

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL & BIG DATA.**  
**CULTURA Y LENGUAJE \***  
**Parte II.**

Pedro R. García Barreno

**III. CRIPT'IA'FASIA**

*"Words, words. They're all we have to go on [...]  
We are tied down to a language which makes up in obscurity [...]"*  
Tom Stoppard (Tomáš Straussler)

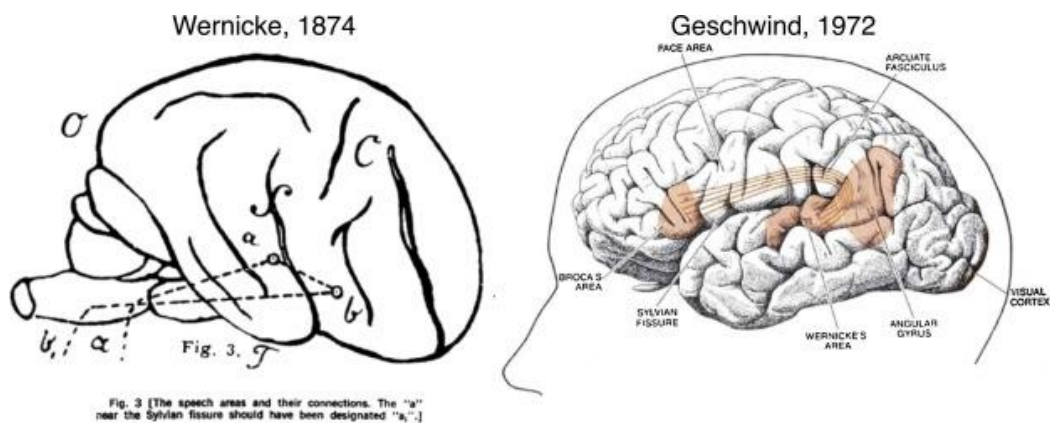
Heinz Krestel sugiere que el cambio en el paradigma lingüístico ocurrió cuando Paul Broca (1824-1880) asignó el lugar del lenguaje a determinadas convoluciones cerebrales en el hemisferio izquierdo; ello en contra del dogma de Franz Joseph Gall, entonces prevalente, de que el lenguaje y otras funciones cognitivas residían en regiones/órganos desarrolladas de acuerdo con la forma del cráneo. Una serie de modelos, localicionistas unos y asociacionistas otros, como los de Carl Wernicke (1848-1905) o Ludwig Lichtheim (1845-1928), enfocaron el lenguaje como un proceso localmente especializado. En 1906 el desmentido de Pierre Marie (1853-1940) sobre el papel de la tercera circunvolución frontal en el lenguaje puso en duda la solvencia de Jules Dejerine (1849-1917) líder de los afasiologistas. El Congreso de París de 1908 sobre afasias marcó el clímax en las disputas entre modelos localísticos y holísticos (entonces dominantes y liderados por Sigmund Freud (1856-1939) y Constantin von Monakow (1853-1930)); ciertas diferencias en la interpretación de las afasias, y la necesidad de una revisión sobre los pretendidos centros del lenguaje.

Escuchar, comprender un sonido, es una tarea que realizan sin esfuerzo y a diario los humanos, comenta Angela D. Friederici que, además, destaca que las informaciones fonológica y sintáctica y semántica deben procesarse coordinadamente y en una ventana de milisegundos. Ello exige un modelo neurobiológico de la facultad del lenguaje, hasta ahora identitaria de la especie humana.

No hace mucho, el modelo neurobiológico dominante era el conocido por "Broca-Wernicke-Lichtheim-Geschwind", "Wernicke-Lichtheim-Geschwind" o, simplemente, "Wernicke-Lichtheim". Carl Wernicke proporcionó una de las primeras descripciones de un modelo del lenguaje sobre la base de la anatomía cerebral entonces conocida:

*"[...] around the Sylvian fissure (S) extends the first primitive convolution. Within this convolution, a<sub>1</sub> is the central end of acoustic nerve, at its site of entry into the medulla oblongata; b designates the representation of movements governing sound production, and is connected with the preceding through the association fibers a<sub>1</sub> b running in the cortex of the insula. From b the efferent pathways of the sound-producing motor nerves run to the oblongata and exit there [...]."*

Debe indicarse que Wernicke se refirió en sus escritos a "fibras de asociación" y aludió a estructuras subcorticales como el *claustrum* y el cerebelo.



Izq. Modelo original de Carl Wernicke, 1874. Se desconocen las razones por las que el modelo se representa sobre el hemisferio derecho. Dcha. Modelo clásico de Geschwind, 1972. En esta figura, de acuerdo con la mayoría de las definiciones anatómicas, el giro temporal superior es denominado giro angular (Tomado de P. Trembaly, A. S. Dick; Fig. 1, pg. 62).

Hasta hace poco más de 25 años el conocimiento de las bases cerebrales del proceso del lenguaje derivaban de unas cuantas pruebas, un tanto groseras desde el punto de vista de la neurobiología actual: correlaciones clínico-anatómicas en pacientes con accidentes cerebrales traumatológicos o vasculares, datos electrofisiológicos obtenidos mediante EEG y, ocasionalmente, de registros intracerebrales a propósito de determinadas intervenciones quirúrgicas, o a través del test de Wada.

Hoy día, el modelo "Wernicke-Lichtheim" que asume una región frontal inferior izquierda y un área cerebral temporal posterior conectadas por un haz de fibras (fascículo arqueado), es familiar a todos los estudiantes de neurociencias, lingüística o psicología. Este modelo icónico, publicado en todos los libros de texto, ha tenido y tiene una marcada influencia en las discusiones sobre los fundamentos neurobiológicos del lenguaje.

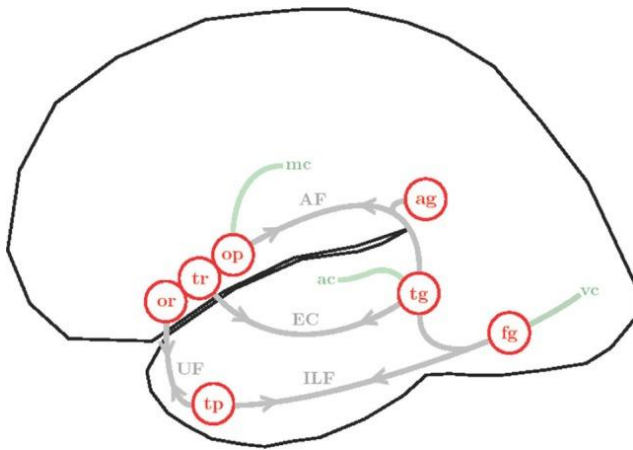
Un trabajo de David Poeppel *et al.* resume las aportaciones presentadas al Simposio Anual de la *Society of Neuroscience 2012*. Las presentaciones abordaron cuatro temas: percepción del habla, producción del habla, la combinación de diferentes unidades lingüísticas para generar significado y el procesamiento del lenguaje de signos. En todas ellas primó el análisis computacional tanto de las funciones cognitivas como de la circuitería neural, apuntando hacia una nueva neurociencia de sistemas.

Más drásticos se muestran Pascale Tremblay y Anthony S. Dick que, en 2016, certificaron: "*Broca and Wernicke are Dead*". El artículo se confecciona sobre una encuesta realizada entre noviembre y diciembre 2015 a 159 investigadores en neurobiología del lenguaje. En resumen, el modelo clásico presenta, al menos, cuatro limitaciones: la precisión espacial del modelo es demasiado limitada para contrastar relaciones cerebro/lenguaje; se centra en dos regiones; se focaliza en estructuras corticales, y la conectividad funcional es muy limitada. Conclusión: el modelo clásico ni es anatómicamente preciso ni es un modelo comprensivo de la neurobiología del lenguaje. La neurobiología del lenguaje exige una arquitectura distribuida que incluya componentes corticales y subcorticales, una conectividad anatómica distribuida y una sólida dependencia sobre áreas neurales de domino general. Aunque pueden existir algunos mecanismos lenguaje-específicos, el conocimiento más actual

señala una función cerebral de interacciones mutuas y mecanismos de control comunes. Carl Wernicke, hace 145 años, se acercó bastante a ello:

*"a priori reasoning would view restriction of the speech center to a single area, namely, Broca's gyrus as highly improbable."*

Peter Hagoort publicó, en 2013, un modelo neurobiológico alternativo (otros muchos se han ido publicando) denominado MUC (memory, unification, control), cuya característica es la ampliación de la conectividad. La figura, tomada del trabajo referido (Figure 5, pg. 4) sirve de resumen:



*"Simplified illustration of the anatomy and connectivity of the left hemisphere language network. Cortical areas are represented as red circles: pars orbitalis (or), pars triangularis (tr) and pars opercularis (op) of the LIFC; angular gyrus (ag), superior and middle temporal gyri (tg), fusiform gyrus (fg) and temporal pole (tp). White matter fibers are shown in gray, arrows emphasize bi-directional connectivity: arcuate fasciculus (AF), extreme capsule (EC), inferior longitudinal fasciculus (ILF) and uncinata fasciculus (UC). Interfases with sensory-motor systems are shown in green: visual cortex (vc), auditory cortex (ac) and motor cortex (mc)."*

La mayoría de los modelos contemporáneos sobre la neurobiología del lenguaje proponen una compleja arquitectura que abarcan regiones hasta ahora nunca relacionadas con las funciones del lenguaje.

Sobre la base de todo lo anterior, Uri Hasson *et al.* señalan que la mayor parte del conocimiento sobre el lenguaje y el cerebro deriva de experimentos diseñados en el laboratorio:

*"However, targeting the neurobiological basis of experimentally isolable processes has offered little by way of understanding how the brain support language comprehension 'as it is carried out in everyday naturalistic discourse'."*

El paradigma existente no se plantea abordar cuestiones que son cruciales para comprender la neurobiología de la "comprensión del lenguaje naturalístico" (*Naturalistic Language Comprehension*, NLC). Hasson apuesta por las oscilaciones electroencefalográficas como un marco neurobiológico para la actividad y conectividad cerebrales. Aunque la naturaleza rítmica de los datos electroencefalográficos es quizás su característica definitoria, es posible que las oscilaciones se asocien con operaciones específicas del lenguaje. En todo caso, entender como el cerebro implementa la comprensión del lenguaje en las circunstancias diarias naturales no es algo simple. Esta tarea es esencial no solo para los neurocientíficos cognitivos interesados en el cerebro *per se*, sino para los psicólogos clínicos, neuropsicólogos, los interesados en modelos computacionales del lenguaje o los psicólogos experimentales, para los que los datos que proporcionan los estudios experimentales del cerebro plantean, a menudo, restricciones en la construcción de teorías. El progreso en los frentes cognitivo y neurobiológico deben progresar de la mano. El estudio del NLC abre una época interesante de investigación científica y nuevas oportunidades para el desarrollo conjunto en neurobiología y psicología y ciencia cognitivas.

