

# Culturómica II: «Cript'ia'fasia»

PEDRO GARCÍA BARRENO

*Real Academia Española*

*Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*

RESUMEN: Aproximadamente, a los cuatro meses el bebé empezará a balbucear usando muchos de los ritmos y las características de su idioma natal. La participación de dichos ritmos y características en el desarrollo del lenguaje del niño será incluso más importante después de los seis o siete meses, cuando empiece activamente a imitar los sonidos de las palabras. En la última década se observa una tendencia de aumento del número de mellizos debido, principalmente, al alza de los tratamientos de fertilidad asistida y al aumento de la edad materna. Las cifras hablan de un 40% más de mellizos. Desde la fonoaudiología, algunos estudios muestran una marcada presencia de retraso en el lenguaje expresivo en mellizos, incluso una criptofasia. Por otro lado, las tecnologías de la voz no son algo nuevo. En 1952 se construyó el primer reconocedor automático de voz, que identificaba dígitos. El auge en los últimos años de las interfaces de voz en el mercado se debe a mejoras sustanciales como la reducción de errores de comprensión en estas tecnologías. Pero ¿qué retos quedan por resolver para que podamos interactuar con la tecnología de manera más natural? El concepto *machine to machine* representa cualquier tecnología que permita que dos dispositivos intercambien información entre sí, es decir que se comuniquen y envíen datos. La comunicación que se produce entre las máquinas o dispositivos es autónoma, es decir, no hace falta intervención humana para que se produzca este intercambio de datos. Por último, el trabajo de Everett se inserta en una ola de críticas a la Gramática Universal (que de todas formas sigue gozando de buena salud) por parte de científicos de diversas extracciones, que trabajan el lenguaje desde otro punto de vista, generalmente evolutivo, dando lugar a diferencias en el lenguaje fundadas en el desarrollo cognitivo dentro de un entorno social, cultural y ecológico.

*Palabras clave:* Criptofasia, lengua pirahã, lenguaje máquina-humano, lenguaje máquina-máquina.

ABSTRACT: At about four months the baby will begin to babble using many of the rhythms and features of his native language. Her involvement in the child's language development will be even more important after six or seven months when she begins to actively imitate the sounds of words. In the last decade, a trend of increasing the number of twins has been observed, mainly due to the increase in assisted fertility treatments and the increase in maternal age. The figures speak of 40% more twins. From speech therapy, some studies show a marked presence of delay in expressive language in twins, including cryptophasia. On the other hand, voice technologies are not something new. In 1952 the first automatic voice recognizer was built, which identified digits. The rise of voice interfaces in the market in recent years is due to substantial improvements such as the reduction of comprehension errors in these technologies. But what challenges remain to be solved so that we can interact with technology in a more natural way? The machine-to-machine concept represents any technology that allows two devices to exchange information with each other, that is, to communicate and send data. The communication that occurs between the machines or devices is autonomous, that is, no human intervention is required for this data exchange to take place. Finally, Everett's work is part of a wave of criticism of Universal Grammar (which is still in good health anyway) by scientists of various origins, who work on language from another point of view, generally evolutionary, giving rise to differences in language grounded in cognitive development within a social, cultural, and ecological setting.

*Keywords:* Cryptophasia, human-machine language, machine-machine language, Pirahã language.

## CRIP'T'IA'FASIA

«Palabras, palabras. Son todo lo que tenemos para continuar [...] Estamos atados a un lenguaje que compone en la oscuridad».

*Tom Stoppard (Tomáš Straussler)*

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, 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.

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.

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:

Sin embargo, centrarse en la base neurobiológica de los procesos aislables experimentalmente ha ofrecido poco para comprender cómo el cerebro apoya la comprensión del lenguaje, tal como se lleva a cabo en el discurso naturalista cotidiano.

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 cómo 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 también para los psicólogos clínicos, los neuropsicólogos, los interesados en modelos computacionales del lenguaje o los psicólogos experimentales, para quienes 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 ciencias cognitivas.

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

Un robot social es un sistema de inteligencia artificial (IA) que está diseñado para interactuar con humanos y otros robots [...] Un robot social

puede controlarse de forma remota, tal vez sirviendo como representante de telepresencia en una reunión de negocios o en el hogar como un acompañante en un centro de salud. Otros robots sociales son sistemas autónomos con IA local que les permite interactuar de forma independiente en respuesta a las señales de las personas y las cosas de su entorno. Este tipo de robot autónomo a veces se denomina «robot inteligente». La inteligencia de los robots inteligentes se basa típicamente en un modelo de computación cognitiva que simula los procesos de pensamiento humano. La computación cognitiva implica sistemas de aprendizaje automático que utilizan la extracción de datos, el reconocimiento de patrones y el procesamiento del lenguaje natural (NLP) para imitar la forma en que funciona el cerebro humano.

