

ALIANZAS EN EL LABORATORIO. EL ÁMBITO DE LAS CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN COMO ESPACIO DE ASOCIACIONES HUMANOS/NO-HUMANOS

LAB ALLIANCES. THE FIELD OF COMPUTER SCIENCE AS A SPACE FOR HUMAN & NON-HUMAN ASSOCIATIONS

Gerardo Ribero¹

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de la República, Uruguay

DOI: <https://doi.org/10.59842/17.1.1>

Recibido: 12/08/2024

Aceptado: 23/11/2024

Resumen

La proliferación de tecnologías de la información y la comunicación ha viabilizado una serie de transformaciones en las dimensiones estructurantes de la vida a escala global. Han permitido que estas tecnologías vean, escuchen y tomen decisiones. Su desempeño se ha extendido a la vida cotidiana, la escuela, la administración de la justicia, y el cuidado de niños y ancianos. Este artículo indaga en el conjunto de relaciones implicadas en las Ciencias de la Computación, que conforman los algoritmos, el software, el hardware, los conjuntos de datos (*data sets*) y las conexiones de procesamiento de datos o redes neuronales (RN), y las personas que trabajan en ese campo de saber. Se basa en la experiencia etnográfica de inmersión prolongada en el campo, entre noviembre de 2017 a setiembre de 2019, en un ambiente universitario de producción de IA.

Palabras clave: Asociaciones, No humanos, Etnografía, Teoría del actor-red, Ciencias de la computación

Abstract

The spread of information and communication technologies has brought about many changes in key areas of life worldwide. These technologies can now see, hear, and make decisions. They've become a part of everyday life, schools, the justice system, and caring for kids and the elderly. This article looks at the different connections in Computer Science, including algorithms, software, hardware, data sets, neural networks (NN), and the people working in this field. The study is based on an ethnographic experience of being deeply involved in this area from November 2017 to September 2019 at a university focused on AI production.

Keywords: Association, Non-human, Ethnography, Actor-network Theory, Computer sciences.

Introducción

En la actualidad somos testigos de la crisis ecológica que atraviesa la Humanidad a la que se le suma la incertidumbre que trae el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA). La

¹ Antropólogo, gerardoribero@gmail.com.

proliferación de tecnologías de la información y la comunicación ha viabilizado una serie de transformaciones en las dimensiones estructurantes de la vida a escala global. Han permitido que estas tecnologías vean, escuchen y tomen decisiones. Su desempeño se ha extendido a la vida cotidiana, la escuela, la administración de la justicia, y el cuidado de niños y ancianos. Entre otras cosas han afectado los sistemas simbólicos y los circuitos donativos, y la emergencia de nuevas subjetividades en relación con entidades artificiales. La IA ya no amenaza únicamente con suplantar las habilidades de los trabajadores humanos. Se ha convertido en la principal fuente de ansiedad por la amenaza a la especie (Bostrom, 2017; O'Neil, 2016; Richardson, 2015; Harari, 2018).

Las innumerables manifestaciones de preocupación, desconcierto y descreimiento llegan a todas las capas de la sociedad. Así como se celebran sus avances. La IA despierta diversas representaciones sobre la evolución de la vida y la técnica, el cuerpo humano, la comunicación, las relaciones sociales y la organización de la política. En el Uruguay el desarrollo actual de la disciplina permite evidenciar un espacio sociotécnico consolidado debido a la producción científica y comercial.

Este artículo discute la posibilidad de existencia de asociaciones entre los algoritmos implicados en las tareas de computar, el software, el hardware, los conjuntos de datos (*data sets*) y las conexiones de procesamiento o redes neuronales (RN) y los ingenieros en computación implicados en esta investigación. El concepto de asociación (Latour, 1994; 1999; 2004; 2005; 2013) posee tres componentes estructurales; un componente ontológico, orientado hacia la heterogeneidad de los agentes; uno epistemológico, basado en el constructivismo simétrico (restituir la simetría entre humanos y no-humanos en el análisis social), y un componente metodológico que es la cartografía de controversias² al interior de los fenómenos científicos. Con este esquema Latour diferenció su fundamento operativo respecto de «la sociología de lo social», de la «teoría de la acción» y de las «fórmulas de compromiso micro-macro» (Pignuoli-Ocampo, 2015).

La forma que adopta el conjunto de interconexiones entre sujetos y objetos que se dan en ambientes tecnocientíficos, son redes de confluencias que no están delimitadas de forma clara y poseen dimensiones múltiples y variables. Y solo están delimitadas al objeto de la investigación empírica. (Callon et al., 1986; Latour, 1996; Latour, 2005; Latour y Woolgar, 1979/1988). Estas asociaciones que se establecen son duraderas en el tiempo y permiten comprender, a quien las estudia, una serie de discontinuidades y continuidades consistentes de humanos y no humanos. El término *no-humano* (que en la actualidad algunos llaman *more than human*, *other than human* o *non-human*) refleja una

² Una controversia para Latour (2013) es aquello que permite que lo social se establezca, involucrando a todo tipo de actores humanos y no humanos. En el análisis social hay que permitir que se desplieguen, no son de ninguna manera una molestia a la que hay que contener.

