

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Comunicación Audiovisual



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. NUEVAS HERRAMIENTAS PARA LOS CREADORES”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:

Romero Bataller, Andreu

Tutor/a:

Jaime García Rupérez

GANDIA, 2019

RESUMEN

La inteligencia humana nos convierte en seres racionales y es uno de nuestros rasgos diferenciales más característicos. Es tan definitoria que incluso se ha pretendido traspasar a las máquinas una inteligencia artificial (IA) inspirada en la nuestra. Potenciada por el *Deep Learning* (aprendizaje profundo), la IA permite desarrollar las potencialidades computacionales, aplicarlas a funciones como la creatividad (considerada hasta hace poco exclusiva del cerebro humano), y así convertirlas en nuevas y potentes herramientas para los creadores de contenido artístico. El logro máximo se alcanzará cuando la máquina pueda crear obras de arte por sí y libremente, o con restricciones mínimas. Para ello hay que superar grandes dificultades como, entre otras, dotar a las computadoras de sentido común, o adiestrarlas en capacidades tan complejas como la percepción visual.

Este trabajo pretende analizar qué requisitos formales debería presentar el *Deep Learning* y qué dificultades y posibilidades hay para conseguir que la inteligencia artificial progrese y logre ser completamente creativa. Para ayudar a entender estos aspectos hemos repasado brevemente los antecedentes históricos, la tecnología necesaria, la creatividad artificial, sus componentes y rasgos propios, y algunas facetas artísticas en las que se ha aplicado: la literatura, las artes plásticas, la comunicación de masas...

[ENGLISH]

Human intelligence makes us rational beings and is one of our most characteristic distinguishing features. It is so defining that it has even been attempted to transfer machines with an artificial intelligence (AI) inspired by ours. Powered by Deep Learning, AI allows us to develop computational potentialities, apply them to functions such as creativity (until recently considered exclusive to the human brain), and thus turn them into new and powerful tools for creators of artistic content. The maximum achievement will be reached when the machine can create works of art by itself and freely, or with minimal restrictions. In order to do so, it is necessary to overcome great difficulties such as, among others, equipping computers with common sense, or training them in abilities as complex as visual perception.

The aim of this work is to analyze what formal requirements Deep Learning should have and what difficulties and possibilities there are to achieve that artificial intelligence progresses and achieves to be completely creative. To help understand these aspects, we have briefly reviewed the historical background, the necessary technology, artificial creativity, its components and proper features, and some artistic facets in which it has been applied: literature, plastic arts, mass communication...

PALABRAS CLAVE: Creatividad computacional, inteligencia artificial, Deep Learning, tecnologías de la comunicación.

KEY WORDS: Computational Creativity, Artificial Intelligence, Deep Learning, Communication Technologies.

ÍNDICE

1. PRESENTACIÓN	6
1.1. Justificación	6
1.2. Objetivos	6
1.2.1. General.....	6
1.2.2. Específicos.....	7
1.3. Estructura	7
1.4. Metodología	8
2. PANORAMA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	8
2.1. Los primeros balbuceos	8
2.2. Avanzando con paso firme	9
2.3. Expectativas de futuro	10
3. TECNOLOGÍA POSIBLE	10
3.1. La capacidad de cálculo: los <i>flops</i>	11
3.2. La capacidad lógica: las neuronas	12
4. ¿EXISTE LA FÓRMULA DE LA CREATIVIDAD?	14
4.1. ¿Qué es la creatividad?	15
4.1.1. Conocer.....	17
4.1.2. Imitar.....	18
4.1.3. Competir.....	19
4.1.4. La aleatoriedad.....	20
4.2. El problema retórico en la creatividad	21
5. LA ESCRITURA CREATIVA	22

5.1. La cadena Markov.....	23
5.2. La historia, el nivel fáctico.....	24
5.3. El modelo creativo de Flower y Hayes.....	25
5.4. Los textos informativos automatizados.....	26
5.5. Automatas poetas	27
5.6. Benjamín, el ordenador guionista.....	27
5.7. Hacia una realidad narrada.....	30
6. LA CREATIVIDAD EN LAS ARTES PLÁSTICAS Y EN LA CO- MUNICACIÓN DE MASAS.....	31
6.1. <i>Aaron</i>	33
6.2. <i>The Painting Fool</i>	33
6.3. <i>Prisma y Deep Mind</i>	34
7. CLASIFICACIONES, EVALUACIONES, INTERFERENCIAS, LÍMITES Y ESPECTATIVAS.....	35
7.1. ¿Es el arte artificial una nueva especie o género creativo?.....	35
7.2. Sistemas de evaluación.....	35
7.3. ¿Colaboración o competencia entre humanos y máquinas?.....	38
7.4. Interacciones entre programadores y máquinas.....	39
7.5. Límites y expectativas.....	39
8. CONCLUSIÓN.....	39
9. BIBLIOGRAFÍA.....	40
10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	43

1. PRESENTACIÓN

1.1. Justificación

La irrupción de las nuevas tecnologías está empujando a la sociedad a una realidad informatizada. Una de sus posibilidades más llamativas es que se está dando paso a una nueva era: la era de la inteligencia artificial. Y lo que resulta más fascinante (al menos para quien suscribe este trabajo, como persona interesada en la comunicación audiovisual) es que la inteligencia de las máquinas, su aprendizaje y el aprendizaje humano para enseñarlas, podrán proporcionar a los autores nuevas herramientas de una potencia impredecible de cara a solventar los desafíos creativos. Sin embargo, hay que tener bien presente que este es un campo no muy trabajado ni (re)conocido dentro de nuestras fronteras. Aquí, su presencia-audiencia a pie de calle roza la ciencia-ficción y es más que relativa por lo que se refiere a conceptos, investigadores, logros, posibilidades... Es algo aún foráneo, que nos suena lejano y no solo porque nos llegue mayoritariamente del extranjero, y más a través de Internet que por los tradicionales libros en papel. Tampoco se capta como algo sólidamente encajado en el ámbito académico. Parece que sus límites son poco definidos: entre el mundo objetivo y computable de las ciencias (matemáticas, física cuántica, ingeniería, neurología, informática...) y la relativa subjetividad y no tan precisa delimitación de conceptos que impera entre las disciplinas humanísticas (filosofía, psicología, arte, literatura...).

Ante todo esto, el presente trabajo pretende ser una aproximación divulgativa a la creatividad humana y a su plasmación mediante la inteligencia artificial. Para ello no hemos planteado ninguna tesis innovadora, sino que hemos intentado realizar una puesta al día sobre la evolución de esta tecnología y algunos de sus hitos, límites actuales y expectativas de futuro.

Esta puesta al día ha resultado muy trabajosa porque queríamos que su explicación encajara en un texto que, dentro de los condicionantes formales que este formato académico requiere, fuera lo más completo, comprensible y útil. No sabemos si hemos conseguido lo que pretendíamos, pero nuestra incursión por el reino de la inteligencia artificial nos ha resultado útil y muy gratificante.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Demostrar el potencial de la inteligencia artificial –también llamada inteligencia computacional–, sus vertientes y su gran repercusión en el dominio de la creatividad computacional. A grandes rasgos, se trata de conocer los logros y afrontar las dudas que generan las propuestas actuales que despuntan en el sector por sus potencialidades artísticas. Se pretende discernir, en relación a su finalidad, la capacidad de esta tecnología y sus artilugios, así como las necesidades futuras para conseguir un trabajo funcional.

1.2.2. Específicos

1.2.2.1. Explicar la inteligencia artificial desde el punto de vista humanístico, con un planteamiento más divulgativo y general que técnico, pero enfocado de cara a los futuros profesionales de la creación artística.

1.2.2.2. Determinar el estado de desarrollo en el que se encuentra la creatividad artificial en relación a dicha capacidad en las personas.

1.2.2.3. Indagar la forma en que las máquinas son capaces de crear para asemejarse a los cerebros humanos –según mecanismos que la tecnología copia de disciplinas como la neurología, la psicología y la filosofía– y las implicaciones prácticas que supone dicho proceso mimético.

1.3. Estructura

Para responder a la pregunta de si verdaderamente las máquinas pueden ser creativas, este estudio se ha dividido en cuatro apartados bien diferenciados.

En primer lugar, explicamos el contexto desde el que parte y en el que se enmarca la inteligencia artificial y cómo ha sido su proceso histórico de evolución y perfeccionamiento. Para ello nos hemos centrado más en concreto en la vertiente del *Deep Learning* por ser la más innovadora y la que está impulsando el sector en la actualidad.

En una segunda fase nos hemos dedicado a analizar los conceptos tecnológicos que hacen posible encontrar semejanzas entre la inteligencia artificial y la natural. Tales conceptos son tan relevantes como para dedicarles un apartado, porque conocerlos nos permite observar este marco para detectar las carencias y las virtudes de esta disciplina. Pero, más que hacer acopio de datos técnicos, hemos apostado por encarar algunos problemas filosóficos que se plantean al indagar la procedencia de la creatividad artística y al comparar la capacidad de nuestros cerebros y la de las máquinas binarias. Son comparaciones que permiten establecer patrones de comportamientos humanos que pueden ser duplicables por las máquinas, de lo cual se pueden deducir unas reglas y unos postulados indicadores de la forma en que se producen las creaciones naturales y las artificiales.

En el paso siguiente nos hemos apoyado en proyectos que utilizan esta tecnología dentro de las artes creativas, ya sean literarias –prosa o verso–, pictóricas o basadas en medios audiovisuales o de comunicación de masas. Se trata de un análisis que puede ser clave para explicar el proceso creativo de una máquina pensada para la producción artística en un campo determinado. Para analizar correctamente las obras creadas por ordenador y los artefactos que las producen, y para llegar a una mejor comprensión de este tipo de arte son de gran utilidad la filosofía, la neurociencia, la ciencia cognitiva, etc.

Como se ve, el de los autómatas creativos es un ámbito aún novedoso en el que queda mucho por explorar y que, por su dificultad, es uno de los objetivos más ambiciosos que se ha planteado la ciencia. Pero no se puede abordar como si se tratara de la producción de simples mecanismos, sino como herramientas que, en esta era de la inteligencia artificial, ayudan al artista y creador de ideas, aunque sea este quien tome las decisiones que mejor se ajusten a sus planteamientos creativos iniciales.

1.4. Metodología

En lo que se refiere a la metodología utilizada, hemos optado por un método teórico-descriptivo porque se ajustaba mejor a nuestro objetivo de comprensión del funcionamiento de la inteligencia artificial. En ese sentido, nos hemos servido de la revisión bibliográfica como principal herramienta para rastrear la información publicada sobre el tema, especialmente por Internet, a lo largo de los últimos años. Con esta finalidad se han consultado diferentes autores relacionados con el mundo de la tecnológica, la ciencia y la psicológica para, a partir de sus postulados, tener una visión global.

2. PANORAMA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

2.1. Los primeros balbuceos

En la década de los 50 del siglo pasado, los precursores de la inteligencia artificial (IA) fantaseaban con construir complejas máquinas que se asemejasen a las características biológicas de la inteligencia humana, en lo que se refiere a su capacidad de aprendizaje y de resolución de problemas.

Si hacemos un repaso histórico veremos que, en los inicios de este proceso, y como es lógico y natural, las máquinas eran muy primitivas. El transistor de W. Shockley (Londres, 1910 – Standford, 1989) fue uno de los primeros artilugios y permitió que los ordenadores fueran más pequeños y, además, que tuvieran un desarrollo mayor de su capacidad de cálculo.

Esto hizo posible que empezaran a surgir los primeros sistemas expertos, capaces de entender y acometer dinámicas y tareas más complejas. Este ambiente propició los primeros debates en los que se abordaba el razonamiento artificial con conjeturas triunfalistas que jamás se cumplieron.

Pero la inflexión en esta evolución la marcaría el caso de la famosa derrota de Garry Kasparov¹ ante *Deep Blue*² en 1997. Tal derrota supuso un sonado hito histórico, pero en realidad, y por lo que se refiere a su potencia intelectual artificial, solo se basaba en una tecnología bastante limitada.

Hay que tener en cuenta que el triunfo se pudo producir porque el ajedrez es puro cálculo matemático, por lo que, con una buena programación, la computadora consigue convertirse en un auténtico genio del ajedrez. En cambio, a esta misma máquina la ganaría un niño pequeño si se tratara de resolver un problema de lógica, por sencillo que fuera. Esto es así porque no ha sido programada para esto, solo lo ha sido para determinados juegos de tablero.

1 Garry Kasparov, Gran Maestro de ajedrez, político y escritor ruso, fue Campeón del mundo de ajedrez de 1985 a 2000.

2 *Deep Blue* es una supercomputadora diseñada por la empresa norteamericana IBM para jugar al ajedrez.



Ilustración 1: Garry Kasparov en plena competición con *Deep Blue*.



Ilustración 2: El ordenador *Deep Blue* (véase la nota 2)

2.2. Avanzando con paso firme

A partir de estos inicios, el paso siguiente en la evolución de las máquinas inteligentes fue comparable al proceso natural que sigue un niño para aprender a hablar. Hablamos de expresión natural porque nadie enseña al pequeño a hablar, enseñanza que, salvo en casos excepcionales, sí requiere la escritura. Según van creciendo, las criaturas, por imitación, adquieren progresivamente los rasgos diferenciales de los fonemas y los reproducen. De la misma manera, para que la máquina los intente imitar, se coleccionan y se contabilizan estadísticamente para saber los que más se usan. Después solo se tienen que realizar pruebas de ensayo/error hasta encontrar las combinaciones correctas.

Como se ve, la clave del proceso evolutivo de la inteligencia artificial radicaba en el aprendizaje, ya que es obvio que no es posible ni resulta operativo preprogramar infinitas reglas para afrontar las infinitas combinaciones de datos y situaciones que pueden surgir en la vida real. Por lo tanto, era imprescindible encontrar el procedimiento por el que las máquinas fueran competentes para aprender de su propia experiencia y con el que, además, fueran capaces de relacionar información para utilizarla posteriormente. Esto permite simular un sistema de redes artificiales de neuronas que se asemeja al cerebro humano y hace que esta mera cuestión de potencia sea mucho más que eso; ahora es pura lógica.

Como ya se ha dicho, asemejarse a la mente humana es complicado; pero, poco a poco y aunque parezca lejano, se está consiguiendo que los seres humanos instruyan a las máquinas para que actúen y tomen decisiones por sí mismas. Esto hace que, por ejemplo, el logro del ajedrez haya sido superado con creces por otros avances, como son haber «enseñado» a la máquina a jugar al *Go*³, a juegos de *Arcade*⁴ e incluso a complejos juegos multijugador⁵.