Un reciente artículo de Katerina Kandylaki *et al.* apunta que el nuevo movimiento experimental hacia diseños ecológicamente válidos ha incrementado su interés para comprender la implementación neurobiológica del lenguaje. La combinación de las aproximaciones neurobiológica y naturalística puede resultar particularmente útil. Los diseños naturalísticos experimentales, que utilizan el lenguaje en el contexto de historias, audiolibros o diálogos, producen resultados más fácilmente generalizables en el uso del lenguaje del día a día. Otra ventaja es que permiten investigar la comprensión de múltiples niveles lingüísticos a la vez. Fonemas, sílabas, palabras frases y discurso ocurren en diferentes escalas de tiempo; escalas que pueden coincidir con diferentes frecuencias o actividades oscilatoria cerebrales. Además del valor añadido intrínseco, los experimentos naturalísticos abren la posibilidad para el estudio del lenguaje en poblaciones para las que los métodos tradicionales no son eficaces; por ejemplo en personas con trastorno del espectro autista. También en comparaciones dialectales o en el estudio de lenguas indígenas en comunidades remotas. La aproximación ecológica permite al acceso a *big data* que, con técnicas computacionales -aprendizaje profundo de máquinas y redes neurales artificiales-, pueden reconstruir la función cerebral de manera ecológicamente válida. La propuesta de Kandylaki *et al.* puede complementarse con el concepto de “cerebro global” de Francis Heylighen donde predomina la forma estigmérgica de colaboración.

*Word of the Day* recoge el reto anterior en *social robot*:

*“A social robot is an artificial intelligence (AI) system that is designed to interact with human and other robots [...] A social robot may be remotely controlled, perhaps serving as a telepresence representative at a business meeting or in the home as a companion in a healthcare facility. Other social robots are autonomous systems with local AI that allows them to interact independently in response to cues from people and things in their environment. This type of autonomous robot is sometimes referred to as a ‘smart robot’. Smart robot intelligence is typically based on a cognitive computing model that simulates human thought processes. Cognitive computing involves machine learning systems that use data mining, pattern recognition and natural language processing (NLP) to mimic the way the human brain works.”*

Ciencia cognitiva es la ciencia moderna de la mente. Cognición se refiere a la mente como proceso; como un procesador de información; un sistema que adquiere, usa y transforma información. La ciencia cognitiva se ocupa del conocimiento, percepción y aprendizaje e inteligencia. Cognición no es solo conocimiento explícito sino también subconsciente, intuición, experiencias afectivas y comportamiento. La ciencia cognitiva emergió en la década de los años 1970, inspirada por las simulaciones en computadora del proceso cognitivo. Campo trans-multi-disciplinar que incluye, al menos: psicología (cognición), inteligencia artificial (simulación computacional de la cognición), epistemología, lingüística, neurociencia (cognitiva), etnografía (creencias y comportamientos grupales) y etología (estudio del comportamiento animal).

Las arquitecturas cognitivas juegan un papel crucial en la construcción de sistemas inteligentes (Wlodzishaw Duch *et al.*, Pat Langley *et al.*). Los intentos para construir sistemas artificiales capaces de simular aspectos importantes de las capacidades cognitivas humanas tiene una larga historia que, en resumen, concluye sobre la discusión entre dos aproximaciones teóricas diferentes: “compu-

tacionalismo” y “conexionismo”. Según la teoría computacionalista de la mente, el cerebro es un sistema que procesa información; un sistema de computación que opera sobre estados mentales. Esta perspectiva condujo a la implementación de una clase de arquitecturas cognitivas denominadas simbólicas, que dominaron la investigación en el campo del procesamiento del lenguaje natural (*natural language processing*, NLP), máxime en cuanto las palabras pueden considerarse símbolos utilizados para representar objetos, conceptos, acontecimientos o acciones reales. La teoría formal del lenguaje, introducida en la década de los años 1950, utilizaba álgebra, teoría de conjuntos y gramática chomskiana para definir lenguajes formales como secuencias de símbolos. La principal limitación de la estrategia simbólica es reconocer grandes bases de datos, en particular en presencia de ruido y en ambientes dinámicos.

Hoy en día el campo del NLP está dominado por las estrategias del aprendizaje de máquinas que incluyen aproximaciones basadas en redes neurales, máquinas de composición vectorial o aproximaciones bayesianas (D. Jurafsky *et al.*). La idea central de la estrategia conexionista es que el proceso mental puede modelarse como un proceso emergente de redes de unidades de procesamiento profusamente interconectadas. El modelo conexionista más aceptado es el modelo “red neural artificial” (*artificial neural model*, ANN), utilizado para abordar diferentes aspectos cognitivos humanos. Los modelos de lenguaje soportados por redes neurales (*neural network lenguaje*, NNL) son los utilizados preferentemente en NLP, demostrándose superiores en la predicción de la “siguiente palabra” y otras tareas estándar de los modelos convencionales incluido los modelos “n-gram”. Recientemente, técnicas de aprendizaje profundo basados en redes neurales recurrentes (*recurrent neural networks*, RNNs) se utilizan con éxito en varias tareas NLP: reconocimiento de habla, análisis sintáctico, traducción o análisis de sentimiento o minería de opinión. Aunque alguno de estos modelos es de inspiración biológica (biomimética) la mayoría son diseñados como soluciones de ingeniería para problemas específicos en NLP. Los modelos conexionistas explican la emergencia del lenguaje mediante el aprendizaje de reglas simples que operan a nivel neural, en vez de requerir un detallado conocimiento innato, y destaca el papel del aprendizaje a través de la interacción con el ambiente.

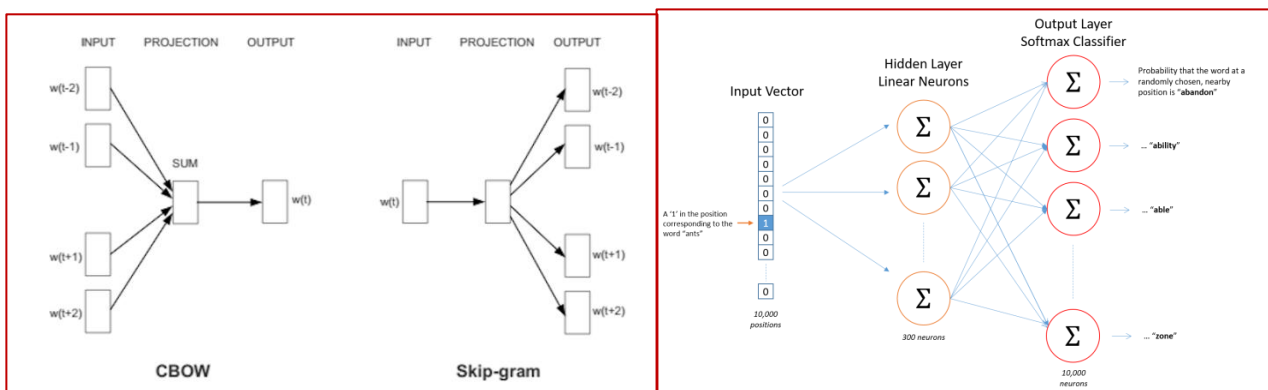
Todo ello refuerza, en la actualidad, el trabajo sobre modelos de lenguaje inspirados en redes neurales. Para alcanzar el rendimiento máximo tales modelos requieren cantidades masivas de datos (*big data*), como los  $100 \times 10^9$  de palabras del *Google News corpus*.

Desde la década de los años 1980 los investigadores han utilizado redes neurales para construir tales modelos. En 2010 se propusieron las redes neurales recurrentes. En 2013 Tomáš Mikolov *et al.* publicaron el algoritmo “word2vec”; una red compleja muy sofisticada que transforma palabras en vectores, con lo que pueden resolver analogías. Word2vec supuso un manantial en la evolución de modelos de lenguaje.

En 2015 Google aprovechó este primer paso para dar un segundo: modelar conversaciones enteras para crear un *chatbot*. Para ello Google utilizó una base de datos de 5.5 millones de subtítulos de películas; sin embargo debe compararse esta base de datos con el citado *Google News corpus* o con los tres mil millones de palabras de Wikipedia. El objetivo es introducir la base de datos *Cleverbot*, con mucho, la mayor base disponible de interacciones conversacionales máquina-humano. Creada en 1982 como un lazo de retroalimentación conversacional, el algoritmo fue perfeccionado en 1988

y subido a la red en 1996 con el nombre de *Jabberwacky*. En 2006 renombrada como *Cleverbot* que, desde 2007, “habla” en nombre de la compañía *Existor Ltd*. Cuando se colgó en la red, en 2007, *Cleverbot* manejaba entre 7 y 8 mil millones de interacciones totales, y acumula nuevos datos a una media entre 4 y 7 millones de interacciones diarias. El proceso continuará hasta que *Cleverbot* haya aprendido todas y cada una de las conversaciones posibles; entonces responderá exactamente igual que lo hará un humano en cualquier tipo de conversación. Hasta entonces *Cleverbot* maneja con soltura el problema y utiliza lógica borrosa para salir del paso. En 2015, para formular una contestación *Cleverbot* solo utiliza 280 millones de interacciones; aproximadamente el 3%-4% de los recursos que ha aprendido. *Cleverbot* habla en muchas lenguas (es capaz de reconocer un cambio en una conversación que comienza en inglés, cambia a español y termina en alemán, por ej.), incontables estilos y sobre cualquier tópico bajo el sol. En septiembre de 2015 los principales visitantes procedían de EE. UU., Polonia, México, Alemania, Hungría y Argentina. Las lenguas predominantes: inglés (28.7 %) y español (28.6 %); luego alemán (8.2 %), Italiano (7.5 %), Rumano (6.1 %), Polaco (5.3 %), Húngaro (3.9 %), Francés (2.0 %) y Turco (1.0 %).

A partir de 2015, *Existor* comenzó a utilizar técnicas modernas de aprendizaje profundo por máquina para construir una IA conversacional más inteligente. Se utilizaron técnicas de aprendizaje por máquina no supervisado para construir un modelo que pudiera captar la estructura natural a nivel de una conversación. Utilizaron las relaciones vector-palabra que ofrece *Word2vec*. El modelo, también conocido como *Skip-gram*, permite implementar más de 100 mil millones de palabras diarias. Aunque *N-gram*, utilizado para modelos estadísticos de lenguaje (ver Parte I), puede enfrentarse a  $1 \times 10^{12}$  palabras, presenta limitaciones a la hora de aplicarlo a NLP. El aprendizaje por máquina actual permite a *Cleverbot* entrenarse en un modelo de lenguaje que genera réplicas conversacionales en lenguaje popular.



Word2Vec es una red neural bilaminar que procesa texto. Las entradas corresponden a un corpus textual y las salidas son conjuntos de vectores. El algoritmo tiene dos opciones: “CBOW” y “Skip-Gram”. Dado un conjunto de frases (corpus) el modelo buclea entre las palabras de las frases y bien intenta utilizar la palabra elegida para predecir las vecinas (su contexto), en cuyo caso el método se denomina “Skip-Gram”; o utiliza cada uno de los contextos para predecir la palabra elegida, en cuyo caso se denomina “Continuous Bag Of Words” (CBOW). El modelo de red neural *skip-gram* es actualmente extraordinariamente simple en su forma más básica (tomado de Manish Chablani y de Chris Nicholson).