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 1970, inspirada por las simulaciones en computadora del proceso cognitivo. Campo multidisciplinar 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: «computacionalismo» 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 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 incluidos 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. Sin olvidar que frente al *deep learning* o las redes neuronales, la contribución de Judea Pearl –más conocido por desarrollar la aproximación probabilística a la inteligencia artificial– aporta una transparencia que es imprescindible en algunas áreas de aplicación, como la toma de decisiones en medicina o en cuestiones legales y económicas; una inteligencia artificial menos opaca, más transparente; un «lenguaje claro».

Todo ello refuerza, en la actualidad, el trabajo sobre modelos de lenguaje inspirados en redes neurales.

En 2013 Tomáš Mikolov *et al.* publicaron un algoritmo sobre la base de una red compleja muy sofisticada que 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* «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; ahora acumula nuevos datos a una media de 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 utilizaba 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 ejemplo), 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.

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, 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.

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*—la misión de OpenAI

es garantizar que la inteligencia artificial general beneficie a toda la humanidad—, 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 a 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 bots 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 para 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 (y Stooke et. al.), investigador de *OpenAI* y profesor en Berkeley comenta:

Un agente posee una comprensión del lenguaje cuando puede usar el lenguaje (junto con otras herramientas como la comunicación no verbal o los actos físicos) para lograr objetivos en su entorno.

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 en 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:

Cuantificamos la brecha entre el rendimiento de la máquina y el humano en la tarea de diálogo visual a través de estudios humanos. Poniendo todo junto, demostramos el primer ‘chatbot visual’

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

Encontramos que dos bots inventan su propio protocolo de comunicación sin supervisión humana. Pasamos a instanciar este juego en el conjunto de datos de VisDial, donde lo entrenamos previamente con datos de diálogo supervisados. Encontramos que los agentes ajustados de RL (aprendizaje de refuerzo profundo) no solo superan significativamente al agente de SL (aprendizaje supervisado), sino que aprenden a jugar con las fortalezas de los demás, mientras permanecen interpretables para los observadores humanos externos.

Y Katrina Evtimova *et al.*, siguiendo trabajos previos sobre comunicación emergente en juegos referenciales, proponen un novedoso juego referencial multimodal y multifásico, donde emisor y receptor 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 semi-cooperativos, 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.*) con el *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. Partiendo de bases de datos de diálogos humanos, es posible conseguir mejores resultados a partir del entrenamiento autónomo que de la imitación.

Alice y Bob, los chatbots 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:

```
Alice : book=(count:3 value:1) hat=(count:2 value:1) ball=(count:1 value:5)
Bob   : book=(count:3 value:0) hat=(count:2 value:0) ball=(count:1 value:10)
-----
Bob   : i can i i everything else . . . . .
Alice : balls have zero to me to
Bob   : you i everything else . . . . .
Alice : balls have a ball to me to me
Bob   : i i can i i i everything else . . . . .
Alice : balls have a ball to me to me
Bob   : i . . . . .
Alice : balls have zero to me to
Bob   : you i i i i i everything else . . . . .
Alice : balls have 0 to me to
Bob   : you i i i everything else . . . . .
Alice : balls have zero to me to
```

Captura del diálogo entre los bots Bob y Alice (Fast Company) (<https://www.fastcompany.com/90132632/ai-is-inventing-its-own-perfect-languages-should-we-let-it>)

## La reacción:

Las investigaciones en Facebook tuvieron que cerrar un programa de IA a principios de junio [2017] tras crear su propio lenguaje. La Investigación de IA de Facebook (FAIR) que había desarrollado el chatbot para regatear como humanos y desarrollar el mejor resultado posible de una negociación, a través de la negociación de múltiples temas.

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 («repentino» 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:

Despegaría solo y se rediseñaría a un ritmo cada vez mayor. Los humanos, que están limitados por una evolución biológica lenta, no podrían competir y serían superados.

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, tal vez una explicación mejor es que las redes neurales simplemente intentaran modificar el idioma humano con el «propósito» de conseguir interacciones más útiles. Aunque Dhruv Batra (George Tech/Google) apunta que ese propósito puede albergar «pensamientos» sofisticados.