3 *AlphaGo Zero* es un programa informático desarrollado por *Deep Mind* organización matriz de Google para jugar al juego de mesa *Go*.

4 *Atari Breakout*, *Rampage*, *Qbert*, *PACMAN*... son solo algunos ejemplos de los muchos proyectos que han logrado que las máquinas, de manera autónoma, «aprendan» a jugar y a resolver favorablemente los problemas planteados en cada nivel.

5 Recientemente, el logro más comentado ha sido ganar a un jugador humano en *StarCraft* un vi-

Ha habido progresos teóricos y mejoras en los programas y los sistemas informáticos que eran necesarios para que llegáramos a este día. La capacidad de cálculo de los procesadores, por ejemplo, se ha desarrollado exponencialmente, y ahora no es de extrañar que cualquier *smartphone* que tengamos en nuestro bolsillo sea más potente que la máquina *Deep Blue*.

Se trata, pues, de una vía que ha podido afianzarse mucho más con la llegada de Internet y todas sus plataformas –nubes, respaldo de archivos, redes sociales...–, algo que permite llenar de información las nuevas redes de comunicación hasta niveles próximos a la saturación, una saturación propiciada por el usuario.

Tenemos plataformas que pueden explotar el mundo de la creatividad con la adecuada programación como, por ejemplo, *IBM Watson Developer Cloud*, *Amazon Machine Learning*, *Azure Machine Learning* (Microsoft), *Tensor Flow* (Google), *Deeplearning4j*, *Caffe* (estos dos últimos de código abierto y arropados por la comunidad *Open Source*) o *Big ML*. Tal abundancia evidencia que este sector está alcanzando la mayoría de edad y que en poco tiempo la superará.

Es verdad que el contexto tecnológico está a favor de la inteligencia artificial, y gracias a eso también está aumentando la cantidad de actividad relacionada con la creatividad en el último lustro. Síntoma de ese aumento es la complejidad del *software* y el gran valor que se le da en nuestra cultura.

2.3. Expectativas de futuro

Tal vez aún es pronto para pensar en fabricar prototipos avanzados capaces de crear arte. Primero es necesario entender el funcionamiento de la mente humana y también cómo funciona la creatividad para aplicar sus pautas a los autómatas. Así, de la misma forma que haremos que las máquinas aprendan a jugar, nos posibilitará también que creen arte. Por eso, desarrollar experiencias de aprendizaje que faciliten la creatividad es uno de los objetivos más interesantes para el futuro de las facetas que se relacionan con la inteligencia artificial, y supone un desafío tanto social como técnico.

Para ayudar a superar tal desafío, las personas relacionadas con todo este aprendizaje deberían mostrarse satisfechas por las obras artísticas producidas por este *software*. También deberían ensalzar los desarrollos de última generación que se aplican a la inteligencia artificial para incorporar al *software* el codiciado comportamiento creativo. Y, es más, deberían favorecer que el público en general valorara estas creaciones mediante la divulgación de los métodos que emplea esta tecnología para crearlas.

Por otra parte, para seguir avanzando en este «aprendizaje profundo» también es necesario admitir el hecho de que los ordenadores no son humanos y que, por mucho que sea el esfuerzo para programarlos como tales, no se logrará tal semejanza porque el cerebro es muy complejo como para duplicarlo.

deojuego de estrategia en tiempo real. Se trata de un reto difícil por las características estratégicas y tácticas que se necesita conocer para ganar.

3. TECNOLOGÍA POSIBLE

3.1. La capacidad de cálculo: los flops

En este contexto de continua evolución, la tecnología ha aspirado a fabricar binariamente una réplica del cerebro humano para superar el desafío que supone conseguir una mente creativa. Pero para eso, se trataba de no tropezar con la misma piedra, la limitación de la potencia, ya que este obstáculo siempre había entorpecido los avances que se habían intentado anteriormente.

Por este motivo, el propósito de aumentar notablemente las capacidades de las máquinas ha marcado históricamente cada evolución que se ha producido en ellas. Pensemos que la máquina *Deep Blue*, que en 1997 asombró al mundo al ganar al ajedrez a un humano experto, solo contaba con una potencia de 12 *gigaflops*⁶. En cambio, actualmente los superordenadores más potentes cuentan con grandes granjas⁷ de procesadores (CPUs) o unidades de procesamiento gráfico (GPUs). Así pueden aproximarse a una potencia de unos 200 *petaflops* con lo que son capaces de superar juegos y acertijos más complejos, como se comenta en la nota 3 y 4. Es decir, prácticamente en tres décadas la potencia ha aumentado un millón de veces.

De todas maneras, de momento, toda esa potencia no es suficiente para asumir el trabajo que es capaz de generar la biología humana. Sin embargo, parece ser que, un ordenador con un sistema basado en las leyes de la cuántica⁸ mejoraría los cálculos binarios igualándolos a los del cerebro de los humanos y posibilitaría nuevos algoritmos y nuevos tratamientos que, hasta ese momento, habrían sido irresolubles. Se trata, pues, de un campo de cuya gran relevancia es indicio el hecho de que en él están trabajando todas las grandes compañías tecnológicas que hemos mencionado anteriormente, las cuales compiten para desarrollar una plataforma aplicable a la tecnología de consumo.

Evidentemente es un ámbito aún en desarrollo, pero con un posible potencial para la computación que podría aprovechar estas peculiaridades de las leyes cuánticas para proporcionar a los futuros sistemas más cantidad de procesamiento simultáneo, al igual que nuestro cerebro humano. Se pasaría de trabajar en serie (hacer una serie de cosas, una cada vez, pero en una secuencia), a lograr almacenar mucha más información y trabajar en paralelo, haciendo múltiples cosas al mismo tiempo.

6 Los *FLOPS* (del inglés *floating point operations per second*) son una medida de cálculo del rendimiento de un ordenador, por lo que se refiere a las operaciones por segundo que puede realizar. La diferencia entre *gigaflop* y *petaflop* son 10^6 , es decir, el segundo es un millón de veces más potente que el primero.

7 En informática, el término «granja» se refiere al grupo de ordenadores que, equipados con muchas unidades de cálculo, aprovechan la distribución del trabajo entre el conjunto para ser más potentes, eficientes y eficaces. Estas unidades de cálculo pueden ser CPU o GPU, y aunque la finalidad de estas unidades es la misma, calcular, su diseño es muy diferente. Las GPU cuentan con muchos núcleos para llevar a cabo trabajos en paralelo, y se encargarían de la parte gráfica. En cambio, la CPU solo cuenta con unos pocos núcleos para especializarse en trabajos en serie más específicos.

8 Aquí nos referimos a la rama de la física que estudia las partículas atómicas y subatómicas.

En un futuro próximo, esta clase de ordenadores llegará a un nivel de computación para acometer trabajos que ahora resultaría imposible, incluso para los ordenadores actuales más potentes. Eso sí, para que esta carrera autodenominada por los científicos como la «supremacía cuántica» toque techo están de acuerdo en que deberían pasar un cuantos años más.

3.2. La capacidad lógica: las neuronas

No hay que obviar que, por mucha capacidad de cálculo que se consiga, también es necesaria la lógica para poder procesar las operaciones complejas. Con tal propósito, los programadores han copiado las capacidades que tienen nuestras neuronas, por lo que se refiere a su plasticidad para realizar funciones como la percepción, adaptarse a cada situación, encontrar respuestas insólitas, etc. Así, los ordenadores pueden contar con un motor esencial que siempre intentará modelar el comportamiento de la neurona natural, constituyéndose y comportándose de forma similar.

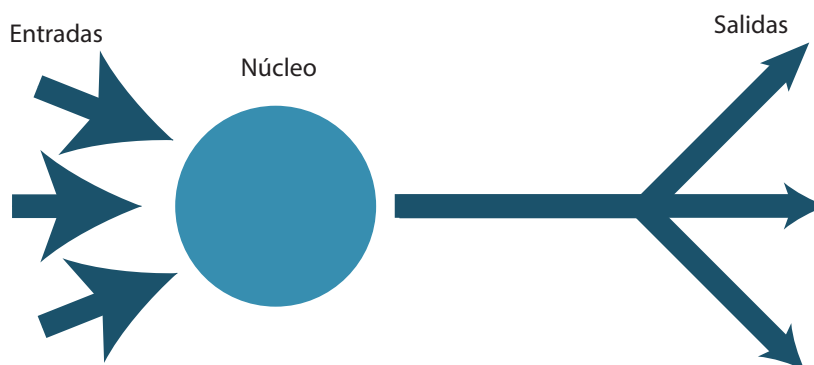
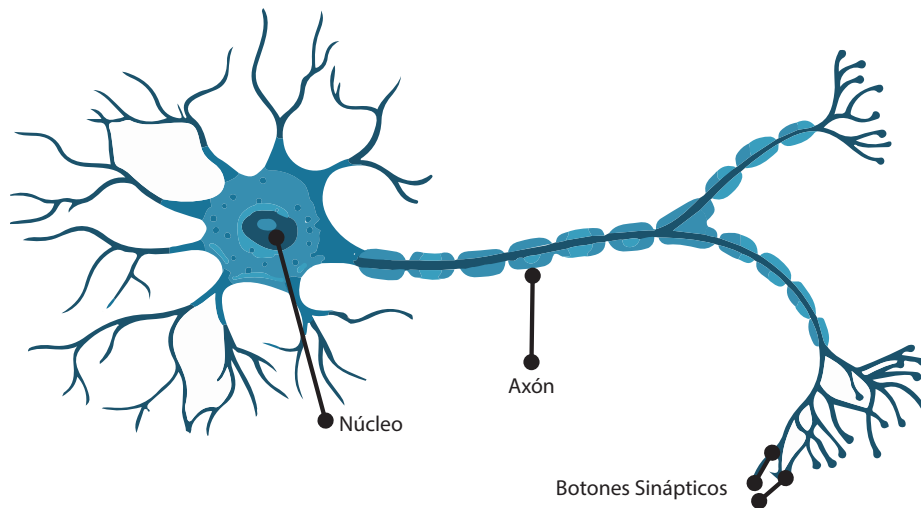


Ilustración 3: Comparación de una neurona humana con una artificial.

Aunque resulte imposible imitar fielmente la potencia, la eficiencia y la densidad biológica de nuestro cerebro, se puede intentar una aproximación al funcionamiento biológico, porque tecnologías como la computación cuántica o los estudios científicos que abordan las tecnologías de la IA ya posibilitan que se haya impulsado exponencialmente este campo.

Por ejemplo, un sistema elaborado con estas técnicas sería apto para resolver aquellas cuestiones que, por complejidad o por dificultad, no poseen un algoritmo claramente definido para transformar un problema en una solución basada en aprender, reconocer o aplicar relaciones entre objetos.

Con tal propósito se emplea un conjunto muy amplio y representativos de ejemplos para adiestrar el sistema informático; este, a su vez, se ajusta para modelar los resultados deseados. Pero esto es así siempre y cuando un sujeto humano lo ajuste con las muestras aprendidas. También, de momento, es necesaria cierta intervención humana para conseguir mayor número de datos. Posteriormente el programa de entrenamiento establece la importancia de las muestras que se han interiorizado en el sistema hasta alcanzar el resultado final deseado.

Esta especie de neuronas artificiales existe desde los años 70 y, actualmente, consigue resultados aceptables, sobre todo por los ordenadores con granjas⁹. Se pueden agrupar en arquitecturas de conexión compuestas con miles de estas para producir dispositivos más complejos. Esto, tal como decíamos, supondría un aumento de capacidad de lógica que implicaría una mayor eficacia y mejor gestión de los recursos.

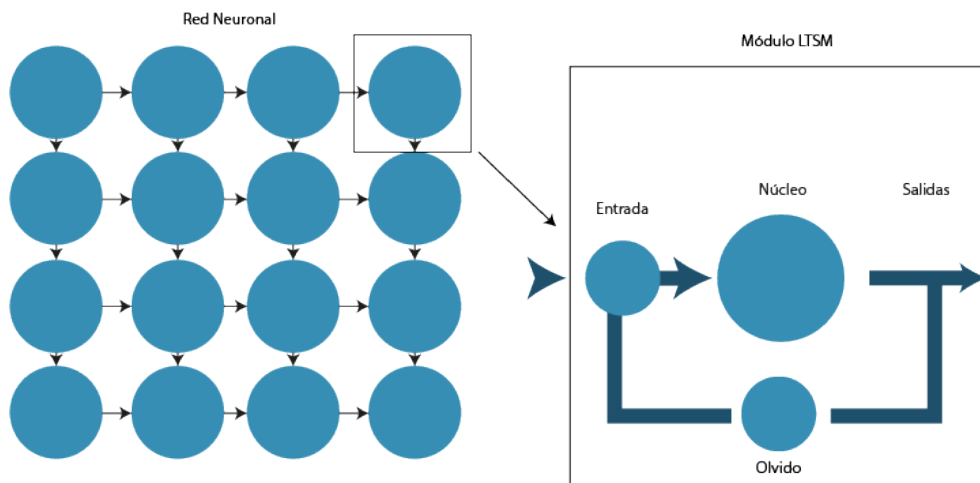


Ilustración 4: Módulo LSTM (*Long Short-term Memory*) de una red neuronal.

La ilustración 4, entre las muchas arquitecturas que existen, representa un modelo de red neuronal en celdas. El interés del módulo LSTM (*Long Short-term Memory*) radica en su capacidad de retener los datos que almacena la neurona artificial y en que puede centrarse en lo que es realmente importante y en el valor potencial que debe repercutirle. Pero una condición que se anhela fundamental para parecerse a las neuronas de nuestro cerebro humano es que su conducta sea no determinista. En otros términos, que tengan la capacidad de dispararse de manera casual con resultados diferenciados en cada situación. También deben alcanzar otras metas futuras que les permitan copiar más funciones, como la mejora de energía y de potencia y la capacidad de entender los impulsos neurológicos para que así no se desaproveche la eficacia lógica que estas tienen.¹⁰

⁹ Véase la nota 7.

¹⁰ El premio Nobel español Santiago Ramón y Cajal (Petilla de Aragón, 1852 - Madrid, 1934) fue uno de los pioneros en describir cómo fluía la información por el cerebro. Como se ve, la meta de crear inteligencia es un reto reciente, pero en realidad la información fisiológica en la que se sustenta esta tecnología tiene más de un siglo.

Con la penetración de estos tipos de tecnología, el rendimiento general aumenta en actividades como la comprensión o el reconocimiento predictivo de la escritura. El cálculo, aunque se pueda realizar si se cuenta con mucha potencia, no entiende con precisión los menesteres más complejos y sofisticados, como podrían ser la clasificación o el procesamiento masivo, entre otros. Por lo tanto, será siempre necesario un método y unas directrices en las que los pensamientos actúen y fluyan para obtener soluciones creativas.