«insatisfacción» con la tradición filosófica en la que «objeto» y «sujeto» son colocados como opuestos y tratados de forma radical como diferentes. Cuando Latour (1996) se refiere a objetos y entidades no humanas, por raro que suene al oído sociológico, no se refiere a objetos de estudio, sino a entidades.

El punto de partida de este artículo es la descripción de las relaciones entre la experiencia y los objetos, mediadas por la práctica cotidiana en contextos de producción de conocimiento científico. Y el reconocimiento de un proceso original de producción de conocimiento, que incluye un «modo» social, técnico y epistémico de surgimiento y validación de dichos saberes y prácticas.

El trabajo de campo etnográfico, que da origen a este artículo, se desarrolló casi en su totalidad entre investigadores profesionales del Grupo de Procesamiento de Lenguaje Natural (GPLN) que tienen como lugar físico de trabajo el edificio del Instituto de Computación (InCo) de la Facultad de Ingeniería (FIng) de la Universidad de la República (Udelar) en la ciudad de Montevideo. Este grupo se dedica, sobre todo, a la investigación, concepción y desarrollo de modelos y métodos para la creación de sistemas de reconocimiento automático de textos, diálogos e imágenes. Y utilizan el aprendizaje automático, las redes neuronales, la representación del conocimiento y la lógica matemática. Son sistemas que emplean algoritmos que aprenden o mejoran una tarea computacional con base en procesar un gran número de datos. Se los conoce como *Machine Learningy Deep Learning*. El segundo es un subtipo del primero. La consistencia de estos métodos depende de la cantidad de datos implicados y del tipo de estructura en capa que posea y se llaman *Redes Neuronales* (Schmidhuber, 2014).

El estudio de las confluencias sociotécnicas que se describen en este artículo presenta configuraciones específicas de dinamismo, transformación y circulación en un espacio y tiempo determinados. Esta óptica privilegia la idea de que la producción de conocimiento tecnocientífico es una emprendimiento históricamente establecido, contextualizado y contingente (Kuhn, 1962/1999) susceptible de ser captado por la perspectiva sociohistórica y antropológica (Althabe y Schuster, 1999; Cardoso de Oliveira, 1988; Hidalgo, 1997).

Materiales y metodología

Desde noviembre de 2017 a setiembre de 2019 se llevó a cabo la etnografía antropológica que permitió describir y comprender los contextos de producción y circulación de ideas y sentidos mediante observación participante, revisión de publicaciones y la realización de entrevistas a los miembros del grupo PLN. En ese lapso fue posible observar cotidianamente el complejo y sutil modo en que los diversos actores conviven, se entrelazan y se modifican a lo largo del tiempo dentro del «laboratorio». Y comprender el

modo en que se constituyen los «objetos» en este contexto universitario, académico y tecnocientífico.

Fue posible realizar visitas a eventos académicos, seminarios, y clases abiertas. Mediante la saturación de los sentidos y el habitar permanente con los sujetos de la indagación fue posible reconocer situaciones, conversar y entrevistar en profundidad a un conjunto importante de personas en el propio lugar donde se lleva a cabo su actividad. Estos acercamientos e intercambios posibilitaron indagar en las trayectorias vitales de los sujetos.

El seguimiento de varias actividades en un marco temporal amplio, proporcionó una perspectiva general sobre el modo en que un proyecto en CC se concibe, crece, evoluciona y se pone en práctica.

El grupo de trabajo es unas 15 personas y los estudiantes (grado y posgrado) relacionados puede superar el medio centenar. La organización interna presenta una estructura jerárquica con base en la responsabilidad del liderazgo y acompañamiento de los grados superiores de la escala docente de la Udelar. Los investigadores son profesionales que comparten la docencia y la gestión de la enseñanza universitaria, con la actividad privada y pública en áreas estratégicas de gestión, planeamiento y desarrollo.

Algunos antecedentes

Las décadas del ochenta y del noventa se caracterizan por la emergencia de trabajos de antropólogos y antropólogas que, sin pertenecer al campo de la ciencia y la tecnología, realizan estancias «compartidas» con los científicos. En esta etapa proliferan los trabajos en entornos biomédicos (Haraway, 1997; Rabinow, 1997; Rheinberger, 1997; Strathern 1992) y ciberespaciales (Dumit, 1997; Forsyth, 2001). Más tarde, la emergencia de «mundos tecno-científicos cosmopolíticos» (Fischer, 2007) en los que aparecen los temas de biociencias, espacios emergentes de nuevas formas de vida, como clones y virus (Fortun et al., 2007; Haraway, 2003; Latour, 2005), cambio climático Richardson, 2015, e inteligencia artificial (Berthin, 2014;) y la cultura de los expertos y la experticia como formas válidas de conocimiento (Árnason, 2001; Boyer, 2008; Simonetti, 2012).