El comunicado oficial de la compañía manifestó que Facebook desconectó Alice y Bob porque su proyecto es construir chatbots que interactúen con humanos hablando inglés, no mediante una jerga que solo entienden ellos.

Como se apuntó líneas atrás, el «fenómeno» Alice-Bob no fue el primero. La IA ya había inventado su propio lenguaje en otras ocasiones. En noviembre de 2016 investigadores de Google enviaron para su publicación

el trabajo «*Google's multilingual neural machine translation system: enabling zero-shot translation*» (ver: Melvin Johnson *et al.*). *Google Translaste*, traduce automáticamente entre 103 diferentes lenguas naturales, incluyendo pares de lenguas que nunca antes habían sido traducidas:

Proponemos una solución simple para usar un solo modelo de traducción automática neuronal (NMT) para traducir entre varios idiomas [...] Nuestros modelos también pueden aprender a realizar puentes implícitos entre pares de idiomas nunca vistos explícitamente durante el entrenamiento, lo que demuestra que el aprendizaje de transferencia y el tiro cero la traducción es posible para la traducción neuronal. Finalmente, mostramos análisis que insinúan una representación interlingua universal en nuestros modelos y también mostramos algunos ejemplos interesantes al mezclar idiomas.

El hecho más destacable no es que la IA pueda aprender a traducir idiomas sin haber tenido contacto previo con ellos, sino que utilizan su «habilidad» para crear su «propio» lenguaje (*evolution ab initio*).

En la conclusión del artículo citado puede leerse:

La interpretación visual de los resultados muestra que estos modelos aprenden una forma de representación interlingua entre todos los pares de idiomas involucrados.

En resumen, «*chatbot-talk*» es un fenómeno normal que puede evolucionar desde el inglés o *ab initio*. Ello está más cerca del modelo de «*tabula nearly rasa*» de Michael Hahn y Marco Baroni, que abre la puerta a especulaciones sobre la necesidad de un explícito lexicón en el aprendizaje y uso del lenguaje. Algunos investigadores, Igor Mordatch entre otros, especulan que la emergencia del lenguaje IA puede ser análogo a lo que sucedió con la comunicación entre los humanos, donde emergió por necesidad social. Los chatbots no solo aprenden su propio lenguaje, sino que también utilizan gestos y acciones –empatía– para comunicarse entre ellos y con humanos.

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 define *baby-talk*:

Un subsistema lingüístico considerado por una comunidad de habla como principalmente apropiado para hablar con niños pequeños.

Ferguson concluyó que *baby-talk* era una forma bien conocida, especial de hablar presente en varias lenguas (estudió seis de ellas), caracterizada por fenómenos intencionales 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 por ser como una comunidad donde, al menos, hay tres actores: el 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 interaccionar 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 los 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, incomprendible 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», ni «criptofasia» o lenguaje encriptado, porque no se desarrolla con esa intención. 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 incomprendible para el resto. Por su parte, «comprensión verbal compartida» se refiere a una comunicación verbal claramente



Reimer –escriben Aiden y Michel– ha eliminado todo aquello que hace interesante una novela. Pero la transmutación alfabética de Reimer revela lo que estaba invisible: frecuencia de palabras, los átomos léxicos que componen la novela. Pero la frecuencia de las palabras revela la psique de la historia narrada y de su autor.

Los robots negociadores de Facebook, el lenguaje secreto de las gemelas Poto y Cabengo y el libro de Reimer muestran cierta tendencia al token «*me*».

Por último, Dhruv Batra comenta que, en un momento dado, los agentes abandonan el lenguaje establecido e inventan códigos para ellos. Es como si dijeran «*the*» cinco veces para comunicar que desean cinco copias de ese objeto. En lengua Pirahã no hay diferencias entre uno o cinco peces y un pez pequeño (uno) o grande (cinco). Sobre la lengua Pirahã, se reproduce, por su claridad, el resumen del trabajo de referencia de Daniel L. Everett:

El lenguaje Pirahã desafía la aplicación simplista de las características de diseño del lenguaje humano de Hockett, casi universalmente aceptadas, al mostrar que algunas de estas características (intercambiabilidad, desplazamiento y productividad) pueden estar limitadas culturalmente. En particular, la cultura Pirahã restringe la comunicación a temas no abstractos que caen dentro de la experiencia inmediata de los interlocutores. Esta restricción explica una serie de características muy sorprendentes de la gramática y la cultura pirahã: ausencia de números de cualquier tipo o un concepto de contar y de cualquier término para la cuantificación, la ausencia de términos de colores, la ausencia de incrustaciones, el inventario de pronombres más simple que se conoce, la ausencia de 'tiempos relativos', el sistema de parentesco más simple documentado hasta ahora, la ausencia de mitos y ficción de la creación, la ausencia de cualquier individuo de la memoria colectiva de más de dos generaciones pasadas, la ausencia de dibujo u otro arte y uno de los más simples culturas materiales documentadas, y el hecho de que los pirahã son monolingües después de más de 200 años de contacto regular con los brasileños y los kawahiv de habla tupí-guaraní.

