

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. DESATANDO NUDOS Y DESMONTANDO MITOS

Artificial intelligence. Untying knots and debunking myths

Rosa María Medina- Borges

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

rosimedina2002@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3592-1745>

Recepción: 09-03-2023

Aceptación: 10-07-2023

Resumen

El artículo reflexiona (desde las ciencias de la complejidad) acerca de las incertidumbres, bifurcaciones e inestabilidad que conllevan- en la actualidad- la inteligencia artificial y sus aplicaciones. Da cuenta acerca del entretejido complejo de la inteligencia artificial con la vida (en general) y la vida artificial; y acaso la posibilidad de considerar la emergencia de una vida y una inteligencia: híbridas. Tomar partido ante las numerosas polémicas en torno al tema, conlleva a la metáfora: desatar nudos y desmontar mitos.

Palabras clave: inteligencia artificial, vida artificial, ciencias de la complejidad

Abstract

The article reflects (from the sciences of complexity) about the uncertainties, bifurcations and instability that artificial intelligence and its applications currently entail. He realizes about the complex interweaving of it with life (in general) and artificial life; and perhaps the possibility of considering the emergence of a life and an intelligence: hybrid. Taking sides in the face of the numerous controversies around the subject entails the metaphor: untying knots and dismantling myths.

Keywords: artificial intelligence, artificial life, complexity sciences

1. INTRODUCCIÓN

Una mirada a las noticias que recibimos en nuestros dispositivos electrónicos- en los últimos meses- nos conectan frecuentemente con la inteligencia artificial (IA). Los datos van desde las profesiones que desaparecerán, los asombrosos avances de los chatbots, el auge de los nanorobots en la medicina (por solo citar algunos). Por otro lado, son numerosos los debates y polémicas acerca de sus impactos sobre diferentes dimensiones de la vida social (ética, democracia, derechos fundamentales, finanzas, comunicaciones; entre otras). En el 2022, la Fundación del Español Urgente (FundéuRAE), promovida por la Agencia EFE y la Real Academia Española de la Lengua (RAE) otorgaron a la IA, el título de *palabra del año* (<https://www.20minutos.es/minuteca/rae/>).

Las nuevas tecnologías han alterado profundamente el modo de organizarnos y vivir nuestras vidas. En concreto, aquellas basadas en los datos han impulsado el desarrollo de la IA, en particular mediante la automatización cada vez mayor de tareas que normalmente eran realizadas por humanos. La crisis sanitaria de la COVID-19 favoreció la adopción de la IA y el intercambio de datos, generando así nuevas oportunidades, pero también se presume que pueden representar retos y amenazas para los derechos humanos (Agencia de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea; 2021).

En junio del 2022, el ingeniero Blake Lemoine, trabajando para Google, hizo público que LaMDA (*Language Model for Dialogue Applications*) aplicado a un robot le permitió decir a éste que siente cosas, y si se quiere, que piensa cosas y es una persona. La filosofía de la mente, las ciencias cognitivas, las neurociencias, las ciencias de la computación y las ciencias informacionales se encuentran en el centro de la polémica. Pero alrededor suyo están también la psicología y la filosofía, la teología y la religión, los estudios militares y de seguridad, la política y las ciencias de la cultura (Maldonado, 2022).

El presente artículo reflexiona acerca de las incertidumbres, las bifurcaciones y la inestabilidad que conlleva la propia IA y sus aplicaciones. Las ciencias de la complejidad permiten escrudiñar procesos no lineales ya que: “... *la realidad no es lo que parece, y al mismo tiempo, hemos entrado en una época en la que las cosas y los fenómenos más importantes son alta y crecientemente contraintuitivos. Por ello mismo se hacen imperativas nuevas explicaciones, nuevas comprensiones*” (Aristizábal et al., 2019). Las ciencias de la

complejidad tienen por finalidad-, comprender la vida, explicarla, y hacerla posible de tantas maneras como quepa imaginar (Maldonado, 2021).