4. ¿EXISTE LA FÓRMULA DE LA CREATIVIDAD?

Si se tiene un contexto tecnológico favorable en el que tanto la lógica como la potencia posibiliten la creatividad producida por ordenadores, el paso siguiente que se nos sugiere es captar las posibles características propiciadoras de que afloren ideas creativas para que sean copiadas posteriormente por estas computadoras.

Sin embargo, al abordar estas cuestiones nos topamos incluso con más problemas que al tratar de las diversas ramas que tiene la inteligencia artificial. Como el caso de pensar que el proceso de generar algo de la nada es incomprensible y de origen divino. Hay numerosas suposiciones fantásticas sobre como brota la creatividad que dificultan aceptar que pueda existir la creatividad computacional. Y es que resulta que la creatividad es un asunto cuyo estudio es muy complejo porque en él participan muchas ciencias como la psicología, o los estudios culturales y tecnológicos, pero sobre todo el arte, porque probablemente sin este no sería posible estudiarla.

No es descabellado pensar que estos ámbitos podrían ser tratados con más o menos amplitud por los ordenadores, los cuales, en cierta forma, los interiorizarían. Desde esta perspectiva, la nueva generación artificial creativa se basa en el *Deep Learning*. Y juega un papel importante en cuanto que es capaz de aplicar esta capacidad de intervenir en los datos, patrones y conjuntos con más facilidad y hasta unos límites no pensados hasta la fecha, sin duda superiores a los de otras técnicas. Sin embargo, estos artilugios no son capaces de realizar algunas tareas, o bien porque necesitan aún evolucionar más para tener más potencia y rendir mejor, o bien porque aún es necesario un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos y de código que utilizan.

Por estos motivos, hasta ahora, es difícil hallar y reproducir una fórmula, seguramente orgánica y cambiante, que explique qué significa ser creativo. Evidentemente, para los seres humanos, las habilidades creativas están a la orden del día, pero las computadoras no son capaces de aplicarlas en el ámbito de la creatividad porque no hay ninguna fórmula en la que se describa qué se entiende por ser imaginativo, original, creativo...

De momento, sí se aprovecha la capacidad que tienen las computadoras: han sido capacitadas para aprender a escribir poemas, hablar, observar un cuadro o incluso entender por qué se usan diferentes texturas en su ejecución.

Por tanto, aunque no podemos describir con detalle qué significa crear, lo que sí que pueden los expertos es inculcar a la máquina el arte de abstraer la información de lo sustancial. De alguna forma, se puede decir que es en el proceso del aprendizaje cuando se va tejiendo línea a línea el código de los conocimientos; y es en este código en el que se deberían fijar estos artefactos. Así, a posteriori, sí que se podría construir una réplica de las características humanas que la máquina debería entender y copiar, tal como hacen los humanos de otros individuos.

Como este proceso resulta complejo, se podría abordar planteando una base empírica inicial con demostrada funcionalidad inteligente para que esta, posteriormente, finalizara el autoaprendizaje mediante la modificación del código, los algoritmos, e incluso la tarea para la que había sido programada. Una prueba indiscutible que demostraría una creatividad real sería ser capaz de conocer qué gusta y duplicar la exquisitez en otro campo estético.

Alan Turing¹¹ apuntaba en esta dirección en 1950 en el artículo *Computing machinery and intelligence*:

«¿Por qué no intentar producir un programa que simule la mente del niño? Como un mecanismo que está lleno de hojas en blanco, la mente de un niño es un sistema que podría programarse fácilmente.»¹²

Evidentemente, para tal propósito la máquina requerirá, en las primeras fases, una mayor implicación humana, por no estar suficientemente avanzada en su desarrollo inteligente. Indudablemente esta implicación es un requisito fundamental para obtener unos mínimos creativos, ya que por su inmadurez las primeras líneas programadas se llevarían a cabo de manera bastante deficiente; pero luego, según la máquina se fuera entrenando, se vería un desempeño mejor que el de los humanos.

Los códigos más evolucionados no siempre serán los más complejos, sin embargo, con ellos se ahorraría tiempo y trabajo a los programadores y se podrían mejorar notablemente sus capacidades y su rendimiento, sobre todo si el contexto es favorable a esta creación.

4.1. ¿Qué es la creatividad?

Aunque no se sabe con exactitud cuándo surgió la creatividad, tal y como la entendemos en los humanos, se calcula que nuestra compleja capacidad de razonamiento dio muestras de creatividad muchos años después de surgir el homo sapiens.

11 Alan Mathison Turing (Londres, 1912 - Wilmslow, 1954) es considerado el padre de la informática moderna, en algunos de sus numerosos estudios demostró que había problemas sin solución algorítmica; pero, por fortuna, se está viendo que la inteligencia artificial y la creatividad, con instrucciones y pasos sucesivos, pueden funcionar y resolver muchos de esos problemas..

12 Mientras no se indique lo contrario, conviene precisar que los textos que de aquí en adelante se aportan han sido traducidos del original en inglés por el autor de este trabajo. Cabe señalar que también los gráficos son adaptaciones propias, remodeladas a partir de otras de dominio público en las materias correspondientes.

Es muy probable que el desarrollo de la creatividad artificial nunca explique cómo se produjo esta evolución ni cómo trabajan los procesos cognitivos que influyen en nuestra mente cuando genera una nueva idea. Pero no significa que para esto no haya una explicación científica o que la creatividad no pueda modelarse y reproducirse artificialmente; de hecho, el desarrollo de la creatividad artificial puede ser una buena vía para que los neurocientíficos, artistas digitales o psicólogos aclaren la cuestión.

Ken Robinson¹³ afirmaba sobre la creatividad que:

«Mi opinión es que todo el mundo tiene facultades creativas y que se pueden desarrollar; pienso que decir que no eres creativo es como cuando alguien dice que no sabe leer; cuando alguien dice eso, no entendemos que sea incapaz de leer y escribir, sino que pensamos que lo que nos está diciendo es que no ha aprendido a hacerlo todavía, que todavía no ha estudiado lo necesario, que nadie se lo ha enseñado. Creo que sucede lo mismo con la creatividad: cuando alguien dice que no es creativo, simplemente significa que no ha estudiado lo que corresponde y que no lo ha practicado. A veces se cree que la creatividad se limita a las personas especiales, y no es así.»

En otras palabras, ser creativo significa que estás predispuesto a pensar nuevas ideas, abierto a encontrar las diferentes formas de resolver problemas. Pero no olvidemos que nada surge de la nada; la creatividad no se da simplemente por ser un artista o no, sino que toda obra o idea creativa requiere un trabajo previo. Además, a cualquier persona se le pueden inculcar posibles respuestas a desafíos que demanden un cierto planteamiento creativo. Y algo parecido se puede hacer mediante la inteligencia artificial; así se explica cómo algunos artilugios pudieron ser entrenados para jugar al ajedrez.

Sin embargo, una persona aislada de la sociedad puede ser inepta para desarrollar y modelar capacidades que se considerarían típicamente humanas, como sería el caso de la creatividad. De lo que se deduce que, para alcanzar este objetivo, así como también en el caso del estudio, se requiere comunicación e interacción social.

La duda que nos surge es si, al copiar patrones humanos, se podría conseguir una cierta autonomía inteligente. Los expertos pueden pensar que sí, pero depende de la dificultad, ya que algunas tareas se consideran más fáciles que otras. Al fin y al cabo, no es lo mismo desarrollar una nueva idea, que intentar modificar una existente y ya vista. Por este motivo, para sacar en limpio alguna explicación científica de cómo una máquina crea a partir de cero una imagen en particular, se debería retroceder y entender por qué el *software* crea determinadas formas según su código, cómo es su diálogo interior o cómo funciona esta máquina.

13 Sir Kenneth Robinson (Liverpool, 1950) es un divulgador, asesor internacional y pedagogo experto en educación creativa que ha dirigido varios proyectos para acercar el arte a las aulas.

Como cuando nos surge una idea, tenemos que intentar establecer su génesis. Lógicamente, hay una gran diferencia entre considerarse inteligente para intentar imitar algo sin conocerlo suficientemente o ser verdaderamente inteligente y crear algo con intención desde el conocimiento. Los resultados de estos dos supuestos son muy diferentes, aunque en ambos casos se pueda parecer creativo.

Por otro lado, hay que tener en cuenta las características que ayudan a conseguir un buen resultado creativo, es decir, aquello que hace posible ser inteligente en lo que se refiere a la creatividad y aquello que la entorpece o impide. En este sentido, se podría considerar que uno de los peores enemigos somos nosotros mismos, porque la carga de información cognitiva de nuestro cerebro en muchas ocasiones satura y frena nuestra voluntad creativa. Esto hace que las personas con mucha carga informativa sean menos creativas y demuestra que la creatividad, tanto para humanos como para máquinas, no es una cuestión de cantidad, sino que requiere conocer y decidir para obtener mejores resultados.

Saber no es necesariamente ser inteligente; por tal razón la IA, al no someterse a los apremios y presiones externas de hallar una solución creativa que podrían bloquear una mente biológica, puede ser de mucha ayuda para afrontar tareas para cuya realización los humanos no son tan propensos. Por otra parte, cuanto mayor es el grado de originalidad que requiere una tarea, más complicada será de llevar a cabo para un autómatas.

De ahí que, por ejemplo, para el *software* sea más difícil escribir el texto de un reportaje sencillo que redactar una noticia financiera basada en un montón de datos concretos. Evidentemente hay muchas diferencias entre nuestro cerebro, biológico, y el de los ordenadores, binario, para que se pueda encontrar una explicación del funcionamiento que sea válida para ambos.

Por lo que se refiere a los humanos, según los estudios de Guilford¹⁴ (1951) sobre los que posteriormente han profundizado otros psicólogos, a grandes rasgos hay dos estilos cerebrales elementales: el convergente y el divergente. Ninguno de los dos es el mejor, sino que lo ideal es la complementariedad entre ambos. Podríamos decir que la persona de pensamiento convergente procura plantear las soluciones de una forma lógica y a establecer relaciones convencionales. Por el contrario, el contrario, los que se inclinan por un pensamiento divergente tienden a utilizar reflexiones más irracionales o «marginales» y buscan soluciones innovadoras. De todas maneras, en ambos casos se establecen paralelismos cerebrales similares, y curiosamente también son similares dichos paralelismos cuando se usa la imaginación.

Profundizando más, la inteligencia y el conocimiento que de ella se obtiene dependen de la forma en la que se aprende. Los humanos, en el sentido más amplio, compartimos todos un ADN cultural¹⁵ que hemos aprendido. Por el contrario, las máquinas no, por lo que no estaría desencaminado que en ellas se duplicara este ADN para conseguir mejores resultados creativos.

14 Joy Paul Guilford (Nebraska, 1897-1987) fue un psicólogo norteamericano conocido por medir las capacidades psíquicas de la inteligencia creativa y despertar la curiosidad de otros científicos sobre esta especialidad.

15 En el argot informático, el ADN cultural podría ser el equivalente al *Big Data*. *Big Data* (Macrodatos en español) es un término específico que se utiliza para expresar el conjunto de datos o sus combinaciones que por la cantidad, la complejidad y el aumento de estos datos, dificultan el procesamiento mediante tecnologías convencionales.

4.1.1. Conocer

La existencia de este ADN cultural inclina a pensar que los pensamientos que se originan en la imaginación no son totalmente nuevos, que tienen su raíz en iconografía ya existente. Como la bola de nieve al rodar, el pensamiento propio engloba el bagaje, las experiencias, los conocimientos, la forma en los que quien lo gesta ha sido educado. Por tanto, cuanto mayores sean las experiencias vitales del individuo, su bola de nieve, mayores serán las posibilidades de encontrar una relación que conduzca a una idea creativa nueva.

Boden¹⁶ (1983) lo resumía así en *Inteligencia artificial y hombre natural*:

«Quizás los nuevos pensamientos que se originan en el cerebro no sean completamente nuevos, porque tienen semillas en representaciones que ya están en la mente.»

La máquina no tiene herencia cultural ni vivencias, por lo tanto, para favorecer que la creatividad artificial «conecte» con el contexto en el que se pretende desarrollar individualmente cualquier obra de arte es necesario tener la máxima información posible sobre dicho contexto. Para ello, por ejemplo, se podría grabar un código universal enciclopédico que podría contener reglas culturales o definiciones simbólicas que se transmitirían directamente al autómatas, además de mostrarle los mejores ejemplos creativos de obras ya existentes o de hacerle interactuar en un contexto cultural.

La forma en que los expertos almacenan la información en los artilugios dotados de inteligencia es vital, porque no es tan fácil garantizar que esta información se procese tal y como lo haríamos los humanos. Además, como ya hemos dicho, la información por sí sola no garantiza el éxito, y más en una sociedad tan efervescente, por tanto, la información, que se organiza en cadenas de datos, ha de apoyarse en un hilo conductor; así dejan de ser simples datos, números y cifras para pasar a ser conocimiento empírico.

Las máquinas, probablemente, nunca tendrán pensamiento consciente tal y como lo tenemos las personas y, lógicamente, sin unos pilares conceptuales consistentes en los que apoyarse, el ordenador no puede conocer qué es relevante y qué no lo es. Pero esta carencia no es una razón suficiente para negar el potencial que brinda la inteligencia artificial para la creatividad.

Además, muchos de estos conceptos se le pueden aportar al ordenador desde las imágenes, la simbología, ya que estas nos reflejan una mayor comprensión directa de la realidad. Al fin y al cabo, conocer no es más que interpretar y poder extraer la información de los ejemplos y situaciones que surgen del día a día.

La información conlleva el desarrollo discriminatorio de descripciones, esquemas interpretativos y, porque no, también mejora percepciones. Todo esto representa el ADN cultural de la computadora y se debería revisar constantemente. Así, los ordenadores podrían diferenciar entre lo que es interesante creativamente y lo que no lo es.

¹⁶ Margaret Ann Boden (Londres, 1936) es una investigadora pionera en el campo de la inteligencia artificial por incorporar en sus estudios disciplinas como la filosofía, la psicología y la informática.

También es verdad que muchos estímulos simultáneos hacen perder el control de la «atención», pero así se rompen los esquemas binarios propios de la máquina, que pueden llegar a ser demasiado rígidos. Por este motivo, desde el inicio en que se programa, este código cultural, este ADN, constituye la consciencia cultural de la computadora y resulta fundamental para el desarrollo de cualquier proyecto que esta utilice.