Esta etapa final de la ciencia de gran complejidad es denominada por algunos de ciencia posnormal (Funtowicz y Ravetz, 1993a; 1993b; 1994). Lo que antes era previsible y esperable en el marco de la ciencia comienza a dar lugar a formas caóticas, difusas e inciertas del tecnocapitalismo (Suarez-Villa, 2009; Taddei e Hidalgo, 2016). La emergencia de estos mundos «tecno-científicos cosmopolíticos», son cada vez más diversos, distribuidos, y dependientes de la heterogeneidad que atrae a las antropologías (Fischer, 2007).

La aproximación antropológica al fenómeno de la Inteligencia Artificial se ve reflejada en la literatura actual. Estudios etnográficos sobre la relación entre la vida y los artefactos inteligentes como el de Stefan Helmreich que ha mostrado como las simulaciones computarizadas de la vida tienen efectos importantes en su propia definición (Helmreich, 1998; 2011). El trabajo de Lucy Suchman (2007) sobre la agencia socio material de las interacciones humano-máquina mostró la dificultad que representa para los humanos comunicarse naturalmente con estas. Otros trabajos llevados adelante en Francia como los de Becker (2011), Grimaud y Paré (2011) señalan la dificultad en la comunicación con máquinas inteligentes. Berthin (2014) muestra como la idea de artificialidad, modelos de inteligencia humana, y nociones de destrucción masiva pueden ser contextuales y varían entre el Occidente y el Oriente. En *An anthropology of robots and IA*, Kathleen Richardson (2015) señala la ansiedad social que genera la idea de destrucción de la humanidad a manos de máquinas pensantes. Sugiere en su trabajo que las influyentes obras de ficción como la saga Terminator podría jugar un papel importante (Richardson, 2015). O’Neil (2016) analiza en el perfil de la Big Data cómo se intensifican las diferencias entre «pobres y ricos». Esto supone una concepción errónea de la IA como una tecnología que al utilizar desarrollos matemáticos que la harían exacta, imparcial, y objetiva. Y esto elimina las discusiones sobre el sesgo que estos modelos reproducen.

Resultados

Mediante esta investigación fue posible reconocer en Uruguay un espacio tecnocientífico vinculado con redes transnacionales. El proceso de producción de conocimiento es original, para nuestro país, e incluye un «modo» social, técnico y epistémico de surgimiento y validación. Presenta configuraciones específicas de dinamismo, transformación y circulación de adelantos y desarrollos. Es posible vincularlas con los desarrollos desde mediados de los años cuarenta y que han generado el campo científico interdisciplinario de la IA (McCorduck, 1992; Russel y Norvig, 2004; Frankish y Ramsey, 2014; Boden, 2016; Bostrom, 2018).

Las CC en la Udelar tienen en la Ingeniería un origen compartido. El surgimiento de la ingeniería nace junto con la consolidación del sistema de educación del Uruguay en el último cuarto del siglo XIX. El 14 de julio de 1885 fue creada por ley la Facultad de Matemáticas y Ramas Anexas y el 19 de febrero de 1887 se aprobó la creación de la Facultad de Ingeniería. El impulso reformista de la época posibilitó la extensión de la matrícula, la profesionalización y la gratuidad, reconocidas en el ámbito internacional (Bralich, 1993). La influencia de la inmigración europea, marcó un incremento demográfico que determinó un aumento en la diversificación social; influyó en las ideas acerca del carácter técnico que debían tener las profesiones (Paris, 1985). La facultad inició con los

cursos de Ingeniero de puentes, caminos y calzadas, Ingeniero geógrafo y Agrimensor en 1889. Además, se ofrecían los cursos correspondientes a Arquitecto. La segunda década del siglo XX vio la creación de las carreras de Ingeniero Civil, Industrial y Agrimensor.

El InCo fue creado bajo la intervención universitaria durante la dictadura cívico-militar en Uruguay (1973-1984). Aunque los antecedentes pueden rastrearse en la década del cincuenta en Argentina. El denominado «padre» (Bermúdez y Urquhart, 2003) de la computación de la Udelar fue Manuel Sadosky (1914-1999). Argentino, vicedecano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