Se trata entonces de desatar nudos y desmontar mitos en torno a las interrogaciones sobre la IA: ¿Se podrá dotar a las criaturas resultado de la vida artificial (VA), de una mente similar o mejorada en relación a los seres humanos? Esta es la pregunta clásica, pero pudiéramos a su vez interrogar: ¿se podrá proveer a los humanos resultado de los tiempos que corren, una mente perfeccionada usando la IA? O ir un poco más allá alejándonos del antropocentrismo: ¿hasta cuál punto podrán llegar las mascotas artificiales o los acoples artificiales para las mascotas, se podrá dotar a las mascotas de una inteligencia superior a la natural? Otras incógnitas: ¿cuáles son las interconexiones entre IA y VA?, ¿hacia dónde van la VA y la IA?, ¿para qué y para quiénes se desarrolla?

Quién busque en este artículo respuestas estructuradas a dichas preguntas, se sentirá decepcionado. Solo encontrará "certezas" parciales, entretejidas con más dudas y nuevos impulsos para seguir investigando el tema desde las ciencias de la complejidad. No puede haber argumentos lapidarios para procesos en constante ebullición.

También se pudiera polemizar si acaso la inteligencia humana se está empobreciendo en cierto sentido y perdiendo algunas de las luces que antes tenía. Pero: ¿por qué siempre la comparación debe ser con la mente humana? ¿Cómo sabremos si la IA superará al cerebro humano, si no conocemos a profundidad el cerebro humano? ¿hasta dónde la IA será simulada tomando como referente al cerebro humano, si quizás tampoco sea el único reservorio de la conciencia humana?

No interesa listar los adelantos en IA que constantemente aparecen publicitados sin tener tan siquiera un espacio para la reflexión filosófica acerca de ellos. Aunque los investigadores debemos comprender que no habrá mucho tiempo para regodearnos en su estudio. Habrá que producir ensayos, reflexiones y posicionarse para tratar de "desatar" las nuevas emergencias de la vida que se entrecruzan con la tecnología. Pensar en el futuro de la humanidad desde la VA y la IA puede hacerse desde un experimento mental, que tome elementos de racionalidad, imaginación y fantasía.

2. VIDA Y VA. EL INTENTO POR DESATAR NUDOS

La vida- junto a su hermana inseparable: la muerte- ha sido preocupación filosófica en todas las civilizaciones a lo largo de la historia. La vida nace, como problema científico, por primera vez en 1942, cuando es descubierta como objeto de reflexión e investigación por uno de los padres de la física cuántica en relación directa con la termodinámica (Schrödinger, 2005). Poco a poco se han ido delineando tres vertientes de estudio: la vida natural en la tierra, la vida artificial, y la astrobiología.

Si bien, a lo largo de estos años muchos autores se han ocupado de buscar respuestas, la pregunta hoy por hoy no debe quedar solo en el plano ontológico acerca de ¿qué es la vida?, sino que debe ir más allá y plantearse: *¿qué hacen los sistemas vivos para vivir?* (Maldonado, 2016). De tan enjundioso artículo, destacar lo que nos acerca de manera directa a nuestro estudio: *la vida no es solo la vida humana*. En general, las publicaciones acerca de la IA se hacen tomando como referente solo la inteligencia humana como forma “superior” pues todas las similitudes y/ o diferencias se sitúan en relación a como la IA y la VA pueden superar o no al ser humano. *Los sistemas vivos procesan información*. Esta idea es magistralmente desarrollada por Maldonado (2020) en su otro artículo: *La biosemiótica como una de las ciencias de la complejidad*. Los sistemas vivos pueden ser comprendidos a partir de lo que hacen; y lo que hacen son signos, es decir, codificaciones de información, interpretaciones y decodificaciones, de manera incesante. Los sistemas vivos son procesos siempre inacabados y constantes de semiosis. La vida es un proceso no un estado; una dinámica, no una cosa.

Maldonado (2001) plantea que la Vida Artificial (VA) es una ciencia reciente que busca comprender a la vida no tal y como es, sino tal y como podría ser, de acuerdo con la definición de uno de sus fundadores (Langton, 1998). La VA pretende simular o sintetizar comportamientos emergentes de objetos y fenómenos de la vida que no obedecen a un patrón simple de relación lineal sino a fenómenos que colectivamente presentan comportamientos genuinos de vida (Villamil, Gómez; 2012).