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 efectos de clarificar los componentes de la FL y sus grados de especificidad lingüística. FLB contiene las capacidades sensorio-motoras e intencional-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:

En cuanto a los estudios psicofísicos de la percepción del color, para reflejar mejor las limitaciones de la percepción humana, es necesario tener en cuenta la influencia de los antecedentes lingüísticos individuales en la discriminación de los estímulos del color. Solo de esta manera interdisciplinaria podemos entender mejor por qué ciertos colores tienden a convertirse en colores focales en los lenguajes humanos, cómo emerge gradualmente una distribución similar de colores focales y cuál es la relación entre las características perceptivas de los estímulos de color y la categorización lingüística del color.

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 50.º aniversario, Tao Gong inició una exhaustiva revisión del tema cuyas conclusiones recoge en *Repensar los fundamentos del lenguaje desde una perspectiva multidisciplinar*:

1. Las capacidades biológicas de los seres humanos para la adquisición y el uso del lenguaje no son específicas del lenguaje sino de un dominio general; 2. El entorno sociocultural es otro fundamento importante del lenguaje que merece mayor investigación; 3. El lenguaje pudo haber resultado de una coevolución con capacidades biológicas, al igual que muchos otros comportamientos de especies humanas y no humanas.

## CONCLUSIÓN

En cualquier caso, hay que distinguir entre el lenguaje con el que se pretende que interaccionen los chatbots con los humanos (lenguajes naturales y, ante todo, claros) y aquéllos con los que han de entenderse los bots 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 todos sabemos, 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 artilugio, en suma, capaz de mantener un diálogo productivo hasta con Bartleby, el escribiente.

Hay que señalar que la «búsqueda» de un lenguaje claro, comprensible y accesible, no debe olvidar los neuroderechos asociados al uso de las tecnologías disruptivas que incluyen la IA.

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 solo 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.

Y William S-Y Wang concluye:

Si vemos la evolución del lenguaje en forma de mosaico, como el surgimiento de una «interfaz» que integra una serie de capacidades en gran parte preexistentes, entonces no deberíamos esperar descubrir ningún órgano autónomo con el lenguaje cuidadosamente empaquetado.

## NOTAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Pieter Abbeel, «Deep reinforcement learning for robotics», *O'Reilly Artificial Intelligence Conference 2016*, New York. <https://www.oreilly.com/library/view/oreilly-artificial-intelligence/9781491973912/video282379.html> (acceso: 16/02/2022).
- 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/> (acceso: 16/02/2022).
- AI Business*, «Facebook shuts down AI negotiating bot after it invented its own language», *AI Business*. <https://aibusiness.com/facebook-shuts-ai-negotiating-bot-invented-language/> (acceso: 16/02/2022).
- Alpha Go. Programa informático de inteligencia artificial desarrollado por Google DeepMind para jugar al juego de mesa Go. En octubre de 2015 se convirtió en la primera máquina de Go en ganar a un jugador profesional de Go sin emplear piedras de handicap en un tablero de 19x19
- 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/> (acceso: 16/02/2022).
- Amazon.com, Inc. Ver: Matthew A. Russell, Mining the Social Web. Data Mining Facebook, Twitter, LinkedIn, Google+, Github, and Moore*, 2nd. ed., O'Reilly-Strata Making Data Work, 2014. <https://www.webpages.uidaho.edu/~stevel/504/Mining-the-Social-Web-2nd-Edition.pdf> (acceso: 16/02/2022).
- Peter Bakker, «Autonomous language of twins», *Acta Geneticae Medicae Gemellologiae: twin research* 1987; 36 (2): 233-238.
- Dhruv Batra. Profesor en la *School of Interactive Computing*, y director de Facebook AI Research (FAIR), en Georgia Tech, Atlanta, GA, USA. *Interactive Co-segmentation of Objects in Image Collections*, (D. Batra, A. Kowdle, D. Parikh, J. Luo, T. Chen), Springer Briefs in Computer Science, Springer, 2011.
- BBC News*, Chris Baraniuk, «'Creepy Facebook AI' story that captivated the media», *Technology* 1 August 2017. <https://www.bbc.com/news/technology-40790258> (acceso: 16/02/2022).
- John Bowlby, *Maternal Care and Mental Health: a Report prepared on behalf of the World Health Organization as a contribution to the United Nations pro-*

*gramme for the welfare of homeless children*, Geneva: WHO, 1952. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40724> (acceso: 16/02/2022).