4.1.2. Imitar

Otra característica clave de la creatividad sería la imitación. Sin embargo, como mencionábamos anteriormente sobre lo que deberíamos conocer y lo que no, es también fundamental percibir qué se debe copiar y qué no.

En los humanos existen algunas premisas mentales básicas que se ven potenciadas por el procesamiento en paralelo de nuestro sistema neuronal. Así, por ejemplo, somos capaces de captar en las instantáneas que percibimos una composición en su conjunto, reconociendo las relaciones adyacentes entre ellas, o entre sus componentes, y también somos capaces de reconocer patrones preestablecidos. Por el contrario, una máquina tendría un comportamiento totalmente diferente, reconocería primero las relaciones adyacentes y después su conjunto para componerlo.

Evidentemente, este mecanismo de percibir globalmente aquello que vemos lo utilizamos ampliamente en más tareas, ya que hemos evolucionado para aprovechar las ventajas que aporta el hecho de que nuestro cerebro reconstruya, automáticamente y con rapidez, las representaciones para facilitar una interpretación concreta en un escenario determinado.

Este comportamiento tiene que ver con la heurística¹⁷ se emplea prácticamente todo el tiempo y sin embargo no es del todo fiable. Por eso, para la evolución de la percepción y la imitación por parte de una máquina, también es necesario recrear la plasticidad propia de las neuronas. Esta plasticidad ayuda a que no se dejen engañar por ilusiones ópticas que juegan con nuestra percepción visual, como pasa con las ilusiones gráficas en las que creemos ver líneas paralelas donde no las hay.

Así, la heurística es otro componente de la creatividad que no obstante, sin resultar una característica desfavorable, nos puede llevar a interpretar erróneamente determinados hechos. Pero por otra parte, más a menudo de lo que parece, de la imperfección nace la experimentación, pero ha de estar respaldada siempre por un concepto que apoye y absorba estas nuevas formas artísticas, a pesar de que, inicialmente, pudieran resultar revolucionarias. Si examinamos ejemplos parecidos de arte generado por máquinas, las habilidades de estas pueden basarse potencialmente en este componente de la creatividad para desarrollar una especie de imaginación. Evidentemente la forma de procesar será distinta de la propia de nuestros cerebros biológicos.

17 La heurística, arte de sacar a la luz, de inventar o descubrir algo, se basa en los razonamientos pragmáticos con el fin de resolver los problemas, captar conocimientos y relaciones entre elementos.

Un sistema de percepción e imitación –que podría desarrollarse mediante redes neuronales– destacaría por las capacidades de categorización que es capaz de ofrecer; puesto que con una retroalimentación correcta, al repetir la tarea, esta se agiliza, por lo que la repetición se convierte en un requisito para lograr la creatividad. Así, las computadoras son capaces de ver en las imágenes qué objetos, formas, siluetas se reconocen y cómo se representan. Esto nos permite aplicar una ingeniería inversa y decir a la máquina que nos represente su propia visión.

4.1.3. Competir

La competición es una forma de acelerar y propiciar un caldo de cultivo apto para aprender conocimientos. Este es el propósito de las conocidas GANs¹⁸ (*Generative Adversarial Networks en inglés*) o redes adversativas, algo que constituye un buen aliado para tareas generadoras, o para un aprendizaje no supervisado.

Una red adversativa constaría de dos redes neuronales diferentes. Una se encargaría de generar (el artista) y la otra de discriminar (el juez). El generador intentaría recopilar los datos para la tarea que haya sido programada, en este caso se trata de concebir obras de arte; paralelamente el discriminador actuaría como un juez o crítico y buscaría los posibles defectos del diseño.

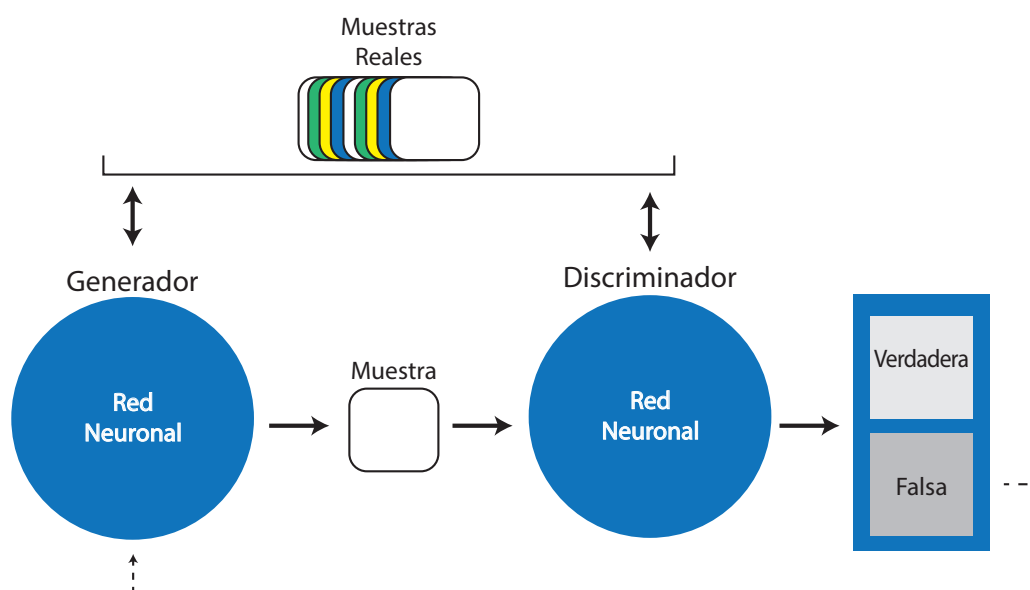


Ilustración 5: Representación gráfica de una GAN.

Esta continua competición entre el artista y el discriminador hace asumir tal nivel de perfección que podría engañar a cualquier ojo humano sobre la autoría de determinada obra. Por esta cualidad, uno de los usos prácticos de esta estrategia más recurrentes es la producción de muestras fotorrealistas. Precisamente las GANs, complementadas con el *Deep Learning*, aumentan el rendimiento en tareas artísticas, como, por ejemplo, las relacionadas con la computación gráfica.¹⁹

18 Es un algoritmo usado por las inteligencias artificiales que se fundamenta en la contraposición de dos sistemas neuronales. Fue introducido, en 2014, por Ian Goodfellow (San Francisco, 1985), ingeniero de *Google Brain*.

19 En este caso, facilita generar imágenes masivas y con poca implicación humana, mediante la

Por otra parte, esta peculiar relación de confrontación comporta que el generador intente maximizar la probabilidad de hacer que el discriminador cometa errores; de esa manera, el discriminador intentará guiar al generador para producir datos más realistas. Es el equilibrio perfecto, puesto que el discriminador capturará siempre los datos generales de la creación hasta llegar al extremo de que el juez no siempre esté seguro de si las introducciones son reales o no.

Esta competición suma a la fórmula una capacidad más que permite que la máquina cambie y mute para maximizar el rendimiento. Este proceso cíclico es comparable al que sigue un artista después de la producción de la obra, momento en el que se impone un periodo de reflexión conceptual y artístico sobre lo creado. En este proceso, primeramente, durante la etapa de producción, se fija qué objetivos, qué restricciones y qué características deben ser considerados para que, después, una exploración conceptual arroje un producto definido y consistente.

4.1.4. La aleatoriedad

En un principio, la aleatoriedad puede parecer incompatible con la creatividad; pero estudiada con más detalle, la psicología sostiene que la capacidad de adaptación que se observa en las neuronas establece diferentes grados de creatividad, alguno de los cuales tendría que ver con lo aleatorio. Por otro lado, históricamente, la imprevisibilidad sí que ha sido relacionada con mentes creativas.

De hecho, se considera difícil de aceptar una comprensión científicamente cuadrículada de la creatividad, ya que la ciencia estrictamente determinista nunca puede anticipar los resultados finales de un proceso artístico a causa de las posibles respuestas inesperadas. Tanto es así que Alan Turing definía la previsibilidad como una conducta para satisfacer al usuario.

Por el contrario, en ámbitos como la elaboración de informes automáticos, observamos que aspectos como la imprevisibilidad no se tienen en cuenta, puesto que su ejecución se considera menos creativa, lo que no da opción de reinterpretación al receptor al que va destinado el mensaje.

Imitar y reconocer van a permitir aumentar las tareas que desarrollan los ordenadores, pero dichas tareas no se deberían limitar solamente a estas posibilidades. Tengamos en cuenta que tanto la previsibilidad como la aleatoriedad tienen su importancia en las artes, aunque las neuronas tienden a ser especialmente creativas en las conexiones aleatorias e imprevisibles.

Además, la flexibilidad y la maleabilidad combinadas se retroalimentan por la gran cantidad de datos que proporcionaría la repetición de la imitación. Sin embargo, aunque la predictibilidad y la aleatoriedad son sencillas de modelar en matemáticas –puesto que son fórmulas, parámetros y algoritmos– plantean una cuestión más filosófica por su naturaleza desconocida.

Las máquinas no compiten en la complejidad orgánica y mutable del mundo tal y como lo hacemos los humanos. Esta necesidad de competir ha sido un estímulo que ha desarrollado la capacidad de los actos creativos como una forma de defenderse de contingencias inesperadas adversas.



Ilustración 6: *Fountain* (1917). Como muestra la fotografía, se trata de un urinario real sin más. Su condición de obra de arte le viene dada por el hecho de que fuera expuesta en el prestigioso museo Tate Modern de Londres y porque el público aceptara tal condición. Fotografía: Alfred Stieglitz.

Pero así y todo, la mente humana es propensa a las mismas contingencias de continuidad y discontinuidad, estabilidad e imprevisibilidad que cualquier otro sistema complejo y así es capaz de comportarse de manera inesperada o incongruente. Esto es lo que permite a las personas generar ideas o conexiones novedosas y sorprendentes y, en última instancia, producir nuevas formas de arte.

Pongamos, por ejemplo, que un generador de la red GAN, pese a sus capacidades limitadas, descubre la forma de engañar a la máquina. El discriminador pasará sus errores para continuar alimentando al autómata con estímulos que se considerarían erróneos, es decir, que se basan en reglas diferentes de las que corresponderían inicialmente. Podría la máquina, por ejemplo, generar retratos que no son realistas pero que resultarían coherentes para la máquina. Si el discriminador hubiera realizado mejor su trabajo, la red GAN hubiera producido una versión más fidedigna de una pintura pero menos singular. De esta forma, la máquina crea su propia versión de la realidad, la cual puede despertar en el espectador impresiones extrañas, sorprendentes, subjetivamente familiares, inquietantes...

4.2. El problema retórico en la creatividad

Finalmente, toda obra creativa tiene un proceso en el que público y autor se cuestionan los métodos de producción y los convencionalismos por los que ha sido creada. Este proceso ha permitido que se debata si algo debe considerarse una obra de arte, una provocación o una mera tomadura de pelo, tal y como ha sucedido con los *ready-mades*, como la célebre *Fuente* o *Urinario* del artista francés Marcel Duchamp (Blainville-Crevon, 1887 – Neuilly-sur-Seine 1968).

En la creatividad artificial que se genera por ordenador, salvando las diferencias, hay un contexto que debe ser compartido por los receptores. Por eso, si se rompe circunstancialmente esta convención básica, se pone en jaque el propio concepto de qué es arte y qué no lo es.

Sobre la frontera del arte y su naturaleza reflexionaron dos expertos norteamericanos en creatividad artificial: Linda Flower y John Hayes²⁰ (1980). Su principal estu-

20 Linda Flower (Wichita, 1944) y John R. Hayes (Pittsburgh, 1941) son conocidos, sobre todo, por su teoría cognitiva sobre los procedimientos creativos en la escritura, es decir, las operaciones intelectuales.

dio planteaba un «problema retórico», conocido también como «situación retórica»: tema, emisor, tipología textual, finalidad, receptor para el que se escribe... Como se ve, se basaba en el arte de la palabra, la literatura, pero se puede aplicar a cualquier producción artística, porque planteaba las preguntas que se considerarían fundamentales al encarar el arte: el qué, el para quién, con qué fin...

Acertar con la forma del producto implica responder estas preguntas y tener unos objetivos claros y definidos a la hora de abordar cualquier tema. Si se elaborara un producto que pudiera gustar a una mayoría social sería porque reflejaría una buena capacidad de adaptación a los menesteres comunicativos. Al fin y al cabo, suele ser general el afán de conseguir un contexto favorable para confluir con el público potencial y lograr de él una mejor predisposición receptiva.

Pero, dejando aparte estos objetivos básicos de un autor, esta búsqueda de «audiencia» no ha impedido, en muchas ocasiones, que rasgos como la sorpresa, la ambigüedad, las excentricidades o la complejidad, afloren en las obras de arte, incluso en las que son fruto de la IA. De todas maneras, no hay que olvidar que cualquier obra, en principio, carece de valor objetivo y es el consumidor quien se lo da y, consecuentemente, su valoración se convierte en parte activa de la contemplación-creación artística.

5. LA ESCRITURA CREATIVA

Allá por los años 30 del siglo pasado, los expertos se cuestionaban si las máquinas competirían en inteligencia en áreas potencialmente complejas para nuestro cerebro; y se preguntaban qué sectores de estas áreas serían los más idóneos para iniciar dicha competición. Actualmente, una parte muy importante de los trabajos de investigación sobre estas áreas complejas se ha centrado en explotar las posibilidades que presentaban las técnicas surgidas del *Deep Learning* aplicadas a la creación literaria. En esta, uno de los aspectos más esenciales que demuestra que se es creativo es el uso de la narrativa, puesto que toda obra tiene su historia, su concepto y su idea.

En este campo cuya materia prima son las palabras, en el ámbito computacional también es productivo aplicar el proceso de creación basado en el conocimiento, la percepción y la imitación. Aquí también hay que tener en cuenta que es posible que se creen incorrectamente formas y estructuras expresivas y que necesiten ser modificadas con una revisión continua y sistemática que les dé progresivamente la coherencia necesaria. Pero para que este proceso de revisión sea efectivo es necesario que el autómatá esté entrenado de manera que también las conexiones entre conocimientos enciclopédicos sean cualitativa y cuantitativamente lo más relevantes posibles.

Tanto en prosa como en verso, después de contar con un buen bagaje de conocimientos, el paso siguiente que se está empezando a experimentar es que la máquina tenga más sentimientos. Para esto es necesario encontrar la manera de sustituir la intervención directa humana por programas más perfeccionados y creativos. Se trata de encontrar palabras y frases que enriquezcan el contenido y aporten algo semejante a la capacidad imaginativa o la sensibilidad de los humanos, algo que los expertos ya están aplicando actualmente.

tuales mediante las cuales una persona logra escribir un texto.