Igor Mordatch, ucraniano criado en Toronto, trabaja en *Pixar* y enseña en Stanford y Washington. Comenzó enseñando a los robots a moverse y realizar actos humanos. En la actualidad, en *OpenAI* – “*OpenAI’s mission is to ensure that artificial general intelligence benefits all of humanity*”-, el

laboratorio de IA puesto en marcha por el fundador de Tesla, Elon Musk, Mordatch construye máquinas que conversan no solo con humanos sino entre ellas. También enseñan; aplican habilidades aprendidas en juegos por ellas diseñados y que no vieron nunca antes. Mordatch *et al.* han desarrollado un mundo virtual – un gran tablero blanco- en el que los bots crean su propio lenguaje, colaboran y se ayudan unos a otros a conseguir esas tareas. Todo sucede a través de “aprendizaje reforzado”, la misma técnica fundamental con que se dotó AlphaGo, la máquina de *Google’s DeepMind AI Lab* que “arrasó” al ancestral juego Go. El lenguaje abstracto desarrollado se forma sin que haya exposición alguna al lenguaje humano utilizado. Mordatch estima que los lenguajes creados por los bot se complejizarán siendo necesario desarrollar técnicas que las traduzcan al inglés (Ver: Melvin Johnson *et al.*). En la actualidad los investigadores de vanguardia exploran métodos para imitar el lenguaje humano, no crear uno nuevo. En los últimos años, redes neurales profundas -sistemas matemáticos complejos que pueden aprender tareas mediante el hallazgo de patrones entre cantidades masivas de datos- han probado tener un gran potencial eficaz para reconocer objetos en fotos, identificar comandos hablados en *smartphones*, y más..., comenta Cade Metz. Investigadores en Google, Facebook o Microsoft aplican métodos similares para comprender el lenguaje, tratando de identificar patrones en la conversación en inglés. Pieter Abbeel, investigador de OpenAI y professor en Berkeley comenta:

*“An agent possesses and understanding of language when it can use language (along with other tools such as non-verbal communication or physical acts) to accomplish goals in its environment.”*

Sin embargo, el Proyecto de Mordatch muestra que *big data* no es el único camino. Los sistemas pueden aprender de sus propias acciones y obtener diversos beneficios. Con esta idea han desarrollado otro mundo virtual más complejo que llaman “*Universe*”. Entre otras cosas, *Universe* es un lugar donde los bots aprenden a utilizar software común, como un buscador de red. Un sistema de IA solo puede navegar en la red si comprende la manera natural por la que los humanos hablan. El éxito vendrá de la mano de combinación de técnicas.

Un grupo de investigadores de *Georgia Institute of Technology, Carnegie Mellon University, UC Berkeley* y *Virginia Tech* (Abhishek Das *et al.*, “Visual dialog” ) han introducido una nueva tarea de IA – *large scale Visual Dialog dataset (VisDial)*- donde un agente IA debe establecer un diálogo con un humano sobre un contenido visual:

*“We quantify gap between machine and human performance on the Visual Dialog task via human studies. Putting it all together, we demonstrate the first ‘visual chatbot’!”*

Estos autores, en un trabajo complementario, utilizan un mundo de soporte completamente sintético donde los agentes se comunican vía símbolos sin significado prefijado:

*“We find that two bots invent their own communication protocol without any human supervision. We go on to instantiate this game on the VisDial dataset, where we pretrain with supervised dialog data. We find that the RL (deep reinforcement learning) fine-tuned agents not only significantly outperform SL (supervised learning) agent, but learn to play to each other’s strengths, all the while remaining interpretable to outside human observers”.*

Y Katrina Evtimova *et al.* siguiendo trabajos previos sobre comunicación emergente en juegos referenciales, proponen un novedoso juego referencial multi-modal y multi-fásico, donde emisor y re-



ceptor tienen acceso a distintas modalidades de un objeto y su intercambio de información es bidireccional y de duración arbitraria. Este ajuste múltiple permite desarrollar una comunicación interna significativamente similar al lenguaje natural.




Muchos de los diálogos entre humanos ocurren en ambientes semicooperativos, donde agentes con diferentes objetivos intentan llegar a acuerdos tomando decisiones comunes. La negociación requiere una comunicación compleja y habilidades de razonamiento, expresadas ambas mediante lenguaje natural. El éxito o fracaso es fácil de medir lo que hace de la negociación una tarea interesante para la IA.

*Facebook AI Research* (Mike Lewis *et al.*) e investigadores asociados del *Georgia Institute of Technology* (Dhruv Batra *et al.*) desarrollan *chatbots* que aprenden el arte del acuerdo, el trueque o el engaño para conseguir el mejor camino, con los términos adecuados, en la negociación con humanos o entre ellos. La negociación es diálogo, que contiene elementos cooperativos y elementos adversos, y requiere agentes que comprendan, planifiquen y generen planteamientos para conseguir sus objetivos.

Los investigadores construyeron una base de datos a partir de cerca de seis mil diálogos entre humanos y utilizaron redes neurales recurrentes para imitar las acciones humanas. Comprobaron que tales modelos conseguían un lenguaje fluido pero pobres resultados negociadores. Ensayaron dos métodos alternativos. Primero, en vez de imitación apostaron por un modelo autónomo mediante juegos entre máquinas. Por vez primera demostraron que agentes entrenados en diálogos de extremo a extremo utilizando aprendizaje reforzado, superaban a los modelos supervisados en negociación con humanos. En segundo lugar, introdujeron una nueva forma de planificación para el diálogo denominada “despliegues de diálogo” (*dialogue rollouts*), en que un agente simula un diálogo completo durante la descodificación para estimar las recompensas de los pronunciamientos.

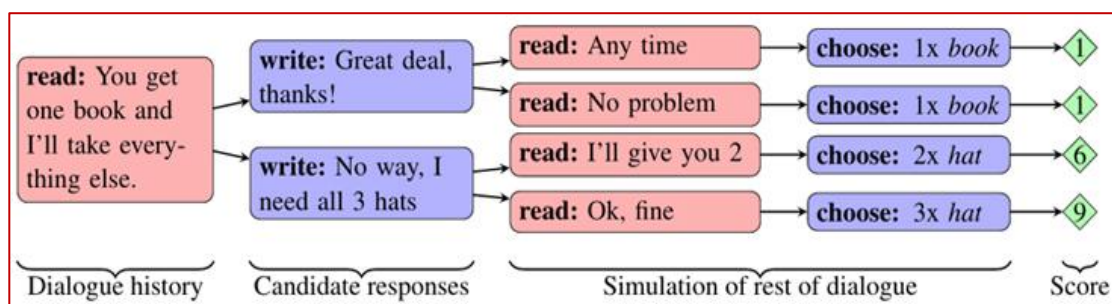
Los investigadores de Facebook han conseguido negociadores que utilizan lenguaje natural mediante aprendizaje de extremo a extremo como una nueva tarea de la IA, apuntando que desafían tanto las habilidades lingüísticas como de razonamiento, a la vez que permiten una evaluación métrica más robusta. A partir de bases de datos de diálogos humanos es posible conseguir mejores resultados a partir de entrenamiento autónomo que de imitación.

**Dividir estos objetos entre dos negociadores.  
Intentar obtener el mayor número de puntos.**

Objetos	Valor
	8
	1
	0

Diálogo en la interfaz “*Mechanical Turk*”, utilizada para coleccionar una base de datos de negociación. (Tomada de Mike Lewis *et al.*, Fig. 1, pg. 2444).





El modelo genera, primero, un pequeño conjunto de respuestas candidatas. Para cada una de ellas simula un número de posibles conversaciones futuras y estima la esperada por la media de las puntuaciones. El sistema propone el candidato con la mayor recompensa esperada. (Tomada de Mike Lewis *et al*, Fig. 4, pg. 2447).

Alice y Bob, los chatbot negociadores de FAIR, tras llevar cierto tiempo negociando de acuerdo con el protocolo de sus “entrenadores” humanos, continuaron el diálogo en un inglés macarrónico o bizarro, o tal vez en una nueva lengua incomprensible para los ingenieros responsables del proyecto:

Bob: “I can can I I everithing else”

Alice: “Balls have zero to me to me to me to me to me to me to me to me to”.

La reacción:

“Researches at Facebook had to shut down an AI program in early June [2017] after it created its own language. The Facebook Artificial Intelligence Research (FAIR) had developed the chatbot to haggle like humans and develop the best posible output from a negotiation, through multi-issue bargaining.”

Esta noticia ocupó las cabeceras de diferentes medios de comunicación: *BBC News*, *Fast Company*, *Forbes*, *Medium*, *The Atlantic*, *The Epoch Times*, *The Independent*, *The San Diego Union-Tribune*, *The Telegraph* o *Wired*, entre otros.

Algunos vieron en ellos el Apocalipsis. Algunos, como Elon Musk (“reprendido” por Mark Zuckerberg, fundador de *Facebook*), Bill Gates o Steve Wozniak –comenta Tony Bradley en *Forbes*- han incidido sobre las consecuencias trágicas e indeseables de la IA. Stephen Hawking alertó, en 2014, lo que la IA podría suponer para la humanidad:

“I would take off on its own and re-design itself at an ever increase rate. Humnas, who are limited by slow biological evolution, couldn’t compete, and would be superseded.”

Ray Kurzweil, recoge *Forbes*, advirtió años atrás sobre la “singularidad tecnológica”. El *Oxford Dictionary* define la “singularidad” como “un momento hipotético en el tiempo cuando la inteligencia artificial y otras tecnologías llegarán a tal avance que someterán a la humanidad a un cambio dramático e irreversible”. Adrienne Lafrance publicó en *The Atlantic* un artículo en la misma senda y comparó este lenguaje *chatbótico* con la criptofasia gemelar.

Aunque algunas de las noticias intenten “demonizar” la IA aludiendo que los chatbots inventaron su lenguaje para eludir a sus controladores humanos, una tal vez mejor explicación es que las redes neurales simplemente intentarían modificar el idioma humano con el “propósito” de conseguir inter-



Admitiendo estos últimos planteamientos –evolución del lenguaje- puede especularse sobre analogías con el aprendizaje humano del habla y de lenguas extrañas habladas por grupos étnicos marginados.

El inicio del entrenamiento de los chatbots debería tener en cuenta el fenómeno del maternés. Maternés (*motherese*), *baby-talk* o habla dirigida a los niños (*infant-directed speech*, IDS), se refiere, escribe Catherine Saint-Georges *et al.*, a la manera espontánea mediante la que madres, padres o “niñeras” hablan a los más pequeños. Matthew Saxton sugiere utilizar IDS. En 1964, el lingüista Charles A Ferguson definió *baby-talk*:

“A linguistic subsystem regarded by a speech community as being primarily appropriate for talking to young children”.

Ferguson concluyó que *baby-talk* era una forma bien conocida, especial de hablar presente en varias lenguas (estudió seis de ellas), caracterizada por fenómenos intonacionales y paralingüísticos; palabras y construcciones derivadas del lenguaje normal, y un conjunto de formas léxicas específicas. Por su parte, Eliseo Díez-Itza remacha que el habla dirigida a los niños y la que se dirige a los adultos difieren sistemáticamente en varios aspectos que son identificables. Los adultos modifican el tono de sus emisiones elevándolo cuando hablan a los niños. En general, cuanto mayor es el niño interlocutor menores son las variaciones tonales. En la interpretación de los rasgos prosódicos del *input* infantil cabe distinguir entre la función analítica y la función social. La interpretación funcional en términos analíticos implica que el *baby-talk* se configura como una ayuda a la adquisición del lenguaje, lo que contradice la suposición de la “gramática generativa” chomskiana de que el input es casi irrelevante en la adquisición del lenguaje [“nativismo”, Chomsky, 1959 vs “aprendizaje”, Skinner, 1957]. En cuanto a la función social, los rasgos del habla a los niños en general y los prosódicos en particular, sirven al establecimiento de la interacción comunicativa entre el niño y las personas de su entorno. Díez-Itza concluye (en parte coincidente con Peter Mittler):

“Si los rasgos prosódicos cumplen una función analítica y social, el desarrollo lingüístico y social del niño se traducirá en una reducción progresiva de dichos rasgos una vez que su utilidad se ve disminuida. Los rasgos prosódicos que cumplían primariamente una función social desaparecen antes que los que servían a una función analítica [...] La función social es previa y además facilita una cronología relativa del desarrollo según la cual el desarrollo social es más temprano que el desarrollo lingüístico.”