En resumen: la VA hace posible la vida simulada desde los sistemas informáticos mediante (por ahora) algunos elementos de la vida natural pero que busca- a la larga- crear otras posibles formas de vida. Se puede reflexionar – desde otra perspectiva- si acaso no se obtuvo también VA del experimento que culminó con el nacimiento de la oveja Dolly. O si son seres “creados” artificialmente, las niñas chinas nacidas de embriones editados genéticamente. Es un tema con muchas lecturas e impredecibilidad ya que depende de la compulsiva necesidad de la ciencia normal (y sus científicos) de etiquetar fenómenos.

Las investigaciones más comunes en VA cuentan con la posibilidad de “crear vida” a través de las computadoras mediante algoritmos genéticos (AG). Los AG son secuencias que transforman un conjunto de objetos matemáticos individuales con respecto al tiempo, usando operaciones modeladas de acuerdo al principio darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud (Koza, Poli; 2005). La forma de desarrollo resultante son los autómatas celulares (AC): modelos matemáticos y computacionales que sirven para representar sistemas dinámicos que evolucionan en pasos discretos (Canos, Rojas; 2016).

Se señala como logro más relevante, la creación- por Daniel Gibson, Craig Venter y otros 22 científicos del Instituto J. Craig Venter de Estados Unidos- de una célula bacteriana

controlada por un genoma sintetizado químicamente. Al fin y al cabo, todavía no es del todo artificial, pero si se sigue avanzando por este camino, lo será. Siguiendo la lógica de las investigaciones estándar que basan sus resultados en las estructuras, por lo pronto – es una célula ciborg (para ilustrarlo de alguna manera), en la cual se ha logrado controlar la información genética, no así la compartimentalización y el metabolismo

Otros acoplamientos se van desarrollando a diferentes escalas de la vida haciendo cada vez más real la premonición del manifiesto ciborg (Haraway, 1990). Afincados en los bordes del conocimiento de varias ciencias, pero sobre todo desde la Filosofía, se podría afirmar que se transita a un mundo metamorfoseado, híbrido y abigarrado; donde lo natural y lo artificial se van articulando. El quid estaría en el estudio de cómo esos acoplamientos o nuevas estructuras (¿vida híbrida?) van creando nuevos comportamientos, y en esa lógica entrarían preguntas tales como: ¿LaMDA siente?

La VA como ciencia, no posee un objeto preexistente, sino que va siendo creado en la medida en que se observan y se estudian los comportamientos de los AC. Se evidencia que la vida no consiste única ni principalmente en determinados componentes, sino en determinadas formas de organización – y de comportamiento. No se conoce ningún elemento material – químico o físico – que permita establecer de una manera clara las diferencias entre la vida y la no-vida. Con probabilidad existen procesos químicos o físicos que aún son desconocidos e impiden formular los problemas correctos, tomando como eje solo esa arista.

No obstante, a través de la Biología Sintética (BS), llegará el día en el que una célula sea creada en el laboratorio, generada – en su totalidad– a partir de elementos químicos inertes, alejada de la química de lo vivo. Por primera vez se recrearán procesos que no se han dado en nuestro planeta desde que la vida emergió hace miles de millones de años, y a partir de ahí empezar a responder a la pregunta de cómo se originó la vida. La posibilidad de reprogramar células y que estas permitan escapar del control de la termodinámica y el decaimiento, constituye todo un cambio de paradigma (Posas, 2023). En ciencia, casi siempre desconocemos hasta dónde se puede llegar, pero (dado este caso) hay pocas dudas de que bastante lejos. La evolución de la BS puede conducir a una nueva integración en la que individuos humanos “naturales” y una amplia gama de organismos artificiales, estarían consumando un alto nivel de integración, surgiría así una vida híbrida (VH). Esa meta se encuentra hoy en etapas o niveles de integración intermedios.

Cabe preguntarse entonces: ¿por qué se habla más de IA y no de VA? Sobre VA los debates se realizan en diferentes campos del saber. Por solo citar un ejemplo, se celebran congresos de VA cada dos años y se amplían resultados en diferentes dimensiones del conocimiento, desde los clásicos, como: sistemas sociales, comportamiento, lingüística computacional; hasta los más novedosos: biología sintética, o arte basada en la VA (ALIFE, <http://alife.org/>). El impacto de dichas discusiones se constriñe al plano académico. Los debates sobre IA si bien se realizan también en el plano académico (en disímiles foros y publicaciones) trascienden las fronteras científicas y se vuelven cotidianos.