Bajo el plan de reestructuración de la Universidad presentado durante el rectorado de Oscar Maggiolo (1966-1972), el Consejo Directivo Central (CDC) creó el Centro de Computación de la Universidad de la República (CCUR) el 7 de noviembre de 1966, unos meses antes de la presentación formal del «Plan Maggiolo» para su discusión en el ámbito universitario (Bermúdez y Urquhart, 2003). El CCUR era dependiente en lo administrativo del CDC y tenía existencia en el quinto piso del edificio de la Facultad de Ingeniería. Las funciones que tenía encomendadas el CCUR eran la investigación, docencia, asesoramiento y realización de tareas de rutina al servicio de todas las dependencias universitarias y otras actividades nacionales en el ámbito del tratamiento numérico de la información. Su primer director fue Manuel Sadosky, exiliado en Uruguay durante la dictadura argentina de Juan Carlos Onganía (1966-1970). En octubre de 1973 muere asesinado a causa de una explosión en la FIng el estudiante Marcos Caridad Jordán. Ese mismo día la Universidad es intervenida por las autoridades. Este desarrollo histórico de las CC es visto como una práctica que enfrentó «...los golpes de Estado, la dictadura, la cárcel y el exilio» (Bermúdez, Cabezas y Urquhart, 2014, p. 9). Todavía hay docentes en la FIng que recuerdan la muerte del estudiante y los sucesos posteriores: «Nosotros teníamos muchísimo miedo por supuesto de las cosas que podían pasar, pero tomamos conciencia después de que nos enteramos de la muerte de Marcos Caridad» (testimonio recogido en una entrevista con exdocente grado 5 del InCo).

Se hizo evidente que el período de intervención universitaria estuvo signado por el exilio. Al retorno de la democracia la práctica se vio fortalecida gracias al ingreso como ciencia básica. El Programa para el Desarrollo de las Ciencias Básicas (Pediciba) se creó con el aporte de ingenieros, matemáticos y otros profesionales que se mantenían en el exilio o habían retornado al país. Con el nombre de «Refundación» se conoce a la etapa posterior a la dictadura. Este término fue acuñado Juan José Cabezas (exdirector del InCo) en sus referencias a la historia del InCo (Bermúdez, Cabezas y Urquhart, 2014). El Pediciba es reconocido por los sujetos como el responsable de la gran dinamización y del avance de la ciencia de la computación en Uruguay en esta etapa de refundacional. Son muy numerosos los testimonios en este sentido.

Dina_ «...el grupo era pequeño, se estaba empezando a dar un curso. Y todas las actividades académicas y universitarias de algunas áreas tuvieron un fuerte impulso con las actividades de Pedeciba. Bueno, entonces, la informática era un área de Pedeciba y es... comenzó a fomentar los posgrados. O sea, que yo diría que el tránsito a ser un grupo académico normal, que era una cosa que tenía que estar ocurriendo en la universidad uruguaya al menos en el área de informática, estuvo muy apoyado por Pedeciba. ¡De eso no hay duda!»

Gerardo_ ¿Qué más me podés contar del papel que juega el Pedeciba?

Dina_ «Bueno...este...casi todos los esfuerzos en materia de investigación y formación son acompañados por el programa. Desde una beca para aquel estudiante que quiera se pueda capacitar, capacitar en el extranjero si así lo desea. Es fundamental el papel que adquieren los insumos para laboratorios y materiales que hacen posible pagar por ejemplo poder de cómputo para poder realizar los trabajos.»

«Qué es lo que tiene de particular el Pedeciba y en lo cual es todavía insustituible? Y creo que lo será siempre, debido a la índole de la...de su naturaleza. El Pedeciba está integrado, gestionado y todas sus acciones están motivadas por investigadores. Eso lo hace particularmente importante por dos motivos esenciales. Uno, que el punto de vista particular de los investigadores no es, naturalmente, el punto de vista de otros actores científicos. Y dos, que el hecho de que los investigadores en un programa tengan que tomar acciones y decisiones que tiene que ver con el conjunto de la actividad científica y cultural del país. Hace que los investigadores seamos más conscientes de cuál es nuestro papel no solo dentro del reducidísimo ámbito de nuestras investigaciones, sino en relación con el aprovechamiento de lo que hacemos, o de lo que podríamos hacer por parte de la sociedad.» (Enrique Cabañas, integrante de Pedeciba)

«Pedeciba surgió con motivo de la vuelta al país de la democracia (sacude la cabeza como apoyando lo que dice). Esencialmente hubo un movimiento de científicos que estaban radicados en el país. En su mayoría biólogos, y otros que estaban radicados fuera que se concertaron con apoyo de Naciones Unidas para construir un programa que se les presentó a las nuevas autoridades democráticas del gobierno de aquel entonces.» (Enrique Cabaña, ex director de Pedeciba entre 1996-2001 entrevista para canal de YouTube de Pedeciba).

Jorge Vidart (ingeniero exdocente del InCo) relata el curioso suceso de la incorporación de la informática como quinta área a la investigación básica y fundamental.

Allá por 1984 u 85, fui a hablar con el director de la oficina de Unesco en Bulevar (Artigas) y (Fructuoso) Rivera,³ y a la salida me encontré con (Enrique) Cabaña⁴ y otros amigos que entraban a una reunión con el consultor Orejas. Iban a conversar sobre un proyecto nuevo de promoción de las ciencias básicas. Por cortesía me invitaron a entrar, y durante la conversación me puse a plantear que la Informática también podía considerarse una ciencia básica. No recuerdo los argumentos que manejé, pero lo cierto es que allí se estaba gestando el Pedeciba, y por la coincidencia de mi presencia allí, nuestra disciplina entró desde el inicio en el programa. Nada es casual, dice un amigo mío. Solo el azar existe, dice Paul Auster (Vidart, 1998 en Cabezas, 2014, p. 92).