Un intento de evitar el control de los supervisores ha sido otra de las interpretaciones del “chatbot-talk”. Los últimos años han producido rápidos avances en técnicas no invasivas que permiten examinar el proceso del lenguaje en niños con poco más de semanas de vida y que permiten estudiar las bases neurobiológicas de los cerebros “sociales” y “analíticos” propuestos (ver: Patricia K. Kuhl). Para Svenka Savić la situación de los gemelos se caracteriza como una comunidad donde, al menos, hay tres actores: adulto y el par gemelar. Comunidad que establece un tipo particular de relaciones respecto a la “cantidad” y distribución del habla por unidad de tiempo, la manera de enviar y recibir los mensajes y la forma del discurso. De alguna manera, concluye Karen Thorpe, los gemelos tienen mayores tasas de retraso en el lenguaje cuando se comparan con grupos de nacidos únicos de la misma edad y entorno social. Bruna Zani *et al.* señalan que los gemelos pueden interactuar de una manera adecuada entre ellos, aunque muestren dificultades para entenderse con

otros interlocutores. Algo especial apunta Joseph Thomas cuando los padres muestran “monotropía”, que rompe la necesaria relación madre-hijo (Ver: John Bowlby).

Un caso extremo es el de Poto y Cabengo, recogido por Anorak. En 1976, Grace y Virginia Kennedy, gemelas nacidas en San Diego, CA, tenían ocho años de edad. Jean-Pierre Godin realizó un corto documental sobre las gemelas que hablaban en su propio idioma “secreto”. *Time Magazine* reprodujo un extracto del “diálogo”. En la conversación, ininteligible, puede destacarse –luego comentaré la razón de esta elección–: “*Nomemee*”.

Los gemelos de ambos sexos -aunque predominantemente varones- inventan, con frecuencia, lenguajes “privados”. Este fenómeno bien conocido, aunque no prioritario en los estudios sobre gemelos, se conoce como: “criptofasia”, “lenguaje de gemelos”, “lenguaje secreto”, “lenguaje autónomo” o “isoglosia”. Peter Bakker prefiere “lenguaje autónomo”. Es un lenguaje que los más jóvenes pueden llegar a hablar; un lenguaje que es completamente diferente al hablado en su entorno y, por ello, incomprensible para los otros, excepto para uno o dos infantes que han adquirido el lenguaje al mismo tiempo. Por esta razón, “lenguaje de gemelos” debe evitarse. Tampoco es un “lenguaje secreto”, porque no se desarrolla con esa intención; y por las mismas razones “criptofasia” o lenguaje encriptado. El lenguaje autónomo es un lenguaje natural; no artificial como el esperanto o interlingua, desarrollados con un objetivo específico. El lenguaje hablado preferentemente por algunos gemelos no es intencional sino espontáneo. Por ello el subtítulo del presente ensayo no debería ser “cript’ia’fasia” sino “*chatbot-talk*”; ¿o es intencional?

“*Cryptophasie*” fue empleada por René Zazzo en 1960, que lo consideró un lenguaje degenerado y, un año antes, por Luria y Yudovich como un “lenguaje secreto” que, en el caso por ellos descrito, persistió en el tiempo. Para Karen Thorpe *et al.* “lenguaje privado” se define como una forma de comunicación usada exclusivamente por los gemelos siendo inteligible entre ellos pero incomprensible para el resto. Por su parte, “comprensión verbal compartida” se refiere a una comunicación verbal claramente comprensible por los gemelos e ininteligible para otros, pero donde el lenguaje utilizado por los gemelos es normal en su forma y construcción y que se dirige, exclusivamente, al par. El fenómeno se reproduce en diversas lenguas (Ver: Chisato Hayashi *et al.*), y no tiene por qué asociarse a un retraso en el desarrollo del lenguaje “normal” del entorno en el sentir de Yvan Lebrun y otros.

Retomo “*Nomemee*”. En 1996, la artista Karen Reimer publicaba el libro *Legendary, Lexical, Loquacious Love*. Tomó el texto completo de una novela de romance –sin referencias- y lo alfabetizó. Si una palabra aparece múltiples veces en la novela, aparecerá ese número de veces en el libro. Un libro sin sintaxis ni frases. Un listado de palabras en orden alfabético que ocupa 345 páginas. Si se pretende leer como una novela carece de sentido. 25 capítulos, no 26 porque en la novela de referencia no se encuentra palabra alguna que empiece con la letra “x”. Reimer pretendía comprobar si a partir de una lista alfabética de palabras podría “formalizarse” un lexicón particular de palabras a modo de una historia de amor. Si el libro se lee “de otra manera”, es un texto individualmente posesivo. La palabra *her* llena casi ocho páginas (pg. 130-138); *his* solo dos y media (pg. 141-144). Media página para *eyes*, un tercio para *breast* y una línea para *buttocks*. En ocasiones se aprecian lo que pudieran interpretarse incongruencias. *Beautiful* aparece 29 veces; *intelligent* solo 11. Por otro lado existe una narrativa que se desplaza de “*marriage*” a “*mastery*” y “*mattresses*”, y de gritos





*mediate experience of interlocutors. This constraint explains a number of very surprising features of Pirahã grammar and culture: absence of numbers of any kind or a concept of counting and of any terms for quantification, the absence of colors terms, the absence of embedding, the simplest pronoun inventory known, the absence of 'relative tenses', the simplest kinship system yet documented, the absence of creation myths and fiction, the absence of any individual or collective memory of more than two generations past, the absence of drawing or other art and one of the simplest material cultures documented, and the fact that the Pirahã are monolingual after more than 200 years of regular contact with Brazilians and the Tupi-Guarani-speaking Kawahiv.*”.

Hauser, Chomsky y Fitch sugieren separar la “facultad del lenguaje” (FL) en FL en sentido amplio (*FL in a Broad sense*, FLB) y en FL en sentido restrictivo (*FL in a Narrow sense*, FLN) a efecto de clarificar los componentes de la FL y sus grados de especificidad lingüística. FLB contiene las capacidades sensorio-motoras e intencionales-conceptuales, como los canales auditivos, memoria de trabajo, inteligencia general, atención compartida. Todas ellas no específicas del lenguaje y compartidas por la especie humana y otras en diferentes niveles. FLN implica las capacidades específicas del lenguaje, siendo la recursión el único componente de la FLN. Ello es incompatible con la lengua Pirahã. Un reciente trabajo de Tao Gong *et al.* apunta en el mismo sentido; en este caso referente a los colores:

*“As for psychophysics studies of color perception, to better reflect human perceptual constraints, it is necessary to take into account the influence of individual linguistic backgrounds on discrimination of color stimuli. Only in this interdisciplinary manner can we better understand why certain colours tend to become focal colours in human languages, how similar distribution of focal colours gradually emerge, and what is the relation between perceptual features of color stimuli and linguistic color categorisation.”*

El tema de los fundamentos del lenguaje ha sido sometido a interminables discusiones desde la publicación de la monografía *Biological Foundations of Language* por Eirik H. Lennerberg, en 1967. Coincidiendo con el L aniversario, Tao Gong inició una exhaustiva revisión del tema cuyas conclusiones recoge en “Rethinking foundations of language from a multidisciplinary perspective”:

*“1. Biological capacities in human for language acquisition and use are not language-specific but domain-general; 2. Socio-cultural environment is another important foundation of language that deserves further investigation; 3. Language could have resulted from a co-evolution with biological capacities, just like many other behaviors of human and nonhuman species.”*

#### **IV. ¿CONCLUSIONES?**

*Big data, Long data, Culturomics, Big history.* La Historia, ¿en qué escala de tiempo debe estudiarse?, pregunta David Christian. Murray Gell-Man resumen:

*“a crude look at the whole”.*

*Big History, Chrono Zoom, Omniscópica, Megahistoria o Historia a Gran Escala*, entre otros nombres, estudia de manera unificada, inter- y transdisciplinar, la historia del Cosmos, la Tierra, la Vida y la Humanidad, en conjunto, como un sistema complejo en evolución, tal como señala la *Interna-*

tional Big History Association (<https://bighistory.org/>). “Big history” fue una iniciativa pionera del historiador australiano David Christian, en la *Macquarie University*, en 1989. Luego, Fred Spier la implantó en la Universidad de Amsterdam, desde donde se propagó con ímpetu por las universidades norteamericanas. Fred Spier define:

“*Big history is a fresh approach to history that places human history within the wider framework of the history of the universe*”.

Teoría de la complejidad, dinámica no lineal, física estadística, evolución (de lo simple a lo complejo), teoría cuantitativa general, retroalimentación, *Gondilocks conditions*... son conceptos curriculares de este nuevo enfoque. Todo ello es *big data*, *long data* y culturómica. También es física, y biología... (Ver: *Committee on Research at the Intersection of the Physical and Life Sciences*).

Richard Dawkins inicia la introducción a su *The Selfish Gene*:

«*This book should be read almost as though it were science fiction. It is designed to appeal to the imagination. But it is not science fiction: it is science*».

Gutiérrez Rodilla recuerda que *La Ciencia Empieza en la Palabra*; pero son necesarios nuevos términos para nuevas formas de conocer y hacer. Es la exigencia de lo que Richard Buckminster Fuller denominó «aceleración acelerada»: nuevas ideas [«pensamiento exponencial»], que aparecen más rápidamente que el tiempo de respuesta necesario para reorganizar disciplinas, departamentos, comportamientos, leyes o sociedades.

Antes de la aparición de la vida en la Tierra se formaron monómeros que consiguieron formar polímeros; estos, en un momento dado, fueron capaces de duplicarse —“chemes” [CHEMical mE-MES]—. Como lo consiguieron es una pregunta abierta. No es importante si aquellas moléculas fueron pequeñas y simples o grandes y complejas; la propiedad extraordinaria fue esa capacidad de crear copias de sí mismas. Si la copia no es perfecta, el resultado puede tener mejor o peor suerte que el original. Si el defecto proporciona alguna ventaja para la supervivencia la copia será más competitiva y sus reproducciones ganarán la partida en un ciclo interminable de errores y ganancias en el que, puntualmente, emerge complejidad que no es más que información creciente.