Biomimética. Diseño y producción de materiales, estructuras y sistemas, modelados a partir de entidades y procesos biológicos. Ver: Sandy B. Primrose, *Biomimetics. Nature-Inspired Design and Innovation*, Wiley-Blackwell Publ., 2020.

Tony Bradley, «Facebook AI creates its own language in creepy preview of our potential future», *Forbes* July 31, 2017. <https://www.forbes.com/sites/tonybradley/2017/07/31/facebook-ai-creates-its-own-language-in-creepy-preview-of-our-potential-future/?sh=213e459292c0> (acceso: 16/02/2022).

Noam Chomsky, «On certain formal properties of grammars», *Information and Control* 1959; 2: 137-167. [http://somr.info/lib/Chomsky\\_1959.pdf](http://somr.info/lib/Chomsky_1959.pdf) (acceso: 16/02/2022).

*Ibidem*, «Review of Skinner's verbal behavior», *Language* 1959; 35 (1): 26-58. [http://www.biolingugem.com/ling\\_cog\\_cult/chomsky\\_1958\\_skinner\\_verbalbehavior.pdf](http://www.biolingugem.com/ling_cog_cult/chomsky_1958_skinner_verbalbehavior.pdf)

*Cleverbot*. Creada por Rollo Carpenter (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/>

*Computacionalismo*. «¿Podría pensar una máquina? ¿Podría la mente misma ser una máquina de pensar? La revolución informática transformó la discusión de estas preguntas, ofreciendo nuestras mejores perspectivas hasta ahora para las máquinas que emulan el razonamiento, la toma de decisiones, la resolución de problemas, la percepción, la comprensión lingüística y otros procesos mentales característicos. Los avances en computación plantean la posibilidad de que la mente en sí misma sea un sistema computacional, una posición conocida como teoría computacional de la mente (CTM). Los computacionalistas son investigadores que respaldan la CTM, al menos en su aplicación a ciertos procesos mentales importantes.» *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, editor principal: Edward N. Zalta. <https://plato.stanford.edu/entries/computational-mind/> (acceso: 16/02/2022).

*Conexionismo*. «El conexionismo es un movimiento en la ciencia cognitiva que espera explicar las habilidades intelectuales utilizando redes neuronales artificiales (también conocidas como “redes neuronales”). Las redes neuronales son modelos simplificados del cerebro compuestos por un gran número de unidades (los análogos de las neuronas) junto con pesos que miden la fuerza de las conexiones entre las unidades. Estos pesos modelan los efectos de las sinapsis que unen una neurona con otra. Los experimentos con modelos de este tipo han demostrado la capacidad de aprender habilidades como el reconocimiento facial, la lectura y la detección de estructuras

- gramaticales simples.» *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, editor principal: Edward N. Zalta. <https://plato.stanford.edu/entries/connectionism/> (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- 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\\_ICCV\\_2017\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_ICCV_2017/papers/Das_Learning_Cooperative_Visual_ICCV_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://cloud.google.com/dialogflow/docs/> (acceso: 16/02/2022).
- Eliseo Díez-Itza, «Variaciones tonales en el habla a los niños y adquisición del lenguaje», *Estudios de Psicología* 1993; 14 (50): 33-47.
- 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://fzyka.umk.pl/publications/kmk/08-AGI.pdf> (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- Existor*, «Conversation data», *Cleverbot Data for Machine Learning*; January 15, 2016. <https://www.existor.com/products/cleverbot-data-for-machine-learning/> (acceso: 16/02/2022).