Vimos que esta historia «accidental» del ingreso de la informática al Pedeciba se transformó en la realidad de los sujetos como el «factor fundamental» del desarrollo de la computación en el Uruguay. Y la participación de esos investigadores en el extranjero producto de la «diáspora» fue determinante para el éxito del programa (Vidart, 2014). Además, se generó un marco institucional que privilegió la investigación y el desarrollo profesional a otras formas de posgrado.

La otra historia es la que conecta al grupo de PLN con la construcción de sistemas de computación interactivos. Desde la sesión de trabajo en el Dartmouth College de Hanover, Nuevo Hampshire en el año 1956; la gramática generativa de Chomsky, y el programa ELIZA⁵ de Joseph Weizenbaum de 1966 se desarrollaron los modelos que posibilitaron el desarrollo del procesamiento de lenguaje natural. Llama la atención que algunos modelos de NASA,⁶ MIT⁷ y ARPA⁸ llevan el nombre del ingeniero Jaime R. Carbonell (1928-1973) egresado de la FIng. Su temprana muerte, dejó un imborrable recuerdo que se prolongó con la peculiar relación de su hijo Jaime Carbonell Jr. (1954-2020) quien fuera profesor Allan Newell de las Ciencias de la Computación en la Universidad de Carnegie Mellon (Pensilvania, Estados Unidos) y fundador del *Language Technology Institute* del mismo

³ Dos avenidas centrales de la ciudad de Montevideo que hacen referencia a dos figuras del período revolucionario de emancipación en el Plata: José Gervasio Artigas y Fructuoso Rivera.

⁴ Ingeniero y matemático reconocido en la FIng por sus aportes al centro de estudio y quién fuera director de Pedeciba entre 1996-2001.

⁵ En referencia al personaje de la obra *Pygmalion* de George Benard Shaw de 1913. En la que Eliza Doolittle, una joven vendedora callejera de flores es instruida en el idioma inglés para que se adapte a la sociedad londinense del siglo XX. La alegoría es que tanto Eliza Doolittle como el programa ELIZA podían aprender a «hablar» cada vez mejor.

⁶ National Aeronautics and Space Administration (Agencia especial de los Estados Unidos en la que el ingeniero Carbonell ayudó a elaborar software).

⁷ Massachusetts Institute of Technology.

⁸ ARPA net fue la predecesora de la Internet. Fue creada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

centro y que fuera una reconocida influencia en el área del procesamiento del lenguaje natural que tuvo el GPLN.

El lenguaje es para muchos el área por excelencia de la IA.» «Para los que siempre estuvimos en el área, el PLN es casi por definición IA porque es bien una tarea humana. Entonces para los que estamos en el área, repito, el PLN siempre fue IA. [...] el tratamiento del lenguaje por máquinas es el desarrollo clásico de la IA. Como que es el modelo del cerebro y junto con eso la preocupación por las traducciones del ruso al inglés en la segunda guerra mundial. Como que siempre nos vimos de alguna manera en un espejo. Nosotros y las máquinas. Y bueno...ahí el tema es que nosotros aprendemos a hablar y a comunicarnos y ningún otro animal lo hace, con excepción del delfín tal vez. Pero es la tarea que define a los hombres, el lenguaje, el hacer herramientas (Guillermo, Docente PLN).

Mediante el trabajo de campo pudimos reconocer los inicios, (fines de los años ochenta y principio de los noventa) del grupo PLN/InCo. Al comienzo eran apenas tres docentes que con pocos recursos fueron ubicándose dentro de una realidad compleja (Bianco y Sutz, 2014). En esos años la situación era acuciante en términos de calidad de la enseñanza y de la investigación producto de la situación en la que el proceso interventor había dejado a la universidad. A partir del 2000 pudimos distinguir un «despegue» del grupo con la llegada de docentes investigadores jóvenes egresados del sistema de posgrados de Pedeciba.

En la actualidad, el grupo se inserta en los asuntos de CC en el contexto nacional. Participa en conferencias y eventos nacionales con proyección internacional sobre asuntos de IA. Tiene una presencia permanente en la web a través de notas de prensa y posteos en X (ex Twitter). Las prácticas cotidianas van desde la gestión de los cursos de pregrado a la organización de eventos y proyectos y la producción de *papers* académicos basado en las investigaciones desarrolladas por el grupo.

Un ejemplo de toda esta actividad que conecta a ingenieros y artefactos es la elaboración, del estándar más extendido en aprendizaje automático para el procesamiento del lenguaje natural: las RN.⁹ La adopción por parte de los más jóvenes del grupo del *Machine Learning* y el *Deep Learning* hizo posible, junto con un cambio en la matriz empírica (surgimiento de la ciencia de datos o *Big Data*), el desarrollo de investigaciones que tienen a las RN como protagonistas.