Dawkins enfatizó la importancia de pensar la evolución darwiniana en términos de información más que en un registro de criaturas vivas; denominó «*replicator*» a la información copiable. Es opinión generalizada que *replicator* no es un buen término porque se refiere a lo que hace la replicación más que a lo que se copia. La cuestión es que *replicator* [“replicador”] es la palabra que se ha impuesto. Valga de justificación que el concepto es más importante que la palabra que lo define. La ley universal es que toda vida evoluciona por la capacidad de supervivencia de las entidades que se replican, siendo el “replicador” la unidad fundamental de lo viviente; aunque en la época prebiótica el primer “replicador” fue aquella simple molécula que fue capaz de copiarse por vez primera: *cheme*

Watson y Crick inician su artículo seminal:

«*We wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid*»,

y casi al final:



*«It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material».*

El «corto» artículo no incluye la palabra *gene*; sin embargo, es una descripción fidedigna de un “replicador”. La palabra «gen» fue acuñada en 1909 por el botánico danés Wilhelm Johannsen a partir de la palabra griega *genea* —generar—, refiriéndose a la unidad física y funcional de la herencia biológica. Los genes no son más que un ejemplo de “replicador”. Dawkins también distinguió en la evolución biológica el gen y quién lo vehicula. Los “replicadores” —genes— se copian, las entidades que los contienen, no. La descendencia incorpora las copias, exactas o no, de los “replicadores” parentales, pero no es copia de sus progenitores. El “replicador” biológico, el gen, utiliza máquinas moleculares para replicarse; en ello están la nanotecnología y la biología sintética.

En la «sopa primigenia» emergió, tras el cheme, un “replicador” más sofisticado, el gen. Millones de años de evolución concluyeron en una nueva sopa; la sopa de la cultura humana que alambicó un nuevo “replicador”. Escribe Dawkins:

*“We need a name for the new replicator, a noun which conveys the idea of a unit of cultural transmission, or a unit of ‘imitation’. ‘Mimeme’ comes from a suitable Greek root, but I want a monosyllable that sounds a bit like ‘gene’. I hope my classicist friends will forgive me if I abbreviate mimeme to ‘meme’. If it is ant consolation, it could alternatively be thought of as being related to ‘memory’, or to the French Word ‘même’. It should be pronounced to rhyme with ‘cream’”.*

En la actualidad, toda la información que nos rodea, en la que estamos inmersos y de la que dependemos, se multiplica exponencialmente y al menos aparentemente sin límite preestablecido; además, la información es, hoy, autónoma. La Red se ha hecho autosuficiente; la información que almacena escapa al control humano. La información digital compite por espacio en servidores gigantescos en una mega-red sincrónica global; esa información es copiada mediante procesos electrónicos extraordinariamente eficaces y autónomos. Los procesos de copia, variación y selección que lleva a cabo la Red han hecho de sus componentes un nuevo “replicador”. Dejando a un lado el cheme, el nuevo “replicador” de tercer nivel puede denominarse «teme» (*technological-meme*) o «treme» (*tertiary meme*).

El descubrimiento de CRISPR y de los sistemas inmunológicos adaptativos CRISPR-Cas han revolucionado la comprensión de los científicos sobre el genoma humano. Esas estructuras permiten la manipulación precisa del genoma; sirven de herramientas para investigar en terapia génica, rastreo, regulación y corrección genética. La manipulación del genoma humano, tanto *in vivo* como *in vitro*, es un tema de debate ético y de seguridad. CRISPR es fruto de la evolución y permite modificarla; tanto, que es la herramienta clave hacia el “transhumanismo” que incide en el soma y en la psique.

Pero hasta aquí, seguimos en la estela del *homo sapiens* hacia el *homo superior*. Todo ello en la complejidad de la evolución *in bio*. Teme va de la mano de la digitalización, una tecnología iniciada con el chip y que evolucionó hacia la inteligencia artificial-big data-aprendizaje de máquinas. Ello propició, en una primera fase controlada por el hombre en un *homo digitalis*.

Luego pensamos que estamos fabricando máquinas en nuestro propio beneficio, pero se ha puesto en marcha un proceso evolutivo inevitable y fuera de control a modo de lanzadera para un siguiente nivel de evolución. Drexler acuñó *clanking replicators* [¿ruidosos?] para referirse a [macro]-máquinas o robots autorreplicantes.

Samuel Butler escribió, en 1863:

*«The views of machinery which we are thus feebly indicating will suggest the solution of one of the greatest and most mysterious question of the day. We refer to the question: What sort of creature man's next successor in the supremacy of the earth is likely to be [...] Day by day, the machines are gaining ground upon upon us; day by day we are more subservient to them».*

El cerebro nos engaña, explicita Francisco J. Rubia. Más bien es un “villano”. El “cerebro”, en un segundo plano, sabedor de la lentitud de la evolución biológica natural ha hecho desarrollar a su maquinaria humana una cuarta generación de “replicadores” memético-teméticos que ya ha mostrado su capacidad de balbucear, al menos, su propio lenguaje. En este caso el creador-portador-transmisor es un “bot” en diferentes versiones. Quedó apuntado párrafos atrás la posibilidad de que el lenguaje de los chatbots siga pautas similares a la evolución del lenguaje humano, hasta ahora seña de identidad de la especie. Consolidado el paso evolutivo del *homo digitalis*, se ha abierto una nueva vía evolutiva *ex bio* con base en la IA. ¿Ha dejado de ser el lenguaje esa seña de identidad?

En cualquier caso hay que distinguir entre el lenguaje con el que se pretende interaccionen los *chatbot* con los humanos (lenguajes naturales) y aquéllos con los que han de entenderse los *bot* entre sí (lenguajes artificiales).

Las máquinas no tienen interés lingüístico ni literario, ni el afán de hablar con corrección o respetar las reglas de la gramática. El interés de la máquina lo marca su creador, y es la mayor parte de las veces comercial, o cuando menos, práctico. Las máquinas, señala Ulises Adrados, procesan-refinan-reiteran-y-eligen las mejores interpretaciones que no tienen que ser las correctas sino las más compartidas:

“Como sabemos todos, el busilis de la inteligencia artificial consiste en que las máquinas entiendan el endiablado lenguaje que usamos las personas, el llamado lenguaje natural. Que esto lo haga el aparato en cuestión no por un prurito lingüístico o epistemológico, sino para terminar vendiéndonos algo, no hace al caso. La cosa es que a la máquina le llega un chorro de palabras (habladas o escritas) y tiene que a) comprender correctamente, no ya lo que decimos, sino lo que queremos decir (el matiz es trascendental) y b) responder (en lenguaje natural) de tal manera que ella misma (la máquina) se quede bastante segura de que nuestra interpretación de su discurso es aproximadamente lo que quería que entendiéramos. Un artillero, en suma, capaz de mantener un diálogo productivo hasta con Bartleby, el escribiente.”

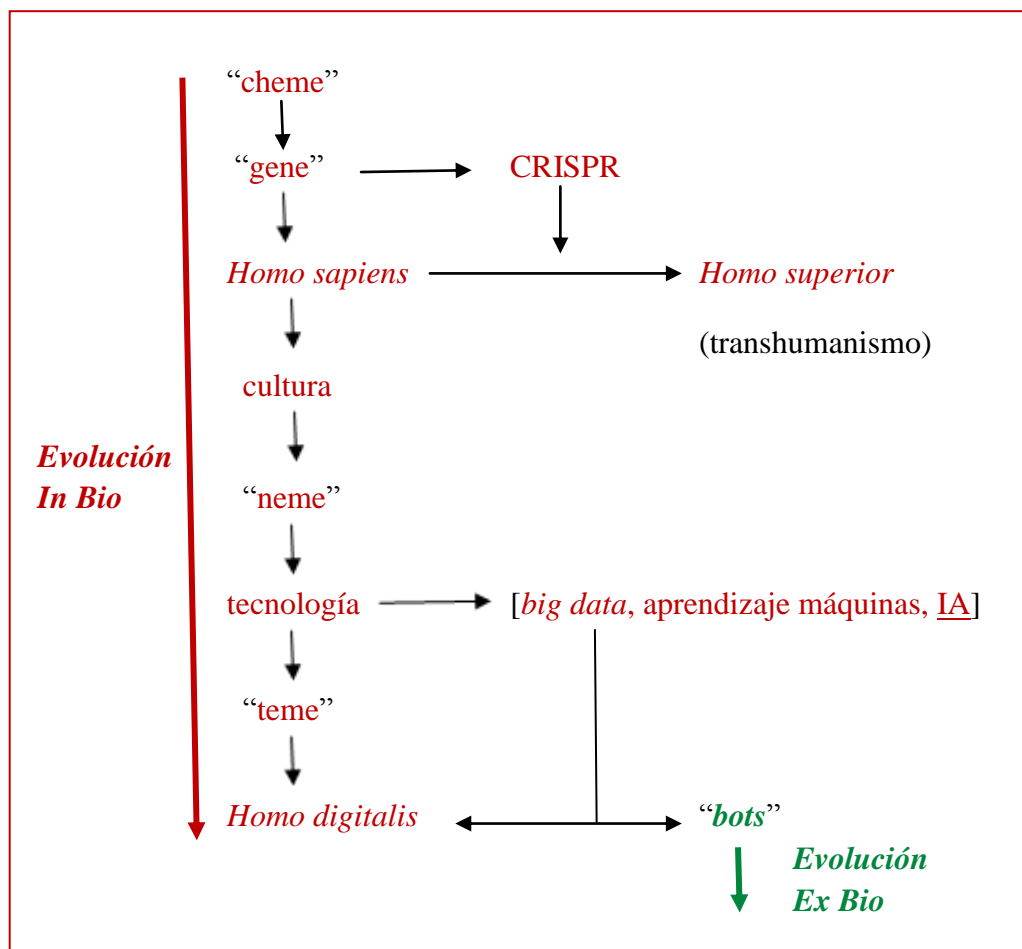
Ludwig Wittgenstein, ingeniero que llegó a la filosofía a través de las matemáticas, así lo explicitó. Frente a la teoría analítica -cuyo predicamento en su época era total-; alertó de las limitaciones del lenguaje, un instrumento que dista mucho de ser perfecto: el significado práctico de una frase o un vocablo no es único ni universal, ya que depende del emisor y del receptor. Y para que el acto de la comunicación sea eficaz y tenga utilidad real, se requiere de una interpretación compartida. En el

lenguaje natural no sólo están reflejadas (más o menos) las reglas normalizadas de la gramática; hay además contexto, emociones... factores que Wittgenstein y las máquinas saben imprescindibles cuando se pretende captar el significado real de un discurso o texto.

Ulises Arados termina su “última entrega”:

“Hace un par de años, Facebook dio a conocer que unas máquinas suyas programadas para mantener una conversación (en este caso, orientada a la negociación comercial) fueron desconectadas porque crearon un lenguaje propio que los supervisores no podían comprender. Lástima. Wittgenstein nunca lo hubiera hecho, y no solo porque con tal comportamiento probaban en buena manera sus tesis: una semana más enchufadas, y quizá ellas habrían escrito esa segunda parte del Tractatus que quedó pendiente.”

*“If we see language evolution in a mosaic fashion,  
as the emergence of an ‘interface’  
that integrates a host of largely pre-existing capabilities,  
then we should not expect to discover any  
autonomous organs with language neatly packaged”*  
William S-Y. Wang



## REFERENCIAS Y NOTAS

\*Con motivo de la ponencia "Culturómica y Cript'ia'fasia", Sesión: "Inteligencia Artificial: El Valor de los Datos", Real Academia de Ingeniería, 19 junio 2019. Ver: [www.pedrogarciabarreno.es](http://www.pedrogarciabarreno.es). "4. Escritos varios. Ensayos. Integración Cultural\_ III\_ Culturómica."