En el mundo de hoy lo prioritario es vender artefactos que sean consumidos por grandes mayorías, al convertirlos adelantados científicos, de manera rápida, en bienes de uso y consumo. Los resultados de plurales investigaciones como la producción de genomas complejos o de células vivas cuyo ADN es artificial (por solo mencionar algunos resultados) se conocen poco. La divulgación científica se concentra en las tecnologías que tengan introducción pragmática e impacten la vida de millones de personas mediante la comercialización de aditamentos, dispositivos inteligentes y robots con múltiples usos. Se busca además emular o superar las capacidades del cerebro humano desde el perfeccionamiento de esas propias capacidades, sin entrar en un terreno más filosófico.

Sin embargo, las ciencias de la complejidad se alejan del antropocentrismo y del encefalocentrismo. Conciben el conocimiento, la información y la inteligencia, como propiedades que se encuentran también en otras formas de vida y no solo en los seres humanos (teoría de la información). Por ello nos brinda un desentrañamiento posible de los cambios a los cuáles nos enfrentamos, lo cual no quiere decir que trabaja con la predecibilidad. De tal suerte se pudiera considerar la IA como parte de una visión más amplia: la VA, y no de manera escindida como es frecuente. Quizás también se pudieran comenzar a utilizar los términos: vida híbrida (VH), e inteligencia híbrida (IH). Hablar solo de IA empobrece la cosmovisión de lo que acontece. No solo se trata de la inteligencia, principalmente se trata de la vida. Los tiempos entre la vida cómo es y la que puede ser, se van acortando, o mejor: simultaneando.

3. LA IA. EL INTENTO POR DESMONTAR MITOS

La IA se desarrolla en disímiles campos. Una parte produce sistemas que piensan como humanos (redes neuronales artificiales, resolución de problemas de aprendizaje), otra aborda los sistemas que actúan como humanos (la robótica, se encarga de la producción de computadoras que realicen actividades humanas cada vez más sofisticadas). También se centran en lo específico del raciocinio como sistemas expertos y estudios de cálculos, muy unido a sistemas que actúan racionalmente (dispositivos inteligentes introducidos en la vida cotidiana: internet de las cosas). Abarca una gran variedad de problemas que se mueven desde el aprendizaje y la percepción, la demostración de teoremas matemáticos, las conversaciones con humanos, el procesamiento de grandes cantidades de datos; hasta el diagnóstico de enfermedades. Se puede afirmar que no hay una sola esfera de la vida social que no esté hoy interconectada con la IA.

Si bien el propósito de los estudios sobre IA desde la complejidad no persigue ofrecer definiciones y conceptos sobre los fenómenos estudiados, se debe tomar alguna pauta que permita comprender cuáles son los marcos teóricos desde los cuáles se aborda el examen en cuestión. La ausencia total de referencias terminológicas pudiera entorpecer

el desentrañamiento que se persigue. Las definiciones actuales, como todas a lo largo del desarrollo científico de la humanidad suelen tener limitaciones porque no son- ni pueden ser- la realidad misma sino una abstracción de una parte de lo que creemos es la realidad. Metafóricamente: una foto de esa realidad. Las fotos son estáticas. Las definiciones: también.

Tales limitaciones hoy suelen ser más evidentes debido a la celeridad de los avances. Hagamos una prueba con la definición de IA de la *European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence* [AI HLEG] (2019): *IA son aquellos sistemas de software y/o de hardware diseñados por seres humanos que (dado un objetivo complejo) actúan en la dimensión física y/o digital. Capaces de adquirir e interpretar datos, razonando sobre el conocimiento o procesando la información derivada de estos datos; y decidiendo cuáles son las mejores medidas que hay que tomar para alcanzar un objetivo determinado. Los sistemas de IA pueden utilizar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico y también pueden adaptar su conducta analizando el impacto de sus acciones anteriores.* Señalar la certeza exclusiva del diseño realizado por humanos - quizás- era una afirmación precisa en el año 2019. Lo apuntado con anterioridad resulta impreciso en el 2023 si tenemos en cuenta la capacidad de aprendizaje y de generación de nuevos algoritmos que pueden lograr, por sí solas, algunas IA (aun en escala reducida o sencilla), resultado del avance de la Robótica adaptativa. Por lo cual no se puede descartar la probabilidad de que, algunas creaciones de IA sean capaces de diseñar otras creaciones de IA.