- Facebook*. Compañía estadounidense que ofrece servicios de redes y medios sociales en línea con sede en Menlo Park, California. Su sitio web fue lanzado en febrero de 2004 por Mark Elliot Zuckerberg (n. 1984) y otros compañeros: E. Saverin, A. McCollum, D. Moskovitz y C. Hughes.
- 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) (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- Tao Gong, Lan Shuai, Yicheng Wu, «Rethinking foundations of language from a multidisciplinary perspective», *Physics of Life Reviews* 2018; 26-27: 120-138.
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- 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 comprehension», *Cognition* 2018; 180: 135-157. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027718301707?via%3Dihub> (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- 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) (acceso: 16/02/2022).
- Inteligencia artificial* (IA). La primera definición de Inteligencia artificial se debe a John McCarthy (1927-2011), profesor en el *Dartmouth College* que, en 1956 organizó en su sede, con Marvin L. Minsky (*Harvard University*), Nathaniel Rochester (IBM) y Claude E. Shannon (*Bell Telephone Labs.*), la conocida como Conferencia de Darmouth: «En principio, cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia se puede describir con tanta precisión que se puede hacer una máquina para simularlo.» IA va unida a aprendizaje por máquinas, aprendizaje profundo, redes neurales artificiales, procesamiento del lenguaje natural, robótica, internet de las cosas y *big data*, que conforma la denominada «Sociedad 5.0 o sociedad superinteligente»; tal es el énfasis puesto por Japón para paliar los efectos

del envejecimiento (Ver: Mateja Kovacic). Alphabet y alphaGo-DeepMind de Google, Alexa de Amazon, Siri-HomePod y CoreML de Apple, Caffe 2 y PyTorch de Facebook, o Cortana y Cognitive Toolkit de Microsoft, son los nombres comerciales más extendidos. En España, Telefónica desarrolla el programa Aura. En resumen, se trata de la convergencia entre el espacio físico y el ciberespacio.

Jabberwacky. Chatterbot creado por el programador británico Rollo Carpenter. Su objetivo declarado es «simular el chat humano natural de una manera interesante, entretenida y humorística». Es un intento temprano de crear una inteligencia artificial a través de la interacción humana.

Melvin Johnson, Mike Schuster\*, Quoc V. Le, Maxim Krikun, Yonghui Wu, Zhifeng Chen, Nikhil Thorat, Fernanda Viégas, Martin Wattenberg, Greg Corrado, Macduff Hughes, «Google's multilingual neural machine translation system: enabling zero-shot translation», *Transactions of the Association for Computational Linguistics* 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 Linguistics, and Speech Recognition*, 3rd. ed. draft, Stanford University Press 2018. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf>

Mateja Kovacic, «Sociedad 5.0: la sociedad japonesa superinteligente como modelo global», *Vanguardia Dossier* 2019; 71: 56-76. <https://www.lavanguardia.com/vanguardia-dossier/20190502/461995596460/sociedad-5-japonesa-superinteligente-modelo-global.html> (acceso: 16/02/2022).

Patricia K Kuhl, «Brain mechanisms in early language acquisition», *Neuron* 2010; 67 (5): 713-727. [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S08966273\(10\)006811?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627310006811%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S08966273(10)006811?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627310006811%3Fshowall%3Dtrue)

Ray Kurzweil. «Artificial intelligence and the future of humans», *Forbes* (por Nikolai Vassev), May 6, 2021. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/05/06/artificial-intelligence-and-the-future-of-humans/?sh=7b296fae6e3b>

Adriane LaFrance, «What an AI's non-human language actually looks like», *The Atlantic* June 20, 2017. <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/06/what-an-ais-non-human-language-actually-looks-like/530934/> (acceso: 16/02/2022).

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) (acceso: 16/02/2022).

Yavn Lebrun, «Cryptophasie et retard de langage chez les jumeaux», *Enfance* 1982; 35 (3): 101-108. [https://www.persee.fr/doc/enfan\\_0013-7545\\_1982\\_num\\_35\\_3\\_2776](https://www.persee.fr/doc/enfan_0013-7545_1982_num_35_3_2776) (acceso: 16/02/2022).

Lenguaje claro. La revista de lengua y literatura *Archiletras* ha lanzado en su número 14 –febrero-marzo 2022– un *Manifiesto por un Lenguaje Claro en la Administración*. El manifiesto reivindica el derecho de los ciudadanos a entender toda la información que les dirigen las Administraciones públicas. El Manifiesto consta de 10 puntos, y ya puede adherirse a él cualquier persona a través de la plataforma change.org, en este enlace: Comparte la petición – Las Administraciones Públicas: Por el derecho del ciudadano a que la Administración le comuniquen en lenguaje comprensible. Es aplicable a la deseada comunicación máquina-humano. <https://www.archiletras.com/actualidad/archiletras-lanza-un-manifiesto-por-un-lenguaje-claro-en-la-administracion/> (acceso: 16/02/2022).

