generar una «visión global» de un conjunto de datos. Las medidas de tendencia central indican los valores en torno a los cuales se pueden agrupar los datos: medias, medianas y modas; mientras que las medidas de dispersión indican los límites de variabilidad en los valores de cada variable y con respecto a las medidas de tendencia central. Estos patrones son

estudiados por la disciplina de *Estadística Descriptiva*.

- ***Asociaciones relacionales.***- También llamados patrones asociativos, son asociaciones entre dos o más atributos de los objetos o fenómenos descritos por los datos. Por ejemplo, en una base de datos de habitantes de una ciudad, podemos encontrar patrones asociativos como: «el 90% de los adultos mayores de 65 años y que están jubilados, viven en la zona sur de la ciudad» o «el 45% de los estudiantes graduados en universidades de la zona norte de la ciudad, durante los últimos 3 años, trabaja actualmente en empresas extranjeras». Este tipo de patrones ha sido estudiado por la disciplina llamada *Minería de reglas de asociación* y nació como una herramienta para analizar las tendencias de compra de artículos en tiendas departamentales.
- ***Series de tiempo.***- Se trata de secuencias cronológicas de datos acerca de un mismo fenómeno y en las que el valor de cada dato depende, tanto de los datos anteriores, como de las circunstancias de cada momento. Al analizar series de tiempo, generalmente se pretende *predecir* uno o más datos que aparecerán en los siguientes elementos de una serie. Este tipo de patrones constituye el elemento fundamental para el estudio de diversos fenómenos, desde señales biológicas (electrocardiografía, magnetoencefalografía, e imagenología médica en general), hasta mercados financieros (bolsa de valores). Por ejemplo, se pueden encontrar patrones que indiquen que: «Durante los últimos 10 años, el consumo de los usuarios ha sido 85% superior durante los meses de noviembre y diciembre, pero 25% inferior durante los meses de enero y febrero» .

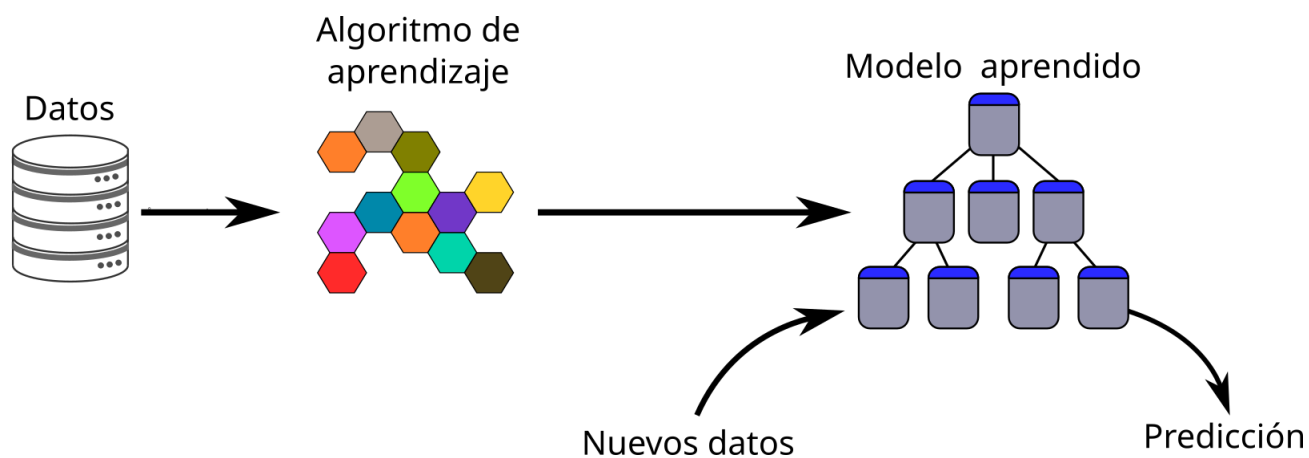
Un *científico de datos*, el profesional de la *Ciencia de Datos*, necesita comprender la naturaleza de estos y otros tipos de patrones en los datos, así como conocer técnicas y algoritmos para encontrar dichos patrones en los conjuntos de datos. En casos extremos, en los que no existan algoritmos previos para encontrar algún tipo particular de patrones, el profesional de la *Ciencia de Datos* debe tener la capacidad

de proponer nuevas estrategias y algoritmos.

## La relación con Inteligencia Artificial

Un aspecto sumamente interesante de la *Ciencia de Datos*, y que vale la pena analizar y aclarar, es su relación con la disciplina de *Inteligencia Artificial*. Evidentemente no se puede pretender que un profesional de la *Ciencia de Datos*, sea también un experto en *Inteligencia Artificial (IA)*. Entonces, ¿qué parte de la *IA*, requiere conocer un *científico de datos*? Aunque diversas ramas de la *IA* pueden ser extremadamente útiles para las etapas de *toma de decisiones*, una vez que se han analizado los datos, para el profesional de la *CD*, que es el encargado del proceso previo de analizar los datos, la rama de *IA* que tiene directa relación es el *aprendizaje automático*, conocido por algunos como *aprendizaje de máquina (machine learning)*. Esta es una de las ramas más importantes, pero menos entendidas de la *IA*. *Aprender* significa encontrar o generar un *modelo* de algún fenómeno, a partir de analizar algunos datos previos sobre ese mismo fenómeno. ¿Parece familiar?, por supuesto.