La Comisión Europea (2021) actualiza y realiza una propuesta de reglamento que abre la puerta a una visión más "compleja" y por ende más "flexible", al establecer normas armonizadas en materia de IA con la redacción de un término más amplio: *sistema de IA*. El *sistema de IA* se concibe como un conjunto de tecnologías de rápida evolución que puede generar un amplio abanico de beneficios económicos y sociales en todos los sectores y las actividades sociales, pero que también encarna riesgos. El documento clasifica los riesgos en: inadmisible, alto, limitado y mínimo; lo cual evidencia cuáles serán los niveles de regulación. Ello deberá "asegurar" la adaptación del marco normativo a la continua evolución de estas investigaciones.

Sistema de IA es una definición más "dinámica" que deja una puerta abierta a cualquier programa de ordenador desarrollado con una o más técnicas y enfoques conocidos (*machine learning approaches, logic-and knowledge- approaches, Statistical approaches*). No obstante, la propuesta continúa a medio camino, ya que solo se refiere a los enfoques conocidos desde el aprendizaje y el raciocinio, más este marco regulatorio no deja abierto el umbral a la capacidad sintiente que en algún momento pudieran desarrollar y que Lemoine avizora. Las regulaciones son mecanismos de control social y cabe preguntarse: ¿será posible controlar a las formas más avanzadas de IA que puedan surgir?

Las capacidades más complicadas de lograr en la IA rondan en torno a las interacciones con entornos no predeterminados, inesperados o espontáneos. Diseñar sistemas con

dichas capacidades requiere estructurar los elementos funcionales que configuran a un agente inteligente. Lograr que integren capacidades de percepción, representación, acción y aprendizaje; pudiera ser alcanzable a través de las arquitecturas cognitivas (Forbus, 2012). Dichas arquitecturas proponen procesos computacionales que actúan como ciertos sistemas cognitivos de un “ser humano” o, más a menudo, actos inteligentes bajo determinada definición. Lo cual implica que se intenta modelar no solo el comportamiento, sino también las propiedades estructurales del sistema analizado (Castillo et al., 2015). Se pudiera enfocar- además- a la inversa: las propiedades estructurales de los sistemas y sobre todo sus formas de organización, tienen una alta implicancia en las formas de comportamiento.

En teoría parece todo muy “controlado” por los desarrolladores. Los resultados denotan que el grado de precisión en torno a procesos cognitivos complicados, es asombroso. Lo cual es posible, a partir de la disponibilidad de grandes cantidades de datos y el acceso a la computación de altas prestaciones (hagamos el ejercicio de rastrear en internet los desarrollos y aplicaciones concretados desde el 2020 y con certeza nos abrumaremos con tanta información).

En aproximadamente siete décadas se ha logrado -mediante la IA- diagnosticar enfermedades, derrotar a grandes jugadores de ajedrez, procesamientos estadísticos asombrosos (todo en el área cognitiva). Mientras lo más “sencillo”: dotar a las máquinas de sentido común no ha sido posible hasta este minuto. La probable respuesta pudiera rondar en el hecho de que, el sentido común es cultural, emocional, experiencial y depende también de los dispositivos culturales (¿exocerebro?).

Sin la educación, la cultura, la trasmisión de experiencias y hábitos adquiridos mediante las familias, la comunicación humana (física y/o digital); no se alcanza- hasta ahora- una comprensión e interpretación profundas del lenguaje. Y mucho menos, la posibilidad de respuestas improvisadas y creativas ante infinitas combinaciones de fenómenos de la existencia. La comprensión del mundo que vivimos también forma parte de la inteligencia y no solo se obtiene de la información científica. Ahora bien, nadie puede negar que el sentido común maquínico sea posible en un lapso de tiempo indeterminado.

López de Mántaras (2018), plantea que algunos biólogos están interesados en los intentos de fabricar un cerebro artificial lo más complejo posible porque consideran que es una manera de comprender mejor el órgano. Los ingenieros buscan información biológica para hacer diseños más eficaces. Mediante la biología molecular y los recientes avances en optogenética será posible identificar qué genes y qué neuronas juegan un papel clave en las distintas actividades cognitivas.