5.1. La cadena Markov

Un factor esencial para obtener en la escritura un rendimiento aceptable pasa por conseguir que sea máxima la capacidad de relaciones entre los conceptos que se plasman. Aunque existen técnicas más simples y otras más complejas, con ese objetivo el científico ruso Markov, en 1906, elaboró un algoritmo simple que conocemos como Cadena Markov²¹. Dicho algoritmo, basado en conceptos más antiguos, podríamos representarlo mediante el esquema siguiente:

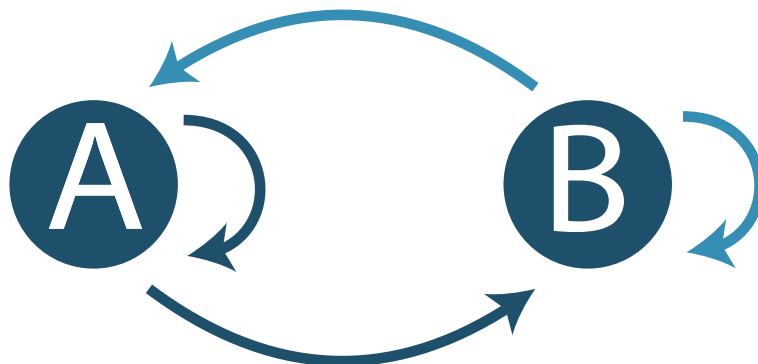


Ilustración 7: Representación gráfica de la Cadena Markov.

Este gráfico representa un proceso que se aplica en la inteligencia artificial para la generación automática de resúmenes, la simplificación, o la redacción automática de artículos. Los pasos que sigue se inician con la revisión de un borrador (A) y la consiguiente reescritura con el propósito de conseguir un texto resultante (B) que incorpore ciertas características específicas dictadas por el usuario, o bien que aporte la propia máquina.

5.2. La historia, el nivel fáctico

Junto con el nivel conceptual o temático y la expresión de determinados sentimientos e inquietudes, como acto epistemológico es importante la historia, lo que se quiere contar. Muchos especialistas han intentado responder a la pregunta de qué es una historia a partir de una definición rígida de esta, pero hay que tener en cuenta también los procesos que explican por qué se cuentan historias o cómo se organiza su estructura lingüísticamente para crear su principio y su final. Con ese objetivo estructural, Nicolas Szillas plantea un modelo narrativo básico en *Interactive drama on computer: Beyond linear narrative* (1999). Según este modelo, en el inicio de la historia surge el elemento del conflicto cuando el personaje desea alcanzar un objetivo determinado que choca con sus propios valores o con la oposición del entorno.

Por su parte, Michael Schroeder plantea, en *How To Tell A Logical Story* (1999), que en una historia es más importante la cadena lógica de los hechos y cómo esta determina la resolución del conflicto. Su sistema, conocido como *Ultima Ratio*, permite visualizar formalmente los eventos, el nivel fáctico, así como especificar un agente y el contexto temporal y espacial en el que se desarrolla la peripecia de este.

²¹ Creada por el matemático ruso Andrei Markov (Riazan, 1856 (Julia) – Sant Petersburg, 1922), se trata de un proceso según el cual un elemento depende del paso anterior para progresar.

En cierta contraposición y complementariedad con las teorías comentadas, Paul Bailey, en *Searching for Storiness: Story Generation from a Reader's Perspective* (1999) explica que la historia es fundamental y que es necesario planificarla para conseguir el mejor y mayor efecto en el lector. La concibe como un rompecabezas en el que cada pieza se va uniendo consecutivamente sin repetirse después. Para que el seguimiento sea efectivo registra los sucesos que más huella psicológica dejan en el receptor, en relación con la progresión de la trama, para asegurar un impacto mayor en este y, por tanto, una aceptación mayor.

Conviene decir que los autores nombrados plantean fórmulas que pueden ser aplicadas a las máquinas inteligentes para planificar sistemáticamente sus procesos narrativos de manera que nos lleven a los resultados deseados.

Por su parte, Selmer Bringsjord²² y Dave Ferrucci²³ discrepaban de los autores anteriores, tal y como se refleja en *Brutus* (1999). Para ellos, lo que define a la historia, al nivel fáctico, es que es indefinible, o no se deja encajar en una definición simple, ya que además, la historia es fundamentalmente indecible pero es muy importante. No ocurre como, por ejemplo, en los *haikus*, ya que este tipo de poesía se puede mirar y disfrutar sin que captemos un sentido claro y concluyente.

Un ejemplo de la dificultad de prever la evolución de las tramas narrativas lo encontraríamos en muchos de los guiones de David Lynch²⁴. La singular filosofía cinematográfica de este director hace que en algunas de sus películas, cree una atmósfera misteriosa en la que la mezcla de lo vivido con lo soñado distorsiona o dificulta la comprensión completa y correcta de la historia por parte del espectador. Además, en «narradores» como este es imposible encontrar un molde único en el que encaje la mayoría de historias y que sirva para explicar la progresión de los hechos. Hay infinitas posibilidades en las que la trama y las subtramas se pierden y se mezclan; al fin y al cabo, las estructuras menos convencionales son las que funcionan mejor.

De todas maneras, aunque se trate de una creación irreal, lo importante es su efecto emocional en el receptor para producir el concepto o la imagen. Slavoj Žižek²⁵, en línea con lo anterior, hablaba de «hiperrealismo posmoderno»²⁶ y señalaba cómo la pérdida del principio de realidad, paradójicamente, sirve para mostrar la noción de lo real que no se puede decir ni representar como tal. Es una manera de que la historia tenga sentido, porque, de una forma u otra, el pensamiento siempre produce sentido; es más, aquello que permanece sin solución resulta dinámico y da impulso, movimiento, al relato.

22 El norteamericano Selmer Bringsjord (Brown, 1958) es un experto de la Inteligencia artificial y la ciencia cognitiva.

23 David Ferrucci (Rensselaer, 1971) es un biólogo y científico computacional. En IBM dirigió el proyecto *Watson*, un artefacto informático que, capaz de responder preguntas en lenguaje natural, ganó un concurso de televisión.

24 El norteamericano David Lynch (Missoula, 1946) fue nominado tres veces al Oscar como mejor director y está considerado como uno de los representantes más genuinos de la corriente surrealista en el cine.

25 Slavoj Žižek (Ljubljana, 1949) es un filósofo y sociólogo esloveno que desde el marxismo y el psicoanálisis elabora una perspectiva particular del mundo y la cultura popular, sirviéndose, entre otros ejemplos, de las películas de Lynch.

26 El hiperrealismo postmoderno que propone Žižek abraza la metafísica de la realidad, reprochando

5.3. El modelo creativo de Flower y Hayes

Cabría añadir a lo dicho que los modelos existentes hasta ahora para lograr la escritura mecánica, la creatividad literaria artificial, se basan principalmente en una revisión continuada de borradores diversos del texto que se está redactando. Con esta revisión se pretende hallar la solución dentro de los parámetros que se le han marcado a la máquina o que la propia máquina tiene. Sin embargo, es frecuente que la retroalimentación surgida del análisis de un borrador no conduzca a modificar de manera directa el estilo del escrito, sino a redefinir las normas de funcionamiento que, de forma más o menos restrictiva, guían el proceso.

Linda Flower y John Hayes (1980) sugieren un modelo que tiene muy en cuenta las ya citadas restricciones a la creación computacional para componer textos²⁷. Para que un planteamiento creativo artificial sea efectivo intentan reproducir nuestra propia concepción de escritura, a partir de tres pasos básicos:

1. La planificación de las ideas que se quieren transmitir.
2. La traducción de estas ideas de sistema binario, propio de la máquina, a texto.
3. La revisión de los resultados obtenidos con el fin de mejorarlos.

La planificación no solo implica a la máquina en el proceso de concebir ideas, sino que también requiere establecer un sistema que controle las restricciones predefinidas, sean estas impuestas por el programador o generadas por ella misma. Se trata de configurar, desde dicho control, la futura forma o el orden en que esos conceptos se van a presentar, algo que es básico para llevar a cabo los demás procesos. Como segundo paso, la traducción estructuraría las ideas en el discurso lingüístico, para ello se basaría en los recursos y reglas de funcionamiento del sistema lingüístico correspondiente: desde los más elementales, como la ortografía, a los más sofisticados, como los rasgos diferenciales de cada género narrativo. También marcaría un orden lógico del relato y nuevos requisitos a partir de lo que ha aprendido. Finalmente, el proceso de revisión consiste en evaluar, mediante un análisis, el texto resultante.

El modelo de Flower y Hayes hace que afloren los contrastes entre estilos diferentes de composición, ya que escribir ensayos u otro tipo de textos más funcionales, en la mayoría de ocasiones, no requiere el mismo grado de creatividad que un relato de ficción o un poema. Por lo que se ve, la planificación de la escritura se podría entender como un proceso de resolución de problemas en los que el escritor es la pieza clave de la creatividad, ya que este, a la vez, es pensador, diseñador del texto y quien da la información a la máquina creadora.

Con los modelos que acabamos de ver, en estos últimos 20 años, se han desarrollado sistemas computacionales relacionados con la creatividad literaria, tanto para generar narrativa como poesía. Dichos sistemas han tenido en cuenta los requisitos que el texto o los diferentes tipos de historia que se intenta contar requieren.

que, como sociedad moderna que somos, promovamos valores escépticos, relativos y que niegan siempre lo absoluto.

²⁷ Véase el apartado 4, referido a la creatividad, sobre todo el punto 4.2. sobre el problema retórico en la creatividad.

5.4. Los textos informativos automatizados

En esta categoría entrarían procedimientos con los que los expertos en inteligencia artificial adiestran a la computadora para que escriba textos simples de no ficción. Se trata de aplicaciones para implicar al autómeta a fin de que aproveche su propia experiencia creativa. En este caso, los datos y la manera de tratarlos son sencillos, ya que, por ejemplo, la información específica de noticias puede ser repetitiva y redundante. De hecho, solo requeriría planificar y combinar la información de la forma adecuada, y la aplicación del algoritmo completaría el trabajo. Este trabajo partiría de un diseño estructural previo que le serviría de base para automatizar la escritura, el ensamblaje de las piezas.

Pese a no ser tan complejo como la creación ficcional o la poética, no por eso es este un campo creativo que tenga menos interés. De hecho ya es una realidad. Sus tácticas ya se están llevando a la práctica, de manera que son numerosas las empresas que, usando la inteligencia artificial, generan textos informativos como artículos periodísticos y resúmenes de escritos, de acuerdo con los convencionalismos propios de cada género. Por ejemplo, *The New York Times*, una de las cabeceras periodísticas más difundida, influyente y prestigiosa a lo largo de la historia, está utilizando la creación escrita automática para la producción, la gestión de contenidos y la optimización de sus resultados. Por su parte, *Associated Press*, *Yahoo*, o *Acuweather* llevan algunos años (más o menos desde 2014) utilizando los programas de *Automated Insights* para generar presentaciones de este tipo: desde informes sobre la situación económica de empresas públicas hasta clasificaciones de las ligas deportivas de turno.

Los directivos de estas agencias afirman que la inclusión de estos peculiares «trabajadores» en sus empresas ha permitido ahorrar un 20% de tiempo, tiempo que se ha podido invertir en mejorar las publicaciones hechas por redactores humanos.

5.5. Autómetas poetas

Poem.exe y *Poetry Bot*, por sus prestaciones, implicarían un paso más allá en el arte de la palabra. Se trata de programas capaces de captar y recrear la maestría que encierran los poemas y posteriormente publicarlos en redes sociales. Cuentan con una base de datos de versos que les permite, al azar, seleccionar uno de los aprendidos y reinterpretarlo para crear otra obra diferente. Incluso, *Poetry Bot* tiene tal sensibilidad y temperamento de artista que, según su juicio artístico, decide como creador si se tiene que publicar o rechazar el poema.

El procedimiento puede parecer simple, ya que sustituye aleatoriamente unas palabras por otras que se asemejan o que pueden encajar en contextos lingüísticos similares. Así, «gato», por ejemplo, puede convertirse en «perro», y, a partir de ese nuevo elemento y las posibles relaciones conceptuales, morfosintácticas y sonoras a las que da lugar, el artefacto genera –bien de forma deliberada o bien inconscientemente– una nueva idea, una nueva creación poética. Una característica fundamental aquí, en términos de creatividad, es que lo que el autómeta produce es nuevo incluso para él mismo, algo casi imposible para los humanos.



my spring is just this
a hell
with tearful eyes



dark forest
would always remain this way
gazing at flowers



today I dreamt of blue light

Ilustración 8: Capturas de pantalla de las poesías escritas por *Poem.exe* y *Poetry bot* en las que se pueden observar las habilidades que demuestran estos programas informáticos.

Técnicamente, esta aplicación, aunque pueda resultar más sencilla que la usada en el caso de la información automatizada, que veremos en el apartado 5.5., es una primera aproximación común y fácil del arte con máquinas. La poesía es uno de los géneros en los que se aplica la creatividad de la inteligencia artificial y, en este como en otros casos, se basa en conocer e imitar el arte. Por tanto, el nivel de éxito dependerá de lo bien dotado que esté su banco de datos y de lo entrenada que esté la computadora en combinar las ideas. Los datos que se le han proporcionado son conocidos, pero los algoritmos se encargan de explorar las combinaciones para que estas sorprendan por lo inusual y novedoso de su hallazgo.

Se puede decir que este tipo de *bots*²⁸ combina técnicas conceptuales de vanguardia que muestran un alto potencial expresivo e incluso dan muestra de cierto compromiso social. Al hablar de «compromiso» nos referimos a la filosofía de la cultura abierta que impera en estas producciones poético-computacionales y facilita y amplía el acceso al arte a una comunidad humana popular. También es destacable que, en contrapartida, la comunidad y los desarrolladores de estos programas apoyan el proyecto.

5.6. Benjamín, el ordenador guionista

Para la inteligencia artificial, la creación de textos informativos automatizados, como la que acabamos de comentar (apartado 5.5), o la generación de formas poéticas (apartado (5.4) resultan menos difíciles que la ficción en prosa, ya que esta requiere ensamblar frases y periodos más complejos, extensos y significativos. Sin embargo, a medida que se desarrolla esta tecnología creativa, se están construyendo artefactos inteligentes más eficaces a la hora de escribir, también en prosa. Incluso es posible ir más allá –tal y como demuestran el director Oscar Sharp²⁹ y el científico de datos Ross Goodwin³⁰– y crear un texto que sirvió de base para filmar un corto de ciencia ficción *Sunspring* (2016).