⁹ Una RN estándar consiste en muchos dispositivos para computar que reciben el nombre de perceptrón o neurona.

¿De qué hablamos cuando hablamos de una red neuronal RN? (*Neural Networks*)

Los testimonios que hemos relevado durante el lapso que duró la investigación dan cuenta del lugar que ocupa en el desarrollo de las CC las redes neuronales. Este uso no es particular de este grupo y de la académica nacional. Sino que forma parte de modelos que son difundidos con amplitud y de aplicación global.

L_ «Los sistemas que se están usando en PLN últimamente pertenecen a la clase denominada Redes Neuronales Artificiales (habitualmente les decimos redes neuronales nomás). Son un modelo matemático que inicialmente surgió como una forma de modelar desde un punto de vista matemático las neuronas biológicas, sus interconexiones y su comportamiento. Esa era un poco la idea al principio, pero ahora que las redes neuronales son ubicuas en los sistemas con los que trabajamos, ya nadie habla de que realmente estén tratando de simular el sistema nervioso, son simplemente un artilugio matemático que permite construir modelos estadísticos con muy buena precisión.»

Por ejemplo, una tarea de PLN que se ha estudiado bastante es el análisis de sentimiento: Dado un texto, decir si el sentimiento de ese texto es positivo, negativo o neutro. Por ejemplo, los siguientes textos:

Me encanta el guiso que hace mi abuela es positivo.

Qué horrible lo de la pandemia es negativo.

Un humano en general no tiene mucho problema para darse cuenta si estos textos tienen sentimiento positivo o negativo. Pero para una máquina es algo más opaco, a priori no tiene cómo saber cuáles son las claves que indican que algo es positivo o negativo. Entonces se agarran conjuntos grandes de ejemplos y se entrena una red neuronal (o algún otro sistema) a partir de estos ejemplos. Lo que hace la red al entrenarse es deducir propiedades estadísticas de los datos y asociarlas con las salidas que se esperan. Luego se le da al sistema ya entrenado un conjunto de ejemplos nuevos, que nunca vio, y se le pregunta si considera que son positivos, negativos o neutros, y se mide la performance con que le «emboca» (L, docente de GPLN).

El paradigma neuronal sostuvo que las neuronas y sus interconexiones eran fundamentales para el funcionamiento del cerebro (Nilsson, 2010). A principios de los años sesenta en el campo de la ciencia de la computación mundial se buscó el desarrollo de modelos computacionales para dar cuenta del aprendizaje, conocimiento y memorias humanas. En 1957 Frank Roseblatt (1928-1969) comenzó a trabajar en un proyecto llamado PARA (*Perceiving and Recognizing Automaton*). Consistía en un modelo

estadístico que se correspondía con un algoritmo que utilizaba el modelo neuronal del cerebro. El nombre que Roseblatt le atribuyó fue Perceptrón y con este nombre se lo conoce en la actualidad.

Con la venida del nuevo milenio los modelos de aprendizaje profundo terminaron por consolidar su dominio con base en la superioridad de su performance respecto a los demás modelos de *Machine Learning*. Una forma sencilla de representar este modelo es decir que consta de una señal de entrada, una entidad computacional o función de activación y un resultado. Puede entenderse si se piensa en un extremo: a una lista de entradas (*inputs*) que van dentro de una entidad de aprendizaje automático (*machine learning*) que procesa de alguna manera esos inputs y “ejecuta” una tarea. A menudo esa tarea puede ser una clasificación. Pero en general este modelo arroja alguna predicción. Es necesario administrar un proceso de aprendizaje supervisado que ayuda a eliminar el margen de error de la predicción (*output*).

Durante este proceso se introducen un conjunto de *inputs* de los que se disponen las respuestas correctas para que el perceptrón acierte o se equivoque. Las RN circunvolucionales y recurrentes son la que presentan la mayor complejidad o profundidad por la cantidad de «capas» de neuronas que despliegan (Schmidhuber, 2014).

Las prácticas de «entrenar» redes neuronales

En las CC con el nombre de «entrenar» se conoce al ejercicio de laboratorio que le permite a una RN aprender en forma automática. Para ello el ingeniero debe conducir una serie de procedimientos estandarizados. Crear una red neuronal que sea capaz de aprender a identificar en forma automática errores en imágenes y que ayude a mejorar los resultados del software es una tarea que requiere de un dominio de varios campos de las CC.

Cada «entrenamiento» requiere de dos momentos imprescindibles de la presencia del ingeniero: cuando inicia el «entrenamiento», el ingeniero debe clicar en un botón virtual para iniciar el análisis. Es decir, donde los datos ingresan en la RN y salen un conjunto de resultados que no son otra cosa que un listado de predicciones. La predicción se expresa en un ratio ya que es un promedio de todos los casos que se analizan. Y como señalamos son miles y hasta millones de ensayos. Repetidos una y otra vez hasta obtener unos resultados que logran «convencer» al propio investigador.