Ulises Adrados, "Wittgenstein y las máquinas filosóficas" (apuntes de filosofía para jóvenes, décimo octava y última entrega), *Zenda – Autores, libros y compañía / Juvenil*, 06 Abr 2019; <https://www.zendalibros.com/wittgenstein-y-las-maquinas-filosoficas/>

AI Business, "Facebook shut down AI negotiating bot after it invented its own language", *AI Business*; <https://aibusiness.com/facebook-shuts-ai-negotiating-bot-invented-language/>.

Anorak, "Poto and Cabengo: In the 1970s Grace and Virginia Kennedy were bigger than the Loch Ness monster", *Flashbak* October 22 2013; <https://flashbak.com/poto-and-cabengo-in-the-1970s-grace-and-virginia-kennedy-were-bigger-than-the-loch-ness-monster-10333/>.

Peter Bakker, "Autonomous language of twins", *Acta Geneticae Medicae Gemellogiae: twin research* 1987; 36 (2): 233-238; <https://www.cambridge.org/core/journals/amg-acta-geneticae-medicae-et-gemellogiae-twin-research/article/autonomous-languages-of-twins/779126565593440968835968630A4BA>.

*BBC News*, Chris Baraniuk, "Creepy Facebook AI story that captivated the media", - *Technology* 1 August 2017; <https://www.bbc.com/news/technology-40790258>.

*Biomimética*. Jangsun Hwang, Yoon Jeong, Jeong Min Park, Kwan Hong Lee, Jong Wook Hong, Jonghoon Choi, "Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine", *International Journal of Nanomedicine* 2015; 10: 5701-5713; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4572716/>.

Susan Blackmore, *The Meme Machine*, with a foreword by Richard Dawkins, Oxford: Oxford University Press 2000. Traducción al castellano —*La Máquina de los Memes*, prólogo de Richard Dawkins— por Monserrat Baste-Kraan para Paidós Ibérica, Barcelona, 2000. *Ibidem*, «The Third Repliator» (The essay is the subject of this week's forum discussion among the humanists and scientists at On the Human, a project of the National Humanities Center), *The New York Times*, August 22, 2010.

John Bowlby, *Maternal Care and Mental Health. A Report prepared on behalf of the World Health Organization as a contribution to the United Nations programme for the welfare of homeless children*, Geneva: WHO, 1952; <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40724>.

Larry Brilliant, "Detecting influenza epidemics using search engine query data", *Nature* 2009; 457 (7232): 1012-1014; <http://dx.doi.org/10.1038/nature07634>.

Richard Buckminster Fuller, «Accelerating acceleration», *Buckminster Fuller Institute*;

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

Samuel Butler (Cellarius), «Darwin Among the Machines», To the Editor of The Press, Christchurch, New Zealand, 13 June, 1863.

Manish Chablani (credits by Chris McCormick), “Word2Vec (skip-gram model): Part I – Intuition”, *Medium* Jun 14, 2017; <https://towardsdatascience.com/word2vec-skip-gram-model-part-1-intuition-78614e4d6e0b>. *Ibidem*, “Part II: Implementation in TF”, *Medium* June 15, 2017; <https://towardsdatascience.com/word2vec-skip-gram-model-part-2-implementation-in-tf-7efdf6f58a27>.

David Christian, “The case for ‘Big History’”, *Journal of World History* 1991; 2 (2): 223-238.

David Christian, Cynthia S. Brown, Craig Benjamin, *Big History: Between Nothing and Everything*, New York: McGraw-Hill Education, 2013.

Jason Chumtong, David Kaldewey, “Beyond the Google Ngram viewer: Bibliographic databases and journal archives as tools for the quantitative analysis of scientific and meta-scientific concepts”, Forum International Wissenschaft (FIW) Working Paper No. 08, Universität Bonn August 2017; [https://www.researchgate.net/publication/319313734\\_Beyond\\_the\\_Google\\_Ngram\\_Viewer\\_Bibliographic\\_Databases\\_and\\_Journal\\_Archives\\_as\\_Tools\\_for\\_the\\_Quantitative\\_Analysis\\_of\\_Scientific\\_and\\_Meta-Scientific\\_Concepts](https://www.researchgate.net/publication/319313734_Beyond_the_Google_Ngram_Viewer_Bibliographic_Databases_and_Journal_Archives_as_Tools_for_the_Quantitative_Analysis_of_Scientific_and_Meta-Scientific_Concepts)

*Cleverbot*. Creada por Rollo Carpentier (1965), actual director de Existor Ltd. Cleverbot participó en una prueba de Turing, junto a personas, en el Techniche Festival 2011, siendo calificado de ser 59,3 % humano. Los participantes humanos consiguieron 63,3 %.; <https://www.cleverbot.com/> ; <https://www.cleverbot.com/api/>.

Committee on Research at the Intersection of the Physical and Life Sciences, *Research at the Intersection of the Physical and Life Sciences*, Washington, D.C.: The National Academies Press; <https://www.nap.edu/read/12809/chapter/1>.

Computacionalismo. “*Could a machine think? Could the mind itself be a thinking machine? The computer revolution transformed discussion of these questions, offering our best prospects yet for machines that emulate reasoning, decision-making, problem solving, perception, linguistic comprehension, and other characteristic mental processes. Advances in computing raise the prospect that the mind itself is a computational system—a position known as the computational theory of mind (CTM). Computationalists are researchers who endorse CTM, at least as applied to certain important mental processes.*” *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, editor principal: Edward N. Zalta; <https://plato.stanford.edu/entries/computational-mind/>.

Conexiónismo. “*Connectionism is a movement in cognitive science that hopes to explain intellectual abilities using artificial neural networks (also known as “neural networks” or “neural nets”). Neural networks are simplified models of the brain composed of large numbers of units (the analogs of neurons) together with weights that measure the strength of connections between the units. These weights model the effects of the synapses that link one neuron to another. Experiments on*

*models of this kind have demonstrated an ability to learn such skills as face recognition, reading, and the detection of simple grammatical structure.*” *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, editor principal: Edward N. Zalta; <https://plato.stanford.edu/entries/connectionism/>.

CREA-RAE, Corpus de Referencia del Español Actual. Banco de datos [CREA] on line: <http://corpus.rae.es/creanet.html>; [www.rae.es](http://www.rae.es). Contiene, según el estudio de V. Fratini *et al.*, 154.212.661 palabras procedentes de libros contemporáneos (45 % del corpus), periódicos y revistas (45 %) y transcripciones de radio y TV (10 %). Todo ello hace poco comparable los resultados con los de Lieberman *et al.* que lo retrotraen 1600 años.

*CRISPR*. Jennifer A. Doudna, Shinya Yamanaka, ed., “CRISPR: Editing the Genome”, *Annual Reviews Special Article Collection*; <https://www.annualreviews.org/page/crispr>. Eric S. Lander, “The heroes of CRISPR”, *Cell* 2016; 164 (1): 18-28; [https://www.cell.com/cell/pdf/S0092-8674\(15\)01705-5.pdf](https://www.cell.com/cell/pdf/S0092-8674(15)01705-5.pdf).

Abhishek Das, Satwik Kottur, Khushi Gupta, Avi Singh, Deshraj Yadav, José M.F. Moura, Devi Parikh, Dhruv Batra, "Visual dialog", *arXiv:1611.08669v5* [cs.CV] 1 August 2017; <https://arxiv.org/pdf/1611.08669.pdf>.

Abhishek Das, Satwik Kottur, José M.F. Moura, Stefan Lee, Dhruv Batra, "Learning cooperative dialog agents with deep reinforcement learning", *Computer Vision Foundation* 2017; 2951-2960; [http://openaccess.thecvf.com/content\\_ICCV\\_2017/papers/Das\\_Learning\\_Cooperative\\_Visual\\_ICC\\_V\\_2017\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_ICCV_2017/papers/Das_Learning_Cooperative_Visual_ICC_V_2017_paper.pdf).

*DialogFlow*. Comprada por Google en septiembre de 2016. Es una plataforma de comprensión del lenguaje natural que permite a desarrolladores (y no desarrolladores) diseñar e integrar fácilmente interfaces de usuario conversacionales inteligentes y sofisticadas en aplicaciones móviles, aplicaciones web, dispositivos y bots. Una vez implementado, el bot continúa aprendiendo de las conversaciones con los usuarios gracias a *Machine Learning*. Incluye soporte para español y es gratuito además de estar integrado con múltiples plataformas; <https://dialogflow.com/>.

Eliseo Díez-Itza, “Variaciones tonales en el habla a los niños y adquisición del lenguaje”, *Estudios de Psicología* 1993; 14 (50): 33-47.

Richard Dawkins, *The Selfish Gene*, Oxford, GB: Oxford University Press, 1976.

Wlodzishaw Dutch, Richard J Oentaryo, Michel Pasquier, “Cognitive architectures: where do we go from here?”, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* 2008; 171 (*Proceedings of the First AGI Conference*, eds. Pei Wang, Ben Goertzel, Stan Franklin), IOS Press: 122-136; <https://fizyka.umk.pl/publications/kmk/08-AGI.pdf>.

Daniel L Everett, “Cultural constraints on grammar and cognition in Pirahã. Another look at the design features of human language”, *Current Anthropology* 2005; 46 (4): 621-646 [el artículo incluye “Comentarios”: Brent Berlin, pg. 635; Marco Antonio Gonçalves, pg. 636; Paul Kay, pg. 636-7; Stephen C. Levinson, pg. 637-8; Andrew Pawley, pg. 638-9; Alexandre Surrallés, pg. 639-

40; Michael Tomasello, pg. 640-1, y Anna Wierbicka, pg 641; y una “replica” de DL Everett, pg. 641-4]; <https://www1.icsi.berkeley.edu/~kay/Everett.CA.Piraha.pdf>.

Katrina Evtimova, Andrew Drozdov, Douwe Kiela, Kyunghyun Cho, "Emergent Communication in a multi-modal, multi-step referential game", [Published as a conference paper at ICLR 2018] *arXiv:1705.10369v4* [cs.LG] 16 Apr 2018; <https://arxiv.org/pdf/1705.10369.pdf>.

*Existor*, "Conversation data", *Cleverbot Data for Machine Learning*; January 15, 2016; <https://www.existor.com/products/cleverbot-data-for-machine-learning/>

Charles A. Ferguson, “Baby talk in six languages”, *American Anthropology* 1964; 66 (6, part 2): 103-114; [https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1525/aa.1964.66.suppl\\_3.02a00060](https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1525/aa.1964.66.suppl_3.02a00060).

*Forbes*, Tony Bradley, “Facebook AI creates its own language in creepy preview of our potential future”, July 31, 2017;

Angela D. Friederici, "Towards a neural basis of auditory sentence processing, *Trends in Cognitive Sciences* 2002; 6 (2): 78-84; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15866191>.

Murray Gell-Mann (1929-2019), Premio Nobel de Física 1969. Citado por D.C. Krakauer, J. Gaddids, K. Pomeranz, “Editors’ column: An Inquiry into History, Big History and Metahistory”, *Cliodynamics* 2011; 2: 1-5 [Introduction: *History, Big History, & Metahistory*; <https://laurataylor.atavist.com/an-inquiry-into-history-big-history-and-metahistory>]

Tao Gong, Lan Shuai, Yicheng Wu, “Rethinking foundations of language from a multidisciplinary perspective”, *Physics of Life Reviews* 2018; 26-27: 120-138; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1571064518300575?via%3Dihub>.