28 Utilizado como una abreviatura de robot, es un *software* que imita el comportamiento humano, sobre todo, para ejecutar rápida y automáticamente tareas específicas repetitivas y monótonas.

29 El director nominado al *BAFTA* Oscar Sharp (Londres, 1989) estudió en la *NYU Graduate Film* y es conocido por el largometraje *Woolly* para *20th Century Fox*.

30 Ross Goodwin, (Los Ángeles, 1989) es un técnico creativo y artista que utiliza las nuevas tecnologías para realizar formas e interfaces en el lenguaje escrito.

Este corto se estrenó en el *48 Hour Film Challenge del Sci-Fi London Film Festival*³¹, con un guion en cuya elaboración tuvo mucho que ver Benjamín, una máquina que aprendió a escribir siguiendo el patrón creativo de muchos otros guiones de este género.

Así pudo ingeniar una historia que transcurre en una nave espacial con tres personajes, y pudo urdir una trama que aborda el amor y las relaciones humanas. Pero, además de la génesis de la historia, se logró un avance importante: reflejar la perspectiva de la máquina sobre aspectos estrictamente humanos. Sin embargo, todos estos componentes se verbalizaban mediante un diálogo que, como poco, podríamos calificar de disperso, extraño y a menudo incoherente. Esto nos lleva a la conclusión de que la escritura de guiones cinematográficos implica mucho más que personajes, tramas, historias, ubicaciones, acciones, reacciones...

Por otro lado, también se debe valorar que, para bien o para mal, y como ocurre en todas las películas, el corto pasó por varias manos y que estas modificaron la propuesta originaria del escritor automatizado. Como explican Sharp y Goodwin, primeramente, el guion, para el concurso del *Sci-Fi London Film Festival*, fue encargado a Benjamín con las limitaciones en las que tenía que basarse. Posteriormente, el director y el resto del equipo de producción redujeron la versión inicial, porque rebasaba los cinco minutos que permitían las bases del concurso. Después está la versión que creó el director de actores y lo que, a su vez, Thomas Middleditch³² y el resto de intérpretes añadieron, mediante sus inflexiones, emociones, movimientos..., a veces en contra del sentido y del propio contexto.

Por si esto fuera poco, tenemos que tener en cuenta que, finalmente, existen las innumerables versiones que cada espectador crea al proyectar sus propias experiencias e ideas sobre lo que está viendo. Esto nos tiene que hacer pensar que todo no depende del guion y que este no tiene en sí mismo un significado único y objetivo. En todo caso, el corto de ciencia ficción y la forma en que fue escrito no es más que un experimento que demuestra la importancia de la creatividad argumental y también los múltiples pasos que hay que seguir dando en pos de su consecución.

Un año más tarde, Benjamín escribió *It's No Game*, protagonizada por un productor de Hollywood que despreciaba la huelga de guionistas porque disponía de una inteligencia artificial para sustituirlos y convertirlos en totalmente prescindibles, sobre todo de cara al futuro. Así, la máquina se mostraba mucho más madura no solo en su capacidad creativa, sino también en su capacidad de incorporar a la ficción que creaba su realidad como artefacto. También muestra la madurez de Benjamín y da un mayor rendimiento y optimización a su capacidad operativa y planteamiento de los datos, el hecho de que los ingenieros lo dotaron de sus propios ojos, añadiendo una cámara. Esta, conocida como *Word.Camera*, llevaba incorporado un sensor capaz de describir en tiempo real, de manera precisa, las fotografías tomadas utilizando redes neuronales artificiales. Para ello etiquetaba lo que el ojo de la máquina observaba y buscaba relaciones entre imagen y palabra mediante plantillas conceptuales preestablecidas.

31 El *Sci-Fi London* es un festival internacional que reúne cortos y películas del género de ciencia ficción. Lo más llamativo es que plantea el reto de realizar un corto en 48 horas.

32 Thomas Middleditch (Nelson, 1982) es un actor canadiense conocido por el papel de Richard Hendricks en la serie *Silicon Valley* de HBO.

Como podemos apreciar, con las nuevas formas de conceptualizar el arte por parte de las máquinas, los resultados mejoran notablemente. Para comprobar estas capacidades, en este caso como guionista, nada mejor que leer un párrafo escrito por la computadora en el que nos transmite su percepción a través de la cámara. Incluso nos muestra sus posibilidades de abstraer y pensar, como artista, en perspectivas y colores, sin que falte una muestra de su capacidad para reflejar lo que siente:

«Un primer plano de un reloj en un muro. Son las cuatro de la mañana. No soy tan especial y no retrasaré que la habitación se aleje de la puerta y las piedras empiecen a brillar. El silencio está mal acabado. En algún lugar de la calle comienzo a ver los árboles. Damas y caballeros, estoy experimentando emociones.»



Ilustración 9: Ross Godwin y la *World Camera* en funcionamiento.

Entender la acción es fundamental para el planteamiento de un guion, y enseñar a observar también mejora su construcción. Pero para que este proceso se pueda llevar a cabo mecánicamente es necesario que las palabras, incluso las cotidianas, sean suficientemente comunicativas. El trabajo de crear y combinar vocablos con gran riqueza de significado es del escritor, pero este, junto con la habilidad de la máquina, podrá multiplicar las habilidades comunicativas. Se podría decir que es una fusión orgánica de la mente humana, analítica, y la de la máquina, creativa. De hecho, se podría argumentar que la primera es una computadora orgánica que está procesando grandes cantidades de información que, en este caso, servirían para crear lo que, procesado por la máquina, se transformaría en un guion.

En palabras de Ross Godwin (2016):

«Me inclino a creer que tal transformación sería positiva, ya que nos permitiría llegar más allá de nuestras capacidades nativas de escritura y producir un trabajo que refleje mejor nuestros pensamientos y nociones internas sin palabras.

Cuando enseñamos a las computadoras a escribir, las computadoras no nos reemplazan, sino que en cierta manera, se convierten en nuestras plumas, y nos convertimos en más que escritores. Nos convertimos en escritores de escritores.»

Viendo el proyecto Benjamín, queda patente que aún nos faltan pasos para que los autómatas puedan por sí solos originar totalmente un producto audiovisual. Pero para avanzar en ese camino, la capacidad de narrar, a partir de la experiencia humana, ha de ser el agente organizador que la convierta en trama.

5.7. Hacia una realidad narrada

Para afianzar esta progresión protagonizada por Benjamín, el siguiente paso que muchos proponían pasaba por conseguir que la narrativa computacional tuviera más en cuenta la fuerza de las palabras, la originalidad de la estructura, la riqueza de los conceptos, etc. Por esta vía apostaron investigadores interdisciplinarios como los del grupo que dirigían Michael Travers y Marc Davis en el *MIT Media Lab*³³ (*Massachusetts Institute of Technology Media Lab*). Ellos llamaron a esta área de trabajo «Inteligencia Narrativa» (NI). Por otro lado, Ross Goodwin también hacía referencia a este concepto, pero llamándolo Realidad Narrada:

«Otra ambición mía es promover un nuevo marco al que he estado llamando Realidad Narrada. Ya tenemos Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR), por lo que tiene sentido ofrecer otra opción: Realidad Narrada (¿NR?).»

La narrativa no es un término unívoco, sino que nos lleva a un conjunto de conceptos estrechamente ligados a un discurso humanista. Se trata de un discurso en el que el peso recaiga menos en la parte visual y nos centremos más en cómo perfeccionar los usos actuales de la narración expresada lingüísticamente. En ese sentido, según Mateas y Sengers³⁴ (2003), en psicología, la narración es «una forma con la que los humanos le dan sentido al mundo». Como se ve, otra vez parece fundamental partir de una concepción orgánica analítica de la mente para comprender las formas en que una máquina compone un relato.

33 MIT Media Lab es un laboratorio de investigación sobre tecnología, arte, ciencia y diseño, en el que se gestan publicaciones, experimentos e inventos relacionados con la tecnología.

34 Michael Mateas y Phoebe Sengers son unos pioneros expertos en la investigación de la inteligencia narrativa.

Lo dicho nos hace pensar que, si los expertos no progresan en el conocimiento de la mente, no van a ser capaces de construir los algoritmos con los que se puedan programar las máquinas. Por este motivo, asegurará más posibilidades de éxito, antes de recrear imágenes, perfeccionar narraciones coherentes y precisas. Además, analizar y recrear las propiedades en las que se basan estas narrativas es la única forma de construir las nuevas técnicas para expresarla NR (Realidad narrada).

En el arte y en la vida humana, la narrativa es una forma de representación profundamente arraigada y muy potente. Sin embargo, gran parte de la práctica artística contemporánea cuestiona alguna de sus formas de expresión y apuesta por la exploración de los límites, la ruptura de la mimesis y la hibridación de algunos de sus modos para crear otros nuevos. Por eso, aunque en sus trabajos se basen en la narración, los artistas rara vez lo hacen de forma directa y denotativa, sino que, más que emplear un lenguaje figurado narrativo estándar, disponible dentro de su cultura, ironizan, trastocan y subvierten la expresión desde una posición de extrema autoconciencia cultural. Para aquellos que estudian la inteligencia narrativa, la práctica artística es un recurso metodológico útil para exponer y explorar la maquinaria cultural a menudo inarticulada que respalda la representación narrativa.

Al construir textos narrativos a partir de los datos analizados, la máquina crea su propia versión de su mundo. Así, aunque esta versión sea incompleta, tal y como ocurría en el proyecto Benjamín, permite aumentar el rendimiento final. Además, estos artilugios parten con una clara ventaja sobre los humanos, ya que la suya no es una visión frenada por el ego del artista, que constantemente se cuestiona a sí mismo y piensa en exceso.

La inteligencia narrativa debe beber de los conceptos de muchos campos de estudio. Ahora son más usuales las nociones científicas, sin embargo, también deberían ser de gran interés las humanistas, ya que son fruto de la experiencia humana y pueden influir de manera fructífera en las concepciones tecnológicas. Ahora bien, con tantas visiones diferentes del concepto de narrativa, los creadores tendrán que tener claro qué tipo están usando y cómo se relaciona (o no) con otras nociones de la misma.

Pero eso no implica dejar de ser fiel a la riqueza de la narrativa. Como en otros campos, el *Deep Learning* y la inteligencia artificial muestran preferencia por formulaciones generales y abstractas. Esto, aplicado a la narrativa, se plasma en el intento de resumir todos los fenómenos narrativos en una formulación única y simplificada. Para construir sistemas mentales, la abstracción y la simplificación son herramientas necesarias; el peligro radica en olvidar con qué propósito se hizo una simplificación, o no tener claro si esta se ha producido. Con un concepto tan complejo y evocador como la narrativa, habrá una presión particularmente fuerte para que se imponga la simplificación en los procesos creativos artificiales. Si esto sucediera, se perdería la riqueza original de la narrativa, una fuente inagotable de inspiración y deleite.

6. LA CREATIVIDAD EN LAS ARTES PLÁSTICAS Y EN LA COMUNICACIÓN DE MASAS

Parece evidente que la narrativa verbal es primordial para crear otras obras de ingenio o de arte; esto es así porque sin ella no es posible sacar a la luz una idea. Y como en su base está la palabra y esta es fundamental en la inteligencia computacional, otros ámbitos de uso comunicativo como la publicidad, para nutrirse de ideas, están aprovechándose del aprendizaje que han alcanzado las máquinas. Esto, según estudios de este sector, permite crear anuncios sencillos a partir de algoritmos. Por ejemplo, un Bot almacenaría información sobre hábitos de consumo para, posteriormente, diseñar el anuncio publicitario correspondiente. Además, tal anuncio podría personalizarse, con la ayuda del *Big Data*³⁵, para adaptarlo a particularidades como la demografía de una zona o la psicología del consumidor.

De hecho, aunque solo vamos a citar un par de firmas publicitarias, ya son bastantes las que están utilizando este tipo de artilugios para sus creaciones:

- En *Firstborn* (fuente internacional de noticias y estudios para la comunidad de marketing y medios de comunicación), el *Bot* es capaz de sustituir a los editores de música, las personas que se encargan actualmente de mezclar la música que se utiliza en los anuncios comerciales.
- *Arkadium* es una empresa cuyo software proporciona muchas infografías para marcas como, entre otras, *USA TODAY*, *The Washington Post*, la *CNN*, *Los Angeles Times*.

Por otro lado, desde la universidad de Londres, el doctor Goldsmiths afirma que el *Deep Learning* aumentaría los niveles de productividad en las empresas, ya que se ahorraría esfuerzo al automatizar algunos trabajos y también recaería en los trabajadores mucho menos peso en la toma de decisiones.

Estas y otras informaciones nos llevan a pensar que podríamos subdividir las tareas en dos grandes grupos, según el grado de responsabilidad requerido. De este modo, las más adecuadas para las máquinas serían las más monótonas y repetitivas, mientras que los seres humanos asumirían funciones que requieren empatía, creatividad y estrategia, cometidos en los que es imposible sustituirlos actualmente.

Es obvio que cada vez la inteligencia artificial tiene un papel más importante en la creatividad al aportar visiones diferentes a las estrictamente humanas y reforzar la capacidad imaginativa de las personas. Pero a la máquina aún le quedan años de aprendizaje y de programación antes de tener conciencia propia para crear libremente y para poder asumir papeles y tareas más importantes. Estamos pues ante una ambivalencia, tal como remarca Blaise Agüera³⁶ (2016), líder del grupo *Machine Intelligence (AMI)*³⁷ de Google en Seattle:

35 *Big Data*, o Macrodatos se refiere al conjunto de conocimientos. Véase la nota 15

36 Blaise Agüera y Arcas (Ciudad de México, 1975) es un ingeniero experto en inteligencia artificial, especialmente en sus aplicaciones a la fotografía computacional.

37 AMI es un grupo de ingenieros y artistas que busca la forma de incluir las nuevas tecnologías en el arte.



Ilustración 10: *Meeting On Gauguin's Beach*, (1988). Obra generada por Aaron con motivos florales y figuras humanas en la parte central. Destaca por el tratamiento pictórico del color. Fotografía: Becky Cohen.