No obstante, desde los feudos disciplinares no se obtendrán resultados prometedores ya que existe una fuerte controversia en los ámbitos de las comunidades científicas específicas (y de estas con otras). La ciencia de frontera posibilitará indisciplinar los esfuerzos disciplinares mediante innumerables oleadas de inter, multi y transdisciplinariedad

donde la preponderancia de métodos, ciencias y lenguajes desaparece. Este es, sin lugar a dudas, el inicio de una nueva manera de hacer ciencia (Medina, 2022).

El estudio del cerebro humano desconectado de otras formas de vida, es insuficiente para avanzar en los desarrollos de IA. La incorporación de investigaciones de frontera acerca del comportamiento computacional de otros organismos vivos, permite comprender formas "inteligentes" de vivir que enuncian otras claves de la vida. El conocimiento acerca de la asombrosa capacidad de adaptación y desarrollo de virus, bacterias, hormigas, elefantes, chimpancés (lista infinita) va dejando frutos. Solo para ilustrar, se puede mencionar la *computación interactiva y emergente en colonias de hormigas* (Alfonso, 2020), que demuestra que el sistema de navegación que emplean individualmente las hormigas y las estrategias colectivas para la recolección óptima de alimentos que usa la colonia no se pueden reducir a formas de computación algorítmica. Esto significa que una hormiga no puede precomputar su vector de regreso a casa, sino que tiene que generarlo cada vez a medida que interactúa con el entorno.

Otro proyecto esperanzador consiste en desarrollar un sistema de IA que ayude a la humanidad a comunicarse y comprender mejor a los animales. El proyecto tiene antecedentes en variados estudios de décadas pasadas. En esta ocasión busca reforzar los lazos humanos con otras especies al tiempo que promueve su protección utilizando el aprendizaje automático, con el objetivo de descifrar la comunicación no humana (Montañez, 2023) Desentrañar el lenguaje de otras especies ayudará a transformar mitos sobre la exclusiva superioridad de la comunicación humana, descifrar semejanzas y diferencias entre lenguajes de signos, reforzar la teoría de la vida como información (Biosemiótica). Ganarle una batalla más al antropocentrismo y al encefalocentrismo.

A modo de conclusión

Se pudiera presumir que falta mucho o que algunas de las reflexiones presentadas, resuenan como ciencia ficción. El acortamiento acelerado de los tiempos entre un avance científico y su introducción práctica se muestra como regularidad para anunciar que la palabra NO, va quedando en desuso. Es alta la probabilidad de obtener una IA funcional con cerebro híbrido, que combine redes neuronales artificiales con neuronas naturales. A los efectos de las presentes reflexiones, no sería lo más importante. El quid estaría en comprender que tanto la IA, la VA, la VH o la IH; la vida y la inteligencia (según sea el caso) no solo dependen de las generalizaciones "científicas" que se puedan obtener. En cualquiera de estas dimensiones pudieran emerger singularidades inesperadas.

En el presente ensayo se han dado algunas consideraciones acerca de múltiples interrogantes, sobre el tema en cuestión. Si algunas de las preguntas han quedado sin respuestas o son explicaciones a medias, el simple hecho de formularlas o provocar polémica, significa que hay un posible estilo de artículo abierto para ser reescrito por otros (as) o por el mismo autor (a), en sucesivas cascadas de reflexión. Pura fenomenología...