Una pequeña transgresión. Desde siempre y en todos los planos sociales y en todas las lenguas se han usado, se usan y usarán palabras que no son del idioma vernáculo. El *Boletín de la Asociación Médica de Puerto Rico* incluyó en uno de sus números, allá por el año 1977, un artículo titulado «Dígalo en español, *or say it in english*» (Ver: P. García Barreno, «La lengua española: mil años de evolución», *Revista de Occidente* 2017; 438: 49-62. [https://www.pedrogarciabarreno.es/4.%20Escritos%20varios/L%C3%A9xico/La%20Lengua%20espan%CC%83ola\\_Mil%20an%CC%83os%20de%20evolucion%CC%81n%20v2.pdf](https://www.pedrogarciabarreno.es/4.%20Escritos%20varios/L%C3%A9xico/La%20Lengua%20espan%CC%83ola_Mil%20an%CC%83os%20de%20evolucion%CC%81n%20v2.pdf) (acceso: 16/02/2022).

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.

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/> (acceso: 16/02/2022).

*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> (acceso: 16/02/2022).

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> (acceso: 16/02/2022).

Cade Metz, «It begins: bots are learning to chat in their own language», *WIRED* 03.16.17. <https://www.wired.com/2017/03/openai-builds-bots-learn-speak-language/> (acceso: 16/02/2022).

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 september 2013. <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf> (acceso: 16/02/2022).

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> (acceso: 16/02/2022).

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 et 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)*.

Elon Musk. Emprendedor, programador y magnate sudafricano, nacionalizado canadiense y estadounidense. Cofundador de PayPal, SpaceX, Hyperloop, SolarCity, The Boring Company, Neuralink y OpenAI. Es director general de SpaceX, de Tesla Motors, presidente de SolarCity y copresidente de OpenAI.

Neuroderechos. Ver: Rafael Yuste, Sara Goering, Blaise Agüera y Arcas, Guogiang Bi, Jose M. Carmena, Adrian Carter, Joseph J. Fins, Phoebe Friesen, Kack Gallant, Jane E. Huggins, Judy Illes, Philipp Kellmeyer, Eran Kñein, Adam Marblestone, Christine Mirchell, Erik Parens, Michelle Pham, Alan Rubel, Norihiro Sadato, Laura Specker Sullivan, Mina Teicher, David Wasserman, Anna Wexler, Meredith Whittaker & Jonathan Wolpaw, «Four ethical priorities for neurotechnologies and AI», *Nature* 2017, 551: 159-163:

La inteligencia artificial y las interfaces cerebro-computadora deben respetar y preservar la privacidad, identidad, agencia e igualdad de las personas. El Grupo Morningside está compuesto por neurocientíficos, neurotecnólogos, médicos, especialistas en ética e ingenieros de inteligencia artificial. Incluye representantes de Google y Kernel (una nueva empresa de neurotecnología en Los Ángeles, California); de proyectos cerebrales internacionales; y de instituciones académicas y de investigación en los Estados Unidos, Canadá, Europa, Israel, China, Japón y Australia. Nos reunimos en un taller patrocinado por la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. en la Universidad de Columbia, Nueva York, en mayo de 2017 para discutir la ética de las neurotecnologías y la inteligencia artificial.

Los pasos prácticos para contrarrestar el sesgo dentro de las tecnologías ya se están discutiendo en la industria y la academia. Estas discusiones y debates públicos en curso son necesarios para dar forma a las definiciones de los sesgos problemáticos y, en términos más generales, de la normalidad. Abogamos por que las

contramedidas para combatir el sesgo se conviertan en la norma para el aprendizaje automático. También recomendamos que los grupos de usuarios probables (especialmente aquellos que ya están marginados) participen en el diseño de algoritmos y dispositivos como otra forma de garantizar que se aborden los sesgos desde las primeras etapas del desarrollo tecnológico. Los posibles beneficios clínicos y sociales de las neurotecnologías son enormes. Para cosecharlos, debemos guiar su desarrollo de una manera que respete, proteja y habilite lo mejor de la humanidad.