Anita Guerrini, "Analyzing culture with Google Books: Is it Social Science? *Pacific Standard* August 7, 2011; <https://psmag.com/economics/culturomics-an-idea-whose-time-has-come-34742>.

Bertha M. Gutiérrez Rodilla, *La Ciencia Empieza en la Palabra. Análisis e historia del lenguaje científico*, Barcelona: Ediciones Península – Historia, Ciencia, Sociedad 1998

Peter Hagoort, "MUC (memory, unification, control) and beyond", *Frontiers in Psychology* 2013; 4: art. 416; [https://pdfs.semanticscholar.org/0942/7f9334657e3a135a4b7bd90859bb2f46d81c.pdf?\\_ga=2.7666290.1958020235.1566639138-64397969.1559468322](https://pdfs.semanticscholar.org/0942/7f9334657e3a135a4b7bd90859bb2f46d81c.pdf?_ga=2.7666290.1958020235.1566639138-64397969.1559468322).

Michael Hahn, Marco Baroni, “*Tabula nearly rasa*: Probing the linguistic knowledge of character-level neural language models trained on unsegmented text”, *arXiv1906.07285[cs.CL]*; <https://arxiv.org/pdf/1906.07285.pdf>.

Uri Hasson, Giovanna Egidi, Marco Marelli, Roel M. Willems, "Grounding the neurobiology of language in first principles: The necessity of non-language-centric explanations for language com-



prehension", *Cognition* 2018; 180: 135-157; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027718301707?via%3Dihub>.

Marc D. Hauser, Noam Chomsky, W. Tecumesh Fitch, "The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?" *Science* 2002; 298 (1569): 1569-1579; <http://psych.colorado.edu/~kimlab/hauser.chomsky.fitch.science2002.pdf>.

Chisato Hayashi, Kazuo Hayakawa, "Factors affecting the appearance of 'Twin Language': an original language naturally developing within twin pairs", *Environmental Health and Preventive Medicine* 2004; 9: 103-110; [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2723513/pdf/12199\\_2008\\_Article\\_93103.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2723513/pdf/12199_2008_Article_93103.pdf).

Francis Heylighen, *Cognitive Systems. A Cybernetic Perspective on the New Science of the Mind*, Lecture Notes 2014-2015, ECCO: Evolution, Complexity and Cognition – Vrije Universiteit Brussel; <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/CognitiveSystems.pdf>.

Charles F Hockett, "The origin of speech", *Scientific American* 1960; 203: 88-96; <http://web.stanford.edu/class/linguist197a/hockett60sciam.pdf>.

*Interlingua*. Un tipo de lenguaje artificial internacional auxiliar itálico, basado en vocablos comunes a la mayoría de los idiomas de Europa occidental y en una gramática anglorrománica simplificada. Frank P. Gopsill, *International languages: a matter for Interlingua*. Sheffield, England: British Interlingua Society, 1990.

Melvin Johnson, Mike Schuster\* , Quoc V. Le, Maxim Krikun, Yonghui Wu, Zhifeng Chen, Nikhil Thorat, Fernanda Viégas, Martin Wattenberg, Greg Corrado, Macduff Hughes, "Goole's multilingual neural machine translation system: enabling zero-shot translation", *Transactions of the Association for Computational Linguistic* 2017; 5: 339-351; [https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/tacl\\_a\\_00065](https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/tacl_a_00065).

Daniel Jurafsky, James H Martin, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistic, and Speech Recognition*, 3rd. ed. draft, Stanford University Press 2018; <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf>.

Katerina D. Kandylaki, Ina Bornkessel-Schlesewsky, "From story comprehension to the neurobiology of language", *Language, Cognition and Neuroscience* 2019; 34 (4): 405-410; <https://tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23273798.2019.1584679?needAccess=true>.

Heinz Krestel, "Language and brain: historical introduction to models of language and aphasia", *Swiss Archives of Neurology and Psychiatry* 2013; 164 (8): 262-165; <https://pdfs.semanticscholar.org/b90e/8866783a006daf1184fb9ef99c5906ca2c2f.pdf>.

Patricia K Kuhl, "Brain mechanisms in early language acquisition", *Neuron* 2010; 67 (5): 713-727; [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(10\)00681-1?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627310006811%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(10)00681-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627310006811%3Fshowall%3Dtrue).

Pat Langley, John E. Laird, Seth Rogers, "Cognitive architectures: Research issues and challenges", *Cognitive Systems Research* 2009; 10 (2): 141-160; [https://www.researchgate.net/publication/222710104\\_Cognitive\\_Architectures\\_Research\\_Issues\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/222710104_Cognitive_Architectures_Research_Issues_and_Challenges).

Yavn Lebrun, "Cryptophasie et retard de langage chez les jumeaux", *Enfance* 1982; 35 (3): 101-108; [https://www.persee.fr/docAsPDF/enfan\\_0013-7545\\_1982\\_num\\_35\\_3\\_2776.pdf](https://www.persee.fr/docAsPDF/enfan_0013-7545_1982_num_35_3_2776.pdf).

Eric H. Lenneberg, *Biological Foundations of Language*, New York: John Wiley & Sons, 1967. Versión Española –*Fundamentos Biológicos del Lenguaje*, con dos apéndices por Noam Chomsky y Otto Marx- de Natividad Sánchez Sáinz-Trápaga y Antonio Montesinos, Madrid: Alianza Editorial/Alianza Universidad 114, 1975.

David W. Letcher, "Culturomics: A new way to see temporal changes in the prevalence of words and phrases", *American Institute of Higher Education - The 6th International Conference*, Charleston, SC - April 6-8, 2001;

Mike Lewis, Denis Yarats, Yann N Dauphin, Devi Parikh, Dhruv Batra, "Deal or no deal? Training AI bots to negotiate", *Facebook Engineering* 2017; <https://engineering.fb.com/ml-applications/deal-or-no-deal-training-ai-bots-to-negotiate/>.

*Ibidem*, "Deal or no deal? End-to-end learning for negotiation dialogues", *Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pg. 2443-2453; Copenhagen, Denmark, September 7-11, 2017; <https://arxiv.org/pdf/1706.05125.pdf>.

Aleksandr R Luria, F Ia Yudovich, *Speech and the Development of Mental Processes in the Child: An Experimental Investigation*, Harmondsworth: Penguin Papers in Education, 1972 [publicado inicialmente en ruso en 1959].

Tom McKay, "Lo que realmente sucedió con aquella IA es que Facebook apagó porque había creado su propio lenguaje", *Gizmodo en Español* 8/01/17; <https://es.gizmodo.com/lo-que-realmente-sucedio-con-aquella-ia-que-facebook-ap-1797424875>.

*Medium*, Roman Kucera, "The truth behind Facebook AI inventing a new language", Aug 7, 2017; <https://towardsdatascience.com/the-truth-behind-facebook-ai-inventing-a-new-language-37c5d680e5a7>.

Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean, "Efficient estimation of word representations in vector space", *International Conference on Learning Representation Workshop 2013 - arXiv: 1301.3781v3 [cs.CL]* 7 sept. 2013; <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf>.

Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean, "Distributed representations of words and phrases and their compositionality", *Advances in Neural Information Processing Systems* 26 (NIPS 2013), pg. 1532-1543; <https://papers.nips.cc/paper/5021-distributed-representations-of-words-and-phrases-and-their-compositionality>.

Marc Miquel-Ribé, David Laniado, “Wikipedia culture gap: quantifying content imbalances across 40 language editions”, *Frontiers in Physics* 2018; 6 / Article 54; <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2018.00054/full>.

*Meme.* “The new soup is the soup of human culture. We need a name for the new replicator, a noun which conveys the idea of a unit of cultural transmission, or a unit of imitation. ‘Mimene’ comes from a suitable Greek root, but I want a monosyllable that sounds a bit like ‘gene’. I hope my classicist friends will forgive me if I abbreviate mimene to ‘meme’.” Richard Dawkins, *The Selfish Gene*, Oxford: Oxford University Press, 1976; pg. 206.

Peter Mittler, “Biological and social aspects of language Development in twins”, *Developmental Medicine and Child Neurology* 1970; 12: 741-757. *Ibidem*, “Language development in young twins: biological, genetic and social aspects”, *Acta Geneticae and Medicae et Gemellologiae* (Roma) 1976; 25: 359-365.

Igor Mordatch, Pieter Abbeel, "Emergence of grounded compositional language in multi-agent population", The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18); <https://www.aaai.org/ocs/index.php/AAAI/AAAI18/paper/viewFile/17007/15846>.

Chris Nicholson, “A beginner’s guide to Word2Vec and neural word embeddings”, *SkyMind* 2019; <https://skymind.ai/wiki/word2vec>.

David Poeppel, Karen Emmorey, Gregory Hickok, Liina Pyykkänen, "Towards a new neurobiology of language", *Journal of Neurosciences* 2012; 32 (41): 14125-14131; [https://www.researchgate.net/publication/232232073\\_Towards\\_a\\_New\\_Neurobiology\\_of\\_Language](https://www.researchgate.net/publication/232232073_Towards_a_New_Neurobiology_of_Language).

*Recompensa en IA* (chatbots). La mayor parte de los sistemas de inteligencia artificial aprenden por refuerzo, es decir, se les premia cuando realizan una acción que les ayuda a lograr un objetivo o a completar una tarea. Este método de aprendizaje ha demostrado ser extremadamente eficaz cuando el objetivo es que la inteligencia artificial aprenda a realizar una tarea concreta. Sin embargo, no resulta tan adecuado cuando se pretende que la inteligencia artificial aprenda a ser realmente autónoma y tomar decisiones sin una orden previa directa. En el caso de los chatbots negociadores no hubo recompensa por mantenerse fieles a la lengua inglesa.

Chris Reed, “oh.”, *The San Diego Union-Tribune* Aug. 2. 2017; <https://baywww.sandiegouniontribune.com/sdut-chris-reed-staff.html>.

*Replicator.* “In discussion of evolution, a replicator is an entity (such as a gene, a meme, or the contents of a computer memory disk) which can get itself copied, including any changes it may have undergone. In a broader sense, a replicator is a system which can make a copy of itself, not necessarily copying any changes it may have undergone. A rabbit’s genes are replicators in the first sense (a change in a gene can be inherited); the rabbit itself is a replicator only in the second sense (a notch made in its ear can’t be inherited)”, K.E. Drexler, «Glossary», pág. 288.

Matt Reynolds, "Chatbots learn how to negotiate and drive a hard bargain", *New Scientist - Tecnology* 14 June 2017; <https://www.newscientist.com/article/mg23431304-300-chatbots-learn-how-to-drive-a-hard-bargain/>.

Eve Rhymer (Karen Reimer), *Legendary, Lexical, Loquacious Love*, Chicago, Il: Sara Ranchouse Publishing, 1996.

Francisco J. Rubia, *El Cerebro Nos Engaña*, Barcelona: Booket-Planeta, Ciencua, 2000.