El segundo momento es cuando se pueden graficar los resultados y el ingeniero aprecia si la RN pudo aprender algo o no. Si las gráficas muestran determinados resultados el ingeniero se sentirá satisfecho con la labor y no tendrá que ejecutar la operación otra vez. Pero si los resultados no son los que se espera deberá repetir los ensayos hasta que haya alcanzado un grado elevado, pero no completo de exactitud. En cada iteración o «época» se realizan pequeños cambios en las variables del algoritmo. Muchas veces

modificando uno o dos puntos. Y luego se vuelve a efectuar el ensayo. En un régimen de tesis de doctorado o maestría los experimentos se corren durante varias horas al día en que la GPU lleva a cabo cálculos a gran velocidad. El ingeniero debe permanecer más o menos cerca de la computadora por si los datos que se arroja le obligan a detener el ensayo, cambiar los parámetros y volver a iniciar. Según de que función de activación se trate y de los parámetros los resultados harán que el ingeniero se ocupe de generar nuevos ensayos o pueda dedicarse a «estabilizar»¹⁰ sus hallazgos.

Un ejemplo etnográfico que puede ilustrar la forma que adoptan las prácticas científicas en este campo es la práctica de «entrenar». Entrenar redes es un conglomerado de fórmulas matemáticas, usos estadísticos, lógica formal, aparatos tecnológicos, y procedimientos más o menos estandarizados que los sujetos llaman «entrenamiento». Para poder «entrenar» una red neuronal hace falta tener recursos para poder computar. La necesidad de comparar (paralelizar) métodos de aprendizaje automático lleva a la necesidad de hardware específico. Tanto hardware como software necesitan de recursos económicos especiales para poder llevarlo a cabo.

Los ingenieros en computación utilizan estas «entidades matemáticas», estadísticas, lingüísticas, probabilísticas que se combinan de manera particular en la disciplina. No obstante, el uso de estas entidades se encuentra siempre acompañado por otro importante número de aparatos, constructos, y herramientas. La experiencia de los ingenieros respecto de esta «entidad» que es entrenada muchas veces puede ser descrita como una actividad cuyo objetivo es hacer que la red «aprenda». ¿Pero, qué es lo que aprende y, en definitiva, cómo aprende?

Cuando los consulté por este asunto dijeron:

L_ «Nosotros trabajamos con lo que se llama redes convolucionales que permite realizar menos cantidad de cálculos. Estamos hablando que pasas de 500 millones de operaciones a 60. Es bastante la diferencia. (en cambio) Las redes convencionales llevan implícito un problema dada la profundidad de la propia estructura. Durante el proceso de entrenamiento es perfectamente posible alterar los valores de entradas de la red. Alterando los valores cambian su distribución y cada neurona termina adaptándose a estos cambios. Es otra forma de RN. Las usamos para resolver el problema que presentan muchas cámaras de diferentes fabricantes para completar los colores faltantes en las imágenes.» (L., egresado de la FIng).

¹⁰Para Woolgar y Latour los «hechos» que se producen en los laboratorios científicos adquieren un estatus de estabilidad mediante la enunciación. En *Laboratory Life* (1979) analizan en un esquema constructivista a los hechos y artefactos científicos. El laboratorio cumpliría la función de crear orden del caos a través de la estabilización de los enunciados científicos (*scientificstatement*) que terminarían como resultado en enunciados de hechos (*statements of facts*). Y una vez abandonado el laboratorio, estos «productos» tienen la propiedad de ser difícilmente cuestionados y ordenados

La arquitectura de las redes es variable y si se desea que la información circule entre capa y capa de forma recursiva deberá elegirse otro tipo de arquitectura, como las llamadas *feedforward* u otras como las recurrentes de estructura variable. El desarrollo de modelos simples fue creado en los años setenta y conoce el nombre de *back propagation* porque la dirección en la que circula la información de una capa de neuronas a otra capa es hacia atrás.

En charla con D. respecto de este parecer que afloraba en la evaluación de los resultados en un entrenamiento. Decía:

D_«Hay cambios que se procesan asignando de un modo, un poco (hace una pausa y piensa por un momento), haciendo experimentos de ensayo y error, digamos. La disciplina asigna valor a los parámetros y lo que está faltando es el tema de las explicaciones de los modelos, ¿no? RN que son las que están dando más éxito. Son métodos que no...permiten hacer el relato de por qué funciona o por qué no funciona este cambio que le hice. Y uno quiere saber, quiere el relato, la explicación. Yo espero que en los próximos años se avance en ese sentido. En el sentido de hacer funcionar cosas y entenderlas en el cómo y el por qué y... cuáles si y cuáles no. Creo que a veces, de repente, se construyen los artefactos primero y luego uno tiene la capacidad de explicarlos. Pero antes uno construye esos artefactos que son como máquinas. Son autómatas. Eso creo yo que es el mayor desafío que le veo ahora. [...] Los informáticos pueden hacer un modelo de representación numérica donde en realidad pongan unas ecuaciones diferenciales y no me preguntes por qué esto anda, ¡(pero) anda!» (D., docente del GPLN)