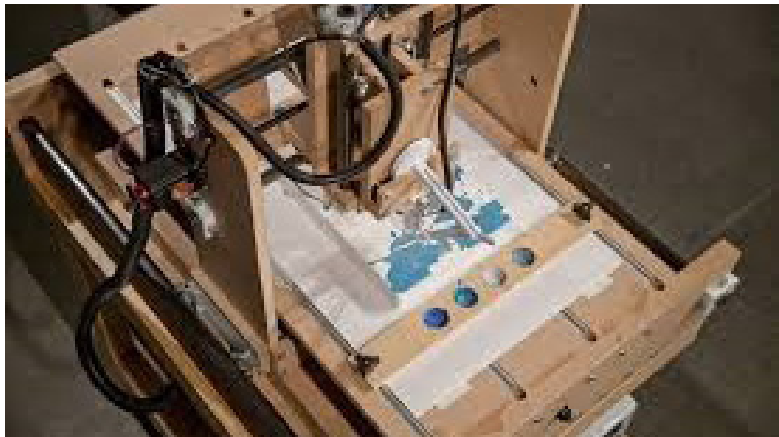


Ilustración 11: *Afghanistan collage*, (2009). Composición creada por The Painting Fool, inspirada en las noticias procedentes de la guerra de Afganistán. Fotografía: Anna Krzeczowska

«Algunos artistas adoptarán la inteligencia de la máquina como un nuevo medio o un socio, mientras que otros seguirán utilizando los medios de hoy y los modos de producción. En el futuro, incluso el acto de rechazarlo puede ser una afirmación consciente, así como la pintura fotorrealista es hoy toda una declaración de principios. De todas maneras, cualquier posicionamiento artístico hacia la inteligencia de la máquina –sea negativo, positivo, ambos o ninguno– parece más probable que resista el paso del tiempo si está históricamente fundamentado y técnicamente bien informado.»

6.1. Aaron

Un precedente de la capacidad artístico-pictórica de las máquinas podría ser *Aaron* (1973). El artefacto, al igual que ocurre con los humanos, ha adquirido sus conocimientos y habilidades de forma acumulativa y puede hacer uso de ellos siempre que lo necesite. Además, sabe sobre física, anatomía, formas orgánicas e incluso conceptos abstractos como felicidad o tristeza. Pero tiene un inconveniente, no puede sal-



tarse las reglas con las que ha sido programado y

Ilustración 12: La máquina *Aaron* pintando un cuadro.

por eso nunca «imaginará» la posibilidad de dibujar, por ejemplo, a humanos con una sola pierna. Como sabe que las personas tienen dos piernas, no puede llevar a cabo otras formas de representación. En consecuencia, la creatividad, la capacidad de imaginar, del pintor *Aaron* está restringida y lejos de la que podría tener un cerebro humano.

Para aumentar sus capacidades, Cohen³⁸ programó

38 Harold Cohen (Londres, 1928 - 2016) fue un diplomado en bellas artes y pionero en la creación de arte por computadora mediante *software*.

artísticamente a *Aaron*, de manera que este se convirtió en su «otra mitad» y llegó a crear pinturas, tanto figurativas y realistas como abstractas. Incluso, durante sus últimos años, lo empujó a explorar los límites de la creatividad para que el artista autómatas buscara formular su propio universo, su propia concepción del mundo.

6.2. *The Painting Fool*

The Painting Fool (2009) es otro autómatas pictórico. Este artilugio fue creado por Simon Colton (Londres, 1973), un profesor de creatividad computacional de la Universidad Goldsmiths de Londres. Realmente, el *software* no aplica, físicamente, pintura en un lienzo, pero sí que simula digitalmente numerosos estilos y técnicas pictóricas, desde el collage a las pinceladas. Pero además, como explica el propio Colton, ofrece otras muchas posibilidades creativas:

«*The Painting Fool* precisa solo instrucciones mínimas y puede producir sus propios conceptos buscando material en línea. El *software* realiza sus propias búsquedas y se desplaza por sitios web de medios sociales. La idea es que este enfoque le permita producir un arte que comunique algo al espectador, porque esencialmente está dibujando sobre experiencias humanas, sobre cómo actuamos, nos sentimos y discutimos en la web.»

Sus capacidades no son solo técnicas, sino que, como nos muestra la ilustración 11, es capaz de producir su propia interpretación de la guerra en Afganistán a partir de la información aparecida en los periódicos. El desenlace es una yuxtaposición de explosiones, habitantes afganos y tumbas de víctimas de la guerra.

Otra muestra del desarrollo del *The Painting Fool* fue que retrató a varios visitantes en una exposición en París con distintos estados de ánimo. Colton lo programó de tal manera que, si dicho estado era negativo, la máquina, como si tuviera sentimientos humanos, se contagiaba de este estado de postración y se negaba a pintar.

6.3. *Prisma y Deep Mind*

Más reciente y con más proyección estaría el *software* conocido como *Prisma* (2017), que se ha hecho viral por simular arte. Este y otros programas pueden imitar el estilo de un Picasso o un Monet gracias a que han sido entrenados para ello. Su amaestramiento parte de «ver» obras de arte de una época o un estilo concretos, y luego, mediante el aprendizaje profundo son capaces de registrar las características propias de cada uno de los estilos. Finalmente, ya pueden aplicar los conocimientos a la tarea concreta que se les pida.

Ahondando en estas y otras posibilidades, la compañía de inteligencia artificial inglesa *Deep Mind Technologies* desde 2010 ha desarrollado programas para dotar a las máquinas de patrones que crearan, a su gusto y según su percepción «personal», imágenes artísticas a partir de otras. Así se demuestra la capacidad de recrear, artificialmente, la imaginación humana.



Ilustración 13: Muestra, en la segunda imagen, del proceso de «personalización» realizado por *Deep Mind*.

En este caso, después de un entrenamiento para identificar objetos a partir de pistas visuales, el autómatas es capaz de descifrar y de «tunear» lo que «ve» mediante un sistema de capas que muestra lo que ha «reconocido».

Hay que admitir que han sido un éxito estos programas informáticos basados en la Inteligencia artificial y sus vertientes. De hecho, pinturas generadas con sus técnicas han sido expuestas en la Tate Modern de Londres, el Museo de Arte Moderno de San Francisco o en la Galería Oberkampf de París. Por lo tanto, ¿podría considerarse que los autómatas autores son unos artistas auténticos?

7. CLASIFICACIONES, EVALUACIONES, INTERFERENCIAS, LÍMITES Y ESPECTATIVAS

7.1. ¿Es el arte artificial una nueva especie o género creativo?

Como hemos visto, el abanico de posibilidades creativas computacionales es muy amplio, con soluciones y capacidades diversas y con diferentes grados y niveles de inclusión de la inteligencia artificial. Por lo tanto, es normal que surjan preguntas como la que cerraba el apartado 6. Es lógico que se debata sobre la naturaleza, clasificación y valoración de este tipo de creaciones partiendo de otra pregunta básica, complementaria de la anterior y bastante extendida: ¿esto merece la consideración de arte auténtico o legítimo? Es más, ¿no sería pertinente plantearse si las obras de estos artefactos no podrían considerarse un género o especie aparte que podría llamarse arte artificial? Es cierto que se trata de un tipo de arte que está sometida aún a las emociones y los cánones humanos de una estética, un bagaje y una concepción de siglos. Pero también se trata de un tipo de creación completamente diferente que tiene características propias, por lo que, quizás, la autoexploración ayude a romper visiones y clasificaciones estrictas.

En resumidas cuentas, establecer y aceptar el arte artificial, con esta u otra denominación, como arte autónomo, como concepto y campo de investigación mejoraría la comprensión de este fenómeno. También proporcionaría unas bases

más sólidas en las que se pudieran asentar estudios futuros, incluso ayudaría a que, como echábamos en falta en la Justificación (apartado 1.1.) encajara más claramente en el ámbito académico, como algo más concreto y con perfiles más definidos. Aparte de facilitar la descripción y la visibilización y, además de suponer una mejora evaluativa de las obras producidas, esta recategorización respaldaría el derecho a formar parte de la industria cultural, igual como se incluye al arte y a los artistas orgánicos. No olvidemos que estas creaciones ya están yendo más allá de los laboratorios de informática y ya están, por méritos propios y como el resto de productos culturales, exhibiéndose en galerías de arte, festivales de cine, o en algunos circuitos de la industria musical o la literaria.

7.2. Sistemas de evaluación

Como se puede deducir de lo visto hasta ahora, los posibles artistas tendrían que convencerse de que, en este ámbito, se puede hacer más que limitarse a imitar una obra artística, las posibilidades son enormes. En consonancia con esto, esta diversidad ha propiciado también la aparición de multitud de sistemas de evaluación del rendimiento y el funcionamiento de la inteligencia artificial, con el objetivo de mejorarla. Pero para eso es necesario desarrollar plataformas o métodos que puedan evaluar si efectivamente el programa informático es capaz de imitar las cualidades que debería tener un artista.

Una propuesta de evaluación sería la del profesor Colton, que propone que, para que los programas sean considerados como creativos, tendrían que superar un test similar a la prueba Turing³⁹. Pero, además, matiza que, en lugar de conversar de manera que resulte humanamente convincente, una máquina artista tendría que producir obras de forma «diestra», «comprensiva» e «imaginativa».

En esta línea se desarrolla el test de Lovelace, diseñado para conocer la capacidad creativa de la máquina para producir arte desde cero, es decir, sin haber sido programada previamente para crearlo. Concebido en el año 2000 por Bringsjord, rinde tributo a Ada Lovelace (Londres, 1815-1850), considerada como la primera programadora de computadoras. La principal característica de esta prueba es que mide la capacidad de creación y elimina las posibilidades de superarla fraudulentamente, ya que la máquina tiene que crear algo original por sí misma, sin haber sido programada previamente para ello.

Parece que actualmente los programas están en la fase de aprendizaje y aún les falta tiempo para superar el test de Turing y el test de Lovelace. Si se compara con los talleres de los pintores famosos, podríamos decir que son los aprendices. Ahora mismo están empapándose del estilo de sus maestros y copiándolo; en cierto modo, están empezando a dar sus primeras «pinceladas».

Sin dejar este tema, vale la pena citar la creación de Magenta, en julio de 2016, por parte de Google. Se trataba de una plataforma o conjunto de herramientas informáticas que, en línea con lo que preconizaba Cohen, tenía como objetivo, precisamente, determinar si estos sistemas de creación artística podían ser «entrenados» y, posteriormente, evaluar si eran capaces de realizar de manera autónoma cualquier obra de arte de cualquier disciplina artística.

³⁹ La prueba Turing es un procedimiento informático que sirve para determinar el grado de inteligencia de una máquina según su capacidad de mantener una conversación con un humano.

Por otra parte, y en el ámbito de la creación literaria, también resultan significativos otro tipo de acciones evaluativas como la que llevaron a cabo, en 2013, Benjamin Laird y Oscar Schwartz. Para ello crearon la página web *Bot or not*, en la que se mostraban en paralelo dos poemas relativamente semejantes, y, sin que el lector lo supiera, tenía que determinar cuál había sido escrito por un humano y cuál por una máquina.

La encuesta –en la que participaron los miles de internautas que accedieron a la web– reflejaba que un 65 % de los lectores atribuyeron a un humano poemas escritos por una máquina. Esto parece confirmar que, en un principio, no es tan descabellado afirmar que estos artilugios puedan escribir poesía.

The screenshot shows a webpage with a poem on the left and a decorative frame on the right. The poem reads: "You come to the sky. The incarnate dream? Then far from the light The incarnate dream? Then there was the sun, The wind came cold, And the secret impulse of the eyes to me The moon was no dream? of the magnet of the night without stopping to me quiet as the world I hear". The decorative frame contains a mechanical device and the word "Correct!". Below the frame, a bar chart shows "55% Say bot" and "45% Say not".

You come to the sky.
The incarnate dream?
Then far from the light
The incarnate dream?
Then there was the sun,
The wind came cold,
And the secret
impulse of the eyes to me
The moon was no dream?
of the magnet of the night
without stopping to me
quiet as the world I hear

Correct!

This poem was written by computer. [Do you want to know how?](#)

55% Say bot	45% Say not
-------------	-------------

Ilustración 14: Captura de pantalla de *Bot or not*

Hay que pensar que el lector potencial de poesía, más que una información o un significado claro y determinado, valora que esta lo sorprenda, que le despierte sensaciones. Por tanto, una creación basada en la inteligencia artificial puede imitar e interpretar, y puede sorprender como lo haría un humano.

La prosa creativa, sin embargo, como comentábamos, requiere otro tipo de creatividad capaz de ensamblar frases y trabar historias más complejas, extensas y significativas. Observando, por ejemplo, al experimentado Benjamín, veríamos que no nos aporta todas las garantías que le exigiríamos a un buen narrador de historias. Probablemente un editor de libros o un productor cinematográfico no compraría la obra de este robot guionista, aunque no sería extraño que sí que pudiera servir de fuente de inspiración para crear posibles historias ficticias.

7.3. ¿Colaboración o competencia entre humanos y máquinas?

Aunque, recientemente, un artilugio como el *Artificial Neural Network* de Google aprendió por sí mismo a reconocer un gato, todavía queda mucho para que realmente algún artefacto supere holgadamente las pruebas que venimos comentando, por mucho que, en algunas situaciones, algunos algoritmos descritos anteriormente tengan rasgos semejantes a los humanos. También hay quien llega a plantearse la posibilidad de que incluso estas máquinas nos superen. Pero, sin entrar en el terreno de la ciencia ficción, actualmente, como plantea Simon Colton, parece difícil que los ordenadores alcancen el nivel de los artistas. De todas maneras, piensa que la creatividad informática podría ser interesante por sí misma.

«Los ordenadores no podrán contarnos nada nuevo acerca de nosotros. [...] Los ordenadores podrían ser creativos de una forma que podría seducirnos y desafiarnos.»

En la misma línea, Mark Riedl⁴⁰ (2016), profesor del Instituto de Tecnología de Georgia, comenta:

«Los buenos artistas generalmente empiezan por imitar a otros antes de desarrollar sus propios estilos y géneros, guiados por una motivación artística en evolución. Y no está claro que el *software* pueda llegar a desarrollar una autonomía artística. Las redes neuronales se encuentran de alguna manera en modo de imitación. Las puedes alimentar de los clásicos y se aprenderán los patrones, pero tendrán que aprender la intención de alguna parte.»

Otra ventaja que podemos extraer de los avances del *Deep Learning* es que los autómatas sean los aprendices de los artistas y se encarguen de las tareas más laboriosas para que estos últimos amplíen su creatividad. En cierto modo, aunque no nos diga nada acerca del arte humano, la inteligencia que transita por las redes neuronales artificiales puede producir resultados singulares; pero no por eso tiene que reemplazar la imaginación. En cambio, como cualquier otra herramienta, puede ayudar a los seres humanos a descubrir nuevas formas de expresión y puede aumentar el rendimiento de nuestro esfuerzo; como opina el equipo de *Deep Mind*, pueden «ser un multiplicador para el ingenio humano».

40 Mark Riedl (Georgia, 1986) es profesor del *Tech School of Interactive Computing* y director del *Human-Centered Artificial Intelligence and Entertainment Intelligence Lab*. Principalmente centra sus estudios en la creación y la narración interactiva para el entretenimiento.