- Ver: Rafael Yuste, Tomás de la Quadra-Salcedo, Miguel Ángel Moratinos *et al.*, «Neurotecnología y Derechos Humanos», *Fide*, 29 junio 2021; <https://areafide.com/sesiones/sesion-online-neurotecnologia-y-derechos-humanos/>
- Chris Nicholson, «A beginner's guide to Word2Vec and neural word embeddings», *SkyMind* 2019.
- Judea Pearl, *The Art and Science of Cause and Effect*, Transcript of lecture given Thursday, October 29, 1996, as part of the UCLA 81st Faculty Research Lecture Series. [http://bayes.cs.ucla.edu/LECTURE/lecture\\_sec1.htm](http://bayes.cs.ucla.edu/LECTURE/lecture_sec1.htm) (acceso: 16/02/2022).
- Judea Pearl, *Causality. Models, Reasoning, and Inference*, 2<sup>nd</sup>. ed., Cambridge University Press, 2009, <http://bayes.cs.ucla.edu/BOOK-2K/index.html> (acceso: 16/02/2022).
- Judea Pearl, *Causal, Casual, and Curious (2013-2020): A collage in the art of causal reasoning*, Technical Report R-501, October 2020. [http://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat\\_ser/r501.pdf](http://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat_ser/r501.pdf) (acceso: 16/02/2022).
- Judea Pearl, Madelyn Glymour, Nicholas P. Jewell, *Causal Inference in Statistics. A Primer*, John Wiley & Sons Ltd, 2016. <https://www.datascienceassn.org/sites/default/files/CAUSAL%20INFERENCE%20IN%20STATISTICS.pdf> (acceso: 16/02/2022).
- David Poeppel, Karen Emmorey, Gregory Hickok, Liina Pyllkkänen, «Towards a new neurobiology of language», *Journal of Neurosciences* 2012; 32 (41): 14125-14131. <https://www.jneurosci.org/content/jneuro/32/41/14125.full.pdf> (acceso: 16/02/2022).
- 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 recompense por mantenerse fieles a la lengua inglesa.
- Chris Reed, «oh.», *The San Diego Union-Tribune* Aug. 2. 2017.
- Eve Rhymer (seudónimo de Karen Reimer), *Legendary, Lexical, Loquacious Love*, Chicago, II: Sara Ranchouse Publishing, 1996.

- Catherine Saint-Georges, Mohamed Chetouani, Raquel Cassel, Fabio Apicella, Ammar Mahdaoui, 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.
- Svenka Savíc, *How Twins Learn to Talk. A study the speech development of twins from 1 to 3*, London, New York: Academic Press, 1980.
- 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
- Skip-gram. Ver: Word2vec.
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- Adam Stooke, Pieter Abbeel, «Accelerated methods for deep reinforcement learning», arXiv: 1803.02811. <https://arxiv.org/pdf/1803.02811.pdf> (Acceso: 16/02/2022).
- 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.
- Tabula rasa*. Francis Fukuyama, en el epígrafe *The Tabula Rasa Filled In*, escribe: En 1959, Noam Chomsky sugirió que había «estructuras profundas» subyacentes a la sintaxis de todos los idiomas; la idea de que estas estructuras profundas son aspectos innatos y genéticamente programados del desarrollo del cerebro es ampliamente aceptada hoy en día. Son los genes y no la cultura los que aseguran que la capacidad de aprender idiomas aparezca en algún momento del primer año de desarrollo del niño [...] [Pero] la idea de la tabula rasa es un caos. La investigación en neurociencia cognitiva y psicología ha reemplazado la pizarra en blanco con una visión del cerebro como un órgano modular lleno de estructuras cognitivas altamente adaptadas. Ver: Michael Hahn, Marco Baroni, «*Tabula nearly rasa*».
- 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) (acceso: 16/02/2022).
- Ibidem*, 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) (acceso: 16/02/2022).
- The Independent*, Andrew Griffin, «Facebook's artificial intelligence robots shut down after they start 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> (acceso: 16/02/2022).

- 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/> (acceso: 16/02/2022).
- 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.
- Tokenización*. El analizador léxico es la primera fase de un compilador. Su principal función consiste en leer los caracteres de entrada y elaborar como salida una secuencia de componentes léxicos que utiliza el analizador sintáctico para hacer el análisis. Convierte el programa fuente en una cadena de tokens (elemento básico del lenguaje o unidad léxica indivisible). Para reconocer el token usa un patrón, una regla que describe como se forman las cadenas que corresponden a un token.
- 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.
- 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) (acceso: 16/02/2022).
- 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> (acceso: 16/02/2022).
- 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>
- Ibidem*, *Tractatus Logico-Philosophicus* (versión en español). [https://es.wikisource.org/wiki/Tractatus\\_Logico-Philosophicus](https://es.wikisource.org/wiki/Tractatus_Logico-Philosophicus) (acceso: 16/02/2022).
- Word2vec (Skip-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> (acceso: 16/02/2022).
- Word of the Day*, «Daily updates on the latest technology terms», *TechTarget IT Knowledge Exchange*, July 15, 2019. <https://itknowledgeexchange.techtarget.com/> (acceso: 16/02/2022).

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].