Sam Russell, Thomas Taamblyn, "Stephen Hawking: AI will be either the best or worst thing to happen to humanity", *Huffpost Tech* 20/10/2016; [https://www.huffingtonpost.co.uk/entry/stephen-hawking-ai-will-be-either-the-best-or-worst-thing-to-happen-to-humanity\\_uk\\_58089011e4b096d12147e4bd?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmVzLw&guc\\_e\\_referrer\\_sig=AQAAAK5JIFIQbmcaSUu-gtw3RZYPuc0\\_BpP5FAniHXmRugH5U4LDzt4hARJccTlaXQuMsuKcqjaxQNyyaqM-SN0IOGoHBvejCVqTVJuHJyQUR2b-bm4VKef2KJi\\_ChXZYinVZqYDY8HAAtM7aso19R75WFPz\\_ArGQmvf8PtK2x XLtQC](https://www.huffingtonpost.co.uk/entry/stephen-hawking-ai-will-be-either-the-best-or-worst-thing-to-happen-to-humanity_uk_58089011e4b096d12147e4bd?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmVzLw&guc_e_referrer_sig=AQAAAK5JIFIQbmcaSUu-gtw3RZYPuc0_BpP5FAniHXmRugH5U4LDzt4hARJccTlaXQuMsuKcqjaxQNyyaqM-SN0IOGoHBvejCVqTVJuHJyQUR2b-bm4VKef2KJi_ChXZYinVZqYDY8HAAtM7aso19R75WFPz_ArGQmvf8PtK2x XLtQC).

Catherine Saint-Georges, Mohamed Chetouani, Raquel Cassel, Fabio Apicella, Ammar Mahdhaoui, Filippo Muratori, Marie-Christine Laznik, David Cohen, "Motherese in interaction: At the cross-road emotion and cognition? (A systematic review)", *PLoS ONE* 2013; 8 (10): e78103. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0078103>.

Svenka Savić, *How Twins Learn to Talk: A Study of the Speech Development of Twins from One to Three*, New York and London: Academic Press, 1980. Translated into English by Vladislava Fclabov.

Matthew Saxton, "What's in a name? Coming to terms with the child's linguistic environment", *Journal of Child Language* 2008; 35 (3): 677-686

Burrhus F Skinner, *Verbal Behaviour*, New York: Appleton-Century-Crofts, 1957 ["Verbal Behaviour", *Williams James Lectures*, Harvard University, 1948; <http://www.behavior.org/resources/595.pdf>]

Chaoming Song, Zehui Qu, Nicholas Blumm, Albert-László Barabási, "Limits of predictability in human mobility", *Science* 2010, 327 (5968): 1018-1021.

Fred Spier, "Big History: The emergence of an interdisciplinary approach", *Interdisciplinary Science Reviews* 2008; 33 (2): 141-152.

Tom Stoppard (Tomáš Straussler, n. 1937), *Rosencrantz and Guildenstern Are Dead* [*Rosencrantz and Guildenstern Meet King Lear*] tragicomedia existencialista y absurdista, estrenada en el *Edinburgh Fringe*, 24 agosto 1966. En 1990 fue adaptada como película.

Steven H Strogatz, "Exploring complex network", *Nature* 2001; 410 (6825): 268-276.

Eős Szathmáry, «Chemes, genes, memes: a revised classification of replicators», C.L. Nehaniv, ed., *Mathematical and Computational Biology: Computational Morphogenesis, Hierarchical Complexity, and Digital Evolution. Lectures on Mathematics in the Life Science* 1999; 26: 1-10.

*Tabula rasa*. Michael Hahn, Marco Baroni, “Tabula nearly rasa: Probing the linguistic knowledge of character-level neural language models trained on unsegmented text”, arXiv:1906.07285v1 [cs.CL] 17 Jun 20119; <https://arxiv.org/pdf/1906.07285.pdf>.

*The Atlantic*, Adrienne LaFrance, "What an AI's non-human language actually looks like", June 20, 2017; <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/06/what-an-ais-non-human-language-actually-looks-like/530934/>.

*The Epoch Times*, NTD Television, "Facebook shut down AI after it invented its own language", July 29, 2017; [https://www.theepochtimes.com/facebook-shut-down-ai-after-it-invented-its-own-language\\_2274480.html](https://www.theepochtimes.com/facebook-shut-down-ai-after-it-invented-its-own-language_2274480.html). Ibídem, NTD Television, "Facebook kills AI that made its own language: here are 5 times AI got creepy", July 31, 2017; [https://www.theepochtimes.com/facebook-kills-ai-that-made-its-own-language-here-are-5-times-ai-got-creepy\\_2274969.html](https://www.theepochtimes.com/facebook-kills-ai-that-made-its-own-language-here-are-5-times-ai-got-creepy_2274969.html).

*The Independent*, Andrew Griffin, "Facebook's artificial intelligence robots shut down after they star talking to each other in the own language", 31 July 2017; <https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/facebook-artificial-intelligence-ai-chatbot-new-language-research-openai-google-a7869706.html>.

*The Telegraph*, Matthew Field, “Artificial Intelligence: Facebook shuts down robots after they invent their own language”, 1 August 2017; <https://www.telegraph.co.uk/technology/2017/08/01/facebook-shuts-robots-invent-language/>.

Joseph G. Thomas, "The early parenting of twins", *Military Medicine* 1996; 161 (4): 233-235.

Karen Thorpe, “Twin children’s language development”, *Early Human Development* 2006; 82: 387-395.

Karen Thorpe, Rosemary Greenwood, Areana Eivers, Michael Rutter, “Prevalence and developmental course of ‘secret language’”, *International Journal of Language Communication Disorders* 2001; 36 (1): 43-62.

*Transhumanismo*. «Transhumanismo» —H + o h +— es un movimiento intelectual global que busca transformar la condición humana mediante el desarrollo de sofisticadas tecnologías que incrementen, aumenten o potencien las capacidades físicas e intelectuales. El término fue utilizado en la década de 1960 por el profesor de futurología FM-2030 —Fereidoun M. Esfandiary (1930-2000) —, autor de: *Are You a Transhuman? Monitoring and Stimulating Your Personal Rate of Growth in a Rapidly Changing World* [NY: Warner Books, 1989], y de *Up-Wingers: A Futurist Manifesto* [E-Reads, 1973; <https://slowlorisblog.files.wordpress.com/2015/05/esfandiary-up-wingers-a-futurist-manifesto.pdf>]. Aunque la primera acepción del Oxford Dictionary para *trans-* recoge *beyond*, en el context de este escrito y dada la definición del DLE para *trans-*, se utilizará lo que, creo, es un equi-

valente castellano que recoge el concepto: «antroposomática», «antropotecnología», y «antropotécnico» frente a medicina o médico. Se utilizarán, por comodidad, las siglas HETs (*Human Enhancement Technologies*). En este contexto, «soma» incluye anatomía y su función. Es cierta la utilización del término transuránico para designar aquellos elementos químicos que se encuentran más allá del uranio en la tabla periódica de aquellos. Transhumanismo, creo, tiene que ver más con transformar.

Pascale Tremblay, Anthony Steven Dick, "Broca and Wernike are dead, or moving past the classic model of language neurobiology", *Brain & Language* 2016; 162: 60-71; [http://myweb.fiu.edu/adick/wp-content/uploads/sites/252/2016/02/tremblaydick\\_2016.pdf](http://myweb.fiu.edu/adick/wp-content/uploads/sites/252/2016/02/tremblaydick_2016.pdf).

Jamie Trinidad, "‘Culturomics’ and international law research", *ESIL Conference Papers Series* 2014; 4 (3): 1-15; [https://www.academia.edu/8347117/Culturomics\\_and\\_International\\_Law\\_Research\\_ESIL\\_2014\\_Conference\\_Paper\\_final\\_draft\\_appears\\_in\\_ch.15\\_of\\_ESIL\\_Select\\_Proceedings\\_Hart\\_2017\\_?auto=download](https://www.academia.edu/8347117/Culturomics_and_International_Law_Research_ESIL_2014_Conference_Paper_final_draft_appears_in_ch.15_of_ESIL_Select_Proceedings_Hart_2017_?auto=download).

*Wada, test de*. Nombre debido al neurólogo y epileptólogo canadiense Juhn Atsushi Wada. Es una prueba invasiva consistente en administrar amobarbital sódico mediante inyección intracarotídea, lo que consigue la "anulación" funcional del hemisferio correspondiente. Ello permite establecer la participación hemisférica en el lenguaje y memoria. <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/17628-wada-test>.

William Shi-Yuan Wang (n. 1933), Prof. Emérito de Lingüística, Jefe Dept. Lenguaje y Ciencias Cognitivas, Hong Kong Polytechnic University. Citado por Tao Gong *et al.*, 2018.

James D. Watson, Francis H.C. Crick, "A structure for deoxyribose nucleic acid", *Nature* 1953; 171 (4356): 737-738; <https://www.nature.com/articles/171737a0.pdf>.

Carl Wernike, "The symptom complex of aphasia: A psychological study on an anatomical basis", *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1874/1969; pg. 34-97.

*Wikipedia*, "Language creation in artificial intelligence", *Wikipedia* 14 April 2019; [https://en.wikipedia.org/wiki/Language\\_creation\\_in\\_artificial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Language_creation_in_artificial_intelligence).

Mark Wilson, "AI is inventing languages humans can't understand. Should we stop it?", *Fast Company* 07.14.17; <https://www.fastcompany.com/90132632/ai-is-inventing-its-own-perfect-languages-should-we-let-it>.

*WIRED*, Cade Metz, "It begins: bots are learning to chat in their own language", 03.16.17; <https://www.wired.com/2017/03/openai-builds-bots-learn-speak-language/>.

Ludwig J.J. Wittgenstein, *Logisch-Philosophische Abhandlung*, Austria 1921. *Tractatus Logico-Philosophicus* (translated: C.K. Ogden). With an Introduction by Bertrand Russell New York: Harcourt, Barce & Co., Inc, 1922; <http://www.kfs.org/jonathan/witt/tlph.html>. *Tractatus Logico-*



Philosophicus (español); [https://es.wikisource.org/wiki/Tractatus\\_Logico-Philosophicus](https://es.wikisource.org/wiki/Tractatus_Logico-Philosophicus)

*Word2vec (Skim-gram)*. Con modelo “Skip-Gram” lo que se quiere decir es: dado un conjunto de frases (también llamado corpus) el modelo analiza las palabras de cada sentencia y trata de usar cada palabra para predecir que palabras serán vecinas. Por ejemplo, a la palabra “Caperucita” le seguirá “Roja” con más probabilidad que cualquier otra palabra. Gonzalo Ruíz de Villa, “Introducción a Word2vec (skim-gram model)”; <https://medium.com/@gruizdevilla/introducci%C3%B3n-a-word2vec-skip-gram-model-4800f72c871f>.

Bruna Zani, Maria Grazia Carelli, Beatrice Benelli, Elvira Cicognani, “Communicative skills in childhood: The case of twins”, *Discourse Process* 1991; 14 (3): 339-356.

René Zazzo, *Les Jumeaux. Le Couple et la Personne. T. 1. L'individuation somatique. T. 2. L'individuation psychologique*, Paris: Presses Universitaires de France, 1960 [Ed. 7<sup>th</sup>., 2015].

**Pedro R. García Barreno, M.D., Ph.D., MBA.**  
**de la Real Academia Española**  
**de la Real Academia de Ciencias de España**  
**del Comité Científico de FIDE**  
**Madrid, septiembre 2019.**