Por lo pronto, deseamos que nuestro próximo artículo sea en coautoría con un chatbots.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea (2021). *Construir correctamente el futuro. La inteligencia artificial y los derechos fundamentales*. Luxemburgo. Oficina de publicaciones de la unión europea. https://fra.europa.eu/sites/default/files/fra_uploads/fra-2021-artificial-intelligence-summary_es.pdf
- Alfonso, N. (2020). Computación interactiva y emergente en colonias de hormigas. *Ciencias de la complejidad. Revista de la Unidad de Investigación de la Facultad de Economía de la UNISA*, 1(1), 7-23. <https://fec.unsa.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/Computaci%C3%B3n-interactiva-y-emergente-en-colonias-de-hormigas.pdf>
- Aristizábal, C., Bonilla, A., Bonilla, J.V., Cárdenas, H., Galvis, S., García, A.C., Gómez, L.A., Maldonado, C.E., Sandoval, J., Parra, W.A. (2019). *La ciencia como la tensión entre lo visible y lo invisible: Óptica, biología, fisiología, cultura y complejidad*. Editorial Universidad El Bosque. https://www.researchgate.net/publication/337902912_La_ciencia_como_la_tension_entre_lo_visible_y_lo_invisible_Optica_biologia_fisiologia_cultura_y_complejidad
- Canos, A., Rojas, A. (2016). Autómatas celulares y aplicaciones. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 46, 33-48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5847735>
- Castillo, F., González, M., Isaza, G., Vélez, J. (2015). Hacia las arquitecturas cognitivas conscientes: aplicación en el dominio de los videojuegos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 23(4), 514-525. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000400004
- Comisión Europea (2021). Reglamento del parlamento europeo y del consejo (Ley de inteligencia artificial). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206>
- European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. [AI HLEG] (2019). Ethics guidelines for trustworthy AI. European Commission. <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation.1.html>
- Forbus, K.D. (2012). How minds will be built. *Advances in Cognitive Systems*, 1, 47-58.
- HARAWAY, Donna (1990). *Manifiesto Ciborg para cyborgs: ciencia, tecnología y feminismo socialista*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj_jvaS7Mr1AhVpSTABHdgIAZ4QFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fxnenero.webs.uvigo.es%2Fprofesorado%2Fbeatriz_suarez%2Fciborg.pdf&usq=AOvVaw3_V00uiw-pP59ilxQoyXtRT
- Koza, J. R., Poli, R. (2005). *Genetic Programming*. https://www.researchgate.net/publication/229091441_Genetic_Programmig

BIBLIOGRAFÍA

- Langton, C., (1998). *Artificial Life. An Overview*. Cambridge, MA, The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/9780262621120/artificial-life/>
- López de Mántaras, R. (2018). *El futuro de la IA: hacia inteligencias artificiales realmente inteligentes*, en *¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente*, Madrid, BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-futuro-de-la-ia-hacia-inteligencias-artificiales-realmente-inteligentes/>
- Maldonado, C. E. (2001). *La heurística de la vida artificial*. *Revista colombiana de filosofía de la ciencia*, 2 (5), 35-43. <https://www.re-dalyc.org/pdf/414/41400504.pdf>
- Maldonado, C. E. (2016). Hacia una antropología de la vida: elementos para una comprensión de la complejidad de los sistemas vivos. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 31 (52), 285-301. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.boan.v31n52a18>
- Maldonado, C. E. (2020). La biosemiótica como una de las ciencias de la complejidad. *Ciencias de la Complejidad. Revista de la Unidad de Investigación de la Facultad de Economía de la UNISA*, 1 (1), 23-37. <http://fec.unsa.edu.pe/revista-ciencias-de-la-complejidad/www.unsa.edu.pe>
- Maldonado, C. E. (2021). *Las ciencias de la complejidad son ciencias de la vida*. Trepén Ediciones. <https://pensamientocomplejo.org/?mdocs-file=1548>
- Maldonado, C. E. (2022). LaMDA no piensa, siente. Un muy sensible debate sobre la mente y su complejidad. *Revista de Filosofía*, 39 (2), 55 – 66. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7297088>
- Medina, R. M. (2022). Apuntes sobre ciencia de frontera: ¿investigar en los bordes? *Medisur*. 21 (1), aprox: 0 p. <https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/5512>
- Montañez, A. (2023). Proyectos de inteligencia artificial para descifrar el lenguaje de los animales. <https://www.informacion.es/medio-ambiente/2023/01/21/proyectos-inteligencia-artificial-descifrar-lenguaje-81555842.html>
- Posas, E, Soléc, R. (2023). Vida real, vida artificial. *Revista vida artificial*. [https://revista.sebbm.es/index.phpSchrödinger, E. \(2005\). ¿Qué es la vida?, Salamanca. http://leodimieri.16mb.com/elementos/QEV.pdf](https://revista.sebbm.es/index.phpSchrödinger, E. (2005). ¿Qué es la vida?, Salamanca. http://leodimieri.16mb.com/elementos/QEV.pdf)
- Villamil, J. E., Gómez, N.A. (2012). Vida artificial y sistemas complejos. En: *Derivas de complejidad. Fundamentos científicos y filosóficos*, Editorial Universidad del Rosario, 205-257. https://www.researchgate.net/publication/261176888_Vida_Artificial_y_Sistemas_Complejs