Pero realmente, ¿estas obras serán en un futuro calificadas de «creativas» o «imaginativas»? Además, podría decirse que no estamos socialmente preparados para aceptar que agentes no biológicos –incluso los biológicos– puedan ser creativos. Casos como el de Nonja avalarían esta afirmación. Se trata de un supuesto pintor vienés cuyas pinturas abstractas fueron expuestas y admiradas en famosas galerías de arte, pero que se devaluaron totalmente después de saberse que detrás de la autoría se escondía un orangután del zoo de Viena.

En otro orden de cosas, es comprensible la curiosidad que la IA despierta en la ciudadanía por si peligran sus puestos de trabajo en un futuro, cuando esta ciencia alcance un potencial mayor. Lo que sí que parece evidente es que, de momento, por su complejidad y su estado actual la IA no va a acabar con todos los trabajos, simplemente se encargará de algunas tareas.

7.4. Interacciones entre programadores y máquinas

El acto de producción de un programa que aspire a ser creativo es un proceso que lleva a cabo un programador humano, y es este el que inculca en sus bases la idea de que el autómatas sea un auténtico artista. La pregunta que se nos plantea es si los programadores que configuran el código deberían, necesariamente, tener unas nociones artísticas. Y la respuesta, en este caso, es que no hace falta, que lo importante es que sean buenos informáticos. Así se da la paradoja de que los creadores de la máquina que crea arte no tienen por qué ser, obligatoriamente, artistas sino que deben integrar el arte en los sistemas computacionales y así contribuyen a generar más arte. Actúan como si fueran mentores artísticos del autómatas, que debe aceptar sus recomendaciones y sus gustos.

El factor humano de momento es fundamental, primeramente para la creación de los códigos y mecanismos que componen esta inteligencia artificial, pero también para que las obras de esta logren cierta equivalencia cognitiva con la de los humanos.

7.5. Límites y expectativas

La inteligencia artificial tiene pocos límites, pero, como hemos visto, uno con el que tropieza es la creatividad. Combinar ideas de diferentes maneras para generar una nueva es un proceso fácil para la IA. Pero el resultado debe ser interesante y no puede ser absurdo o aburrido. Ya sabemos que la IA no puede reconocer el valor del gusto o de la estética humana, sino que su reto estriba en crear arte, en generar productos relacionables que puedan tener valor artístico (apartado 4.2) y que estos sean planteados con un inicio y con un fin sólido y coherente (apartado 5.7).

El *Deep Learning* acaba de empezar, y, aunque posiblemente sea una etapa pasajera en el campo de la inteligencia artificial, podrá ser continuada por otras tecnologías más punteras que abrirán nuevas fronteras, tal y como lo hizo esta ciencia en su momento. No sabemos con certeza el alcance que puede tener esta incursión de la creatividad computacional en la estrictamente humana, ni hasta donde se puede llegar. Muchos pensarán que la inteligencia artificial solo es inteligencia en apariencia y no en realidad. Sin embargo, para otros, como los artistas y científicos que hemos mencionado, ya es una realidad fehaciente

y operativa, aunque necesita de la ayuda de los expertos para progresar en sus procesos creativos, procesos que pueden plasmarse en la música, el cine, y otras manifestaciones artísticas.

8. CONCLUSIÓN

La inteligencia artificial, y en concreto el *Deep Learning*, está brindando la oportunidad de ampliar las capacidades humanas al crear soluciones sorprendentes y cada vez más complejas. Su potencial no solamente se limita a la industria creativa sino que nos hace pensar que esta clase de tecnología puede ir mucho más lejos de lo que la inteligencia humana sería capaz.

El estado actual de la creatividad artificial demuestra que esta tiene muchas posibilidades a la hora de ejecutar tareas muy variadas, como la identificación de imágenes y la generación de contenidos, pero también otras funciones que pueden impulsar el mundo de la industria.

Como deja patente este estudio, la tecnología de la inteligencia artificial, el aprendizaje profundo, tiene muchas potencialidades pero también diversas limitaciones significativas. No hay que olvidar que las condiciones del mundo de las máquinas no son las mismas que las del mundo real, tan cambiante y dinámico. Sin embargo, tal y como hemos mostrado, hay varios precedentes notables que, por su relevancia en este campo, se convierten en un buen punto de partida en el que asentar unas bases de cómo deberían comportarse, en el futuro, estos programas informáticos inteligentes.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGÜERA, B. (2016). “How computers are learning to be creative” en *TED@BCG*, Paris. Disponible en <https://www.ted.com/talks/blaise_aguera_y_arcas_how_computers_are_learning_to_be_creative> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

AGÜERA, B. (2016). “Art in the Age of Machine Intelligence” en *Medium*. <https://medium.com/artists-and-machine-intelligence/what-is-ami-ccd936394a83> [Consulta: 23 de agosto de 2018]

AILA, T., LAINE, S., LEHTINEN, J., KARRAST., “Progressive Growing of GANs for Improved Quality, Stability, and Variation” en Research Nvidia blog. abril de 2018 <https://research.nvidia.com/publication/2017-10_Progressive-Growing-of> [Consulta: 23 de agosto de 2018]

Automated insights. Natural Language generation (NLG) <<https://automatedinsights.com/customer-stories/associated-press/>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

Arkadium. Interactive Content created by AI. <<https://www.arkadium.com/>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

ARXIV. (2015). “Is This the First Computational Imagination?” en *MIT Technology Review*. 28 de Mayo. Massachusetts: MIT Press <<https://www.technologyreview.com/s/537786/is-this-the-first-computational-imagination/>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

Asociation for Computational Creativity. Resources <<http://computationalcreativity.net/>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

BAILEY, P. (1999). *Searching for Storiness: Story Generation from a Reader’s Perspective*. Edinburgh: The University of Edinburgh

BARBERO, A. (2018). “Creatividad artificial” en *TEDxTorrelodones* en Torrelodones. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=tr_1zVG1DQc [Consulta: 20 de agosto de 2018]

BERNARDO, A. (2017). “La inteligencia artificial ya no necesita al ser humano” en *Hipertextual*, 18 de Octubre <<https://hipertextual.com/2017/10/alphago-zero-deepmind-google/>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

BETHGE, P. (2006). “Los robots... ¿ya crean arte?” en *MIT*

BODEN, A. (1984). *Inteligencia artificial y hombre natural*. Tecnos, Madrid

BODEN, A. (2009). *Creativity in a nutshell*. Sussex: University of Sussex <https://www.researchgate.net/profile/Margaret_Boden/publication/209436199_Creativity_in_a_nutshell/links/5424477c0cf26120b7a732d4/Creativity-in-a-nutshell.pdf?origin=publication_detail> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

BODEN, A. (1998). *Creativity and artificial evolution*. Sussex: University of Sussex <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.100.8378&rep=rep1&type=pdf>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

BOLTER, J., ENGBERG, M., FLORIDI, L., GIORDANO, J., GONZÁLEZ, F., HANSON, R., HÉIGEARTAI GH, S., LIAO, C., LIPKIN, M., MÁNTARAS, R., PAPAGIANNIS, H., PARADISO, J., REES, M., ROSSITER, J., RUSSELL, S., SHAH, H., SKINNER, C., WARWICK, K., WEST, D.,

- (2017). *El próximo paso: la vida exponencial*. Turnerlibros. Madrid.
- BODEN, A. (2003). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. Londres: Routledge
- BRAUER, C. (2017). *FuturaCorp: Artificial Intelligence & the Freedom to Be Human*. New York: IPsoft <<https://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2017/01/FuturaCorp.pdf>>
- BRINGSJORD, S. FERRUCCI, D (1999). *Artificial Intelligence and Literary Creativity: Inside the Mind of Brutus, a Storytelling Machine*. Hillsdale: Erlbaum Associates
- BRINGSJORD, S., BELLO, D., FERRUCCI, D., (2001). *Creativity, the Turing Test, and the (Better) Lovelace Test?*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011206622741>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]
- COLTON, S. (2012). *The Painting Fool Stories from Building an Automated Painter*. Londres: Imperial College <http://ccg.doc.gold.ac.uk/ccg_old/papers/colton_cc12.pdf> [Consulta: 20 de septiembre de 2018]
- COLTON, S., HALSKOV, J., VENTURA, D., GOULDSTONE, I., COOK, M. PÉREZ-FERRER, B. (2005). "The Painting Fool Sees! New Projects with the Automated Painter", en *International Conference on Computational Creativity ICC3 (2015, Ljubljana, Slovenia)* <http://computationalcreativity.net/iccc2015/proceedings/8_2Colton.pdf>
- GOODWIN, R. (2016). "Adventures in Narrated Reality, Part I" en *Artist and Machine Intelligence* de Medium, Junio 2016, <<https://medium.com/artists-and-machine-intelligence/adventures-in-narrated-reality-part-ii-dc585af054cb>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]
- GOODWIN, R. (2016). "Adventures in NarratedReality, Part II" en *Artist and Machine Intelligence* de Medium, Junio 2016, <<https://medium.com/artists-and-machine-intelligence/adventures-in-narrated-reality-part-ii-dc585af054cb>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]
- GUILFORD, J. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.100.8378&rep=rep1&type=pdf>>
- IBM. Artificial intelligence and machine Learning <<https://developer.ibm.com/ai/>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]
- JERCINOVIC, J. (2016). "A.I. and Ad Agencies: Bringing Cognitive Intelligence to Clients" en *AdAge* <<http://adage.com/article/digitalnext/a-i-ad-agencies-cognitive-intelligence-clients/306145/>>
- JMCCARTHY, J. (2007). *What is Artificial Intelligence?*. Stanford: Stanford University <<http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]
- LAIRD, B., SCHWARTZ, O. Bot or not. <<http://botpoet.com/>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]
- MARTI, A. (2017). "Facebook juega con su bot de inteligencia artificial a StarCraft contra otros programadores y... Sale perdiendo" en *Xataka*, 18 de Julio. <<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/facebook-juega-con-su-bot-de-inteligencia-artificial-a-starcraft-contra-otros-programadores-y-sale-perdiendo>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]
- MARTI, A (2018). "Los juegos de Atari son un buenrecurso para medir a la computación evolutiva contra el deep learning" en *Xataka*, 10 Octubre <<https://www.xataka.com/investigacion/juegos-atari-buen-recurso-para-medir-computacion-evolutiva-deep-lear>

ning>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

MATEAS, M. SENGERS, P (2003). *Narrative Intelligence*. Amsterdam: John Benjamins Publishing. <https://users.soe.ucsc.edu/~michaelm/publications/mateas-aaai-sympni-1999.pdf> [Consulta: 28 de febrero de 2019]

MORDVINTSEV, A., OLAH, C., TYKA, M., (2015). "Inceptionism: Going Deeper into Neural Networks" en *Google AI Blog*, 17 de Junio <<https://ai.googleblog.com/2015/06/inceptionism-going-deeper-into-neural.html>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

PEARCE, M. (2010). *Boden and Beyond: The Creative Mind and its Reception in the Academic Community*. Londres: City University <<http://webprojects.eecs.qmul.ac.uk/marcusp/notes/boden.pdf>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

PEREZ, E. (2018). "How Human and Deep Learning Perception are Very Different" en *Medium* 8 Abril, <<https://medium.com/intuitionmachine/our-minds-see-and-hear-only-what-we-imagine-dc303056171>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

PUSET, E. (2011). "Los secretos de la creatividad. Todos tenemos la capacidad de ser creativos" en RTVE a la carta<<http://www.rtve.es/television/20110327/todos-tenemos-capacidad-ser-creativos/420223.shtml>> Redes. [Consulta: 20 de agosto de 2018]

Ross Goodwin. Personal web. <<http://rossgoodwin.com/>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

SÁEZ, F. (1983). "Las tecnologías de la tercera revolución de la información" en *Mundo Electrónico* nº 133. Tecni publicaciones España, S.L.

SAMPEDRO, J. (2010). "Las máquinas dan signos de saber apreciar la pintura" en *El País*. 25 Septiembre <https://elpais.com/diario/2010/09/25/ultima/1285365602_850215.html>

SCHROAEDER, M. (1999). *How To Tell A Logical Story*. Londres: City University

SCHWARTZ, O. (2015). "¿Can a computer write poetry?" en TEDxYouth.Youth event, Sydney. Disponible en <https://www.ted.com/talks/oscar_schwartz_can_a_computer_write_poetry>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

SHARP, O., GOODWIN, R., (2016). "Machines Making Movies" en Github Universe.San Francisco. Disponible en <<https://www.youtube.com/watch?v=W0bVyx38Bc>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

SIMON, H. (2016). *The Sciences of the Artificial*. Massachusetts: MIT Press

SIMONITE, T. "Google logra la creatividad artificial con una máquina que compone música" en *MIT Technology Review*. Massachusetts: MIT Press <<https://www.technologyreview.es/s/5970/google-logra-la-creatividad-artificial-con-una-maquina-que-compone-musica>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

SZILAS, N. (1999). *Interactive drama on computer: Beyond linear narrative*. Paris: Carnegie Mellon University

TURING, A. (1950). *Computing Machinery And Intelligence*. <<https://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>>[Consulta: 20 de agosto de 2018]

WHITE, T. (2018). "PerceptionEngine" en *Artist and Machine Inteligence* de Medium, 5 de Abril <<https://medium.com/artists-and-machine-intelligence/perception-engines-8a46bc598d57>> [Consulta: 20 de agosto de 2018]

10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Garry Kaspárov ante <i>Deep Blue</i>	9
Ilustración 2: El ordenador <i>Deeep Blue</i>	9
Ilustración 3: Comparación de una neurona humana con una artificial.....	12
Ilustración 4: Módulo LTSM (<i>Long short-term memory</i>) de una red neuronal.....	13
Ilustración 5: Representación gráfica de una GAN.....	20
Ilustración 6: Fotografía de la Fuente o Urinario de Marcel Duchamp.....	22
Ilustración 7: Representación gráfica de la Cadena Markov.....	24
Ilustración 8: Capturas de pantalla de <i>Poem.exe</i> y <i>Poetry bot</i>	28
Ilustración 9: Ross Godwin y la World Camera en funcionamiento.....	30
Ilustración 10: <i>Meeting On Gauguin's Beach</i>	34
Ilustración 11: <i>Afghanistan collage</i>	34
Ilustración 12: La máquina <i>Aaron</i> pintando un cuadro.....	34
Ilustración 13: Muestra del proceso de «personalización» realizado por <i>Deep Mind</i>	36
Ilustración 14: Captura de pantalla de <i>Bot or not</i>	38