El *aprendizaje automático* es una rama de la *IA* que también analiza conjuntos de datos, pero con el propósito particular de “aprender” de ellos, eso significa generar un *modelo* para el fenómeno que describen esos datos. El *modelo* que se obtiene debe ser capaz, tanto de *explicar* el fenómeno, como de *predecir* ese mismo



fenómeno. Sin embargo, como ocurre en la mayoría de las disciplinas científicas que han llegado a un nivel de madurez, existen en *IA* corrientes de pensamiento, o

*paradigmas* que proponen diferentes formas de realizar los mismos procesos.

**Figura 2. La dinámica de operación del aprendizaje automático**

En el caso del *aprendizaje automático*, el modelo que se aprende de un conjunto de datos, puede tener forma *explícita* o sólo *implícita*. Cuando un modelo es *explícito* (también llamado *modelo simbólico*), significa que se puede observar directamente el modelo, se puede saber qué estructura tiene e incluso se pueden realizar ciertos ajustes a ese modelo para incorporar conocimiento previo sobre el fenómeno que se está aprendiendo. Este tipo de modelo se puede expresar con ecuaciones matemáticas, pero lo más común es expresarlo con *fórmulas lógicas*. Ambos tipos de expresiones son de tipo *simbólico*, es decir que tienen dos características principales:

- 1) Incluye símbolos especiales llamados *variables* que representan, ya sea elementos conocidos del fenómeno que se está aprendiendo (a esto se le llama *variable de primer orden*), o bien otros elementos del mismo modelo (*variables de orden superior*).
- 2) SIEMPRE, sin excepción alguna, se tiene clara la *semántica* de cada variable, así como la *semántica* de las expresiones que incluyen esas variables. Esto garantiza que cualquier analista, que comprenda el lenguaje en el que se expresó el modelo (lenguaje lógico o lenguaje matemático), siempre va a poder *comprender* lo que el modelo está representando, y por tanto podrá también, modificarlo para mejorar su poder predictivo y estimar el alcance de esas modificaciones.

Los modelos de este tipo se denominan *modelos simbólicos* y el proceso de aprendizaje se conoce como *aprendizaje simbólico automático* (*symbolic machine learning*).

Por el contrario, cuando un modelo es *implícito* (también llamado *modelo conexionista*), no es posible observarlo directamente, porque está *codificado* de alguna forma que no resulta trivial de entender. Este tipo de modelos NO son



simbólicos y, por lo tanto, *NO* incluyen variables o símbolos de ningún tipo. Inclusive si se entiende la forma en que está codificado el modelo, debido a que no incluye variables simbólicas, no resulta recomendable modificar el modelo aprendido, ya que los efectos de esa modificación son impredecibles. Este es el tipo de modelo que generan todas las *redes neuronales artificiales (RNA)*. Cuando una *RNA* aprende un conjunto de datos, el *modelo* aprendido se codifica en forma de pesos para cada una de las conexiones entre neuronas artificiales. Entonces, para usar el modelo aprendido por una *RNA* para realizar *predicción* de algún fenómeno, la única opción es usar esa misma *RNA* y alimentarla con nuevos datos. Por supuesto, eso implica que el modelo aprendido es muy inflexible; cualquier cambio en la estructura de los datos de entrada, la conexión interna de la *RNA*, o las condiciones del experimento para el cual se desea hacer la predicción, puede implicar que el modelo aprendido dejó de ser útil y es necesario volver a realizar el proceso de entrenamiento de la *RNA*.

## *Sobre la actividad profesional*

Como ocurre con cualquier otra carrera que se estudie de manera formal, a veces la práctica profesional puede no coincidir con la actividad durante el tiempo de estudio.

Lo común durante el proceso de estudio, es que se haga mucho énfasis en *comprender* la forma de operar de los diferentes algoritmos para analizar datos y que se invierta mucho tiempo en *programar* desde cero esos algoritmos, así como en desarrollar la habilidad para *diseñar, proponer y poner en operación* nuevos algoritmos que se adapten a condiciones muy específicas de operación. Sin ese nivel de comprensión, ni el desarrollo de esas habilidades, no tendría ningún valor diferenciante un profesional graduado en *ciencia de datos*, se reduciría a sólo ser un técnico que cotidianamente usa algunas *herramientas* para realizar análisis de datos y, consecuentemente, su nivel de demanda en el mercado laboral se reduce considerablemente, al igual que su expectativa de salario.

Desafortunadamente, también resulta común que, en muchas empresas e instituciones, se adoptan políticas para usar programas y sistemas comerciales para realizar análisis de datos.

### *Para saber más, consulta...*

- El sitio *web* de Ciencia de Datos en Wikipedia (español), en [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciencia\\_de\\_datos](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciencia_de_datos)
- El sitio *web* de Microsoft Azure, ¿Qué es la ciencia de datos? <https://azure.microsoft.com/es-mx/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-data-science>
- El sitio *web* de Oracle México, ¿Qué es la ciencia de datos? <https://www.oracle.com/mx/what-is-data-science/>
- El sitio *web* de la Escuela británica de artes creativas y tecnología, ¿Qué es la ciencia de datos? <https://ebac.mx/blog/que-es-la-ciencia-de-datos>
- El sitio *web* de sudeep.co, *Understanding the Data Science Lifecycle* <https://www.sudeep.co/data-science/2018/02/09/Understanding-the-Data-Science-Lifecycle.html>
- El sitio *web* de la SAAS, ¿Qué es un científico de datos? [https://www.sas.com/es\\_mx/insights/analytics/what-is-a-data-scientist.html](https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/what-is-a-data-scientist.html)