En la presentación de un proyecto de trabajo para ayudar a solucionar problemas que tiene un tipo de software comercial presente en las cámaras fotográficas digitales de dispositivos electrónicos. El software actúa para mejorar las imágenes digitales que capta la lente de la cámara. Cada fabricante tiene un conjunto de reglas y procedimientos específicos para mejorar las imágenes con un tipo determinado de software. Los investigadores encontraron que sería deseable social y económicamente generar un modelo de aprendizaje profundo que permita bajar el tiempo de ejecución para que puedan ser adaptados en dispositivos de bajas prestaciones y puedan ser accesibles por un conjunto mayor de la población a un precio más conveniente.

En este caso los investigadores se plantearon mejorar un modelo ya existente. Alteraron su arquitectura y luego analizaron el “costo en precisión” de estos cambios. La literatura que sirve de antecedente para el proyecto tiene sus raíces en el MIT, Adobe, Apple, y la Universidad de Illinois. Y el modelo tomado como base del trabajo fue desarrollado por Adobe junto con el *Computer Science (LCS) and the Artificial Intelligence Laboratory* del MIT. La base anual

de presupuesto para la investigación que recibe en CSAIL/MIT es de más de 65 millones de dólares.¹¹

L_ «Para el proyecto usamos dos modelos de redes de poca profundidad obviamente, cuanto mayor profundidad mayor son los riesgos de error indeterminado (Overfitting). Y bajamos el número de operaciones en un 88 %. Así mismo tuvimos que usar equipo que no baja de los mil o mil quinientos dólares.» (L., egresado de la FIng).

Los experimentos realizados demoran entre 0,5 y 3 segundos cada uno en procesarse. Como se trata de varios millones de cálculos el tiempo de ejecución es significativo, lo que podría mejorar «...si existiera el soporte adecuado» (de los autores, fragmento del informe de proyecto, 2019, p. 58). A pesar de ello, los resultados alcanzados permiten lograr velocidades de cómputo seis veces superiores a modelos iguales desarrollados en 2016 por científicos del MIT y Adobe: El informe concluye que, si se comparan los modelos presentados tienen la capacidad de procesar imágenes a una velocidad muy mayor a otros modelos consolidados.¹²Dado el número de ejemplos analizado en la base de datos, las PC comerciales para uso doméstico no pueden “ejecutar” las operaciones de cómputo por eso se requiere de cómputo adicional para llevarlo a cabo. Para este fin ha de contratarse en distintos prestadores de cómputo (como Google) una GPU, *Graphics Processing Unit*, que como su nombre lo indica se trata de una CPU, pero desarrollada para realizar operaciones de gráficos de videojuegos. Los prestadores de cómputo tienen estas máquinas virtuales dentro de los servidores que ejecutan las operaciones que los ingenieros necesitan para procesar sus tareas. Por tanto, ya no es local el procesamiento de los datos, sino que se efectúa en la «nube». La velocidad de estas GPU dependerá del tipo de contratación que se pague, ya que su valor no es nada económico, son precios que se agregan a la cadena de valor que tienen que pagar los ingenieros del grupo.

Es en este proceso donde entran los recursos web para la construcción automática de arquitecturas de redes. Estas librerías son de uso habitual entre estudiantes, docentes y profesionales y dependen de Google y Meta. Activar capas de neuronas con estos programas facilita la labor del usuario. Con pocas líneas de código de programación es posible sumar las capas de neuronas al modelo. Luego de este procedimiento hace falta suministrarle los datos a la red neuronal para que pueda realizar la predicción o predicciones. Luego es posible hacer que el programa evalúe las predicciones dotándolo de los valores para cada predicción.

¹¹ Fuente: <https://www.csail.mit.edu/about/mission-history>.

¹²Por ejemplo, el modelo de aprendizaje automático desarrollado por científicos del MIT y la empresa Adobe para la obtención de buenos resultados en imágenes y que integra los procesos de demosaicing y denoising.

S_ «Durante la construcción: no se sabe cómo se corresponden esos ajustes numéricos a las mejores salidas que da la red. Por ejemplo, imagínate que estamos intentando tener una red que te diga qué objeto está en una imagen. Imagínate que tenés 450 números y resulta que si al número 47mo lo multiplicamos por 10, luego le restamos 13,45 y después lo multiplicamos por 5,674, los limones son reconocidos con mayor efectividad. El misterio acá lo tenemos en entender por qué ese cambio (esa cuenta que dije) generó el efecto positivo de que los limones se reconozcan mejor» (S., egresado y docente de la FIng).

S_ «Finalizada la construcción: una vez construida la red, no se sabe cómo interpretar cada cuenta que hace al funcionar. [...] Acá se ajustan números para que los limones sean identificados como limones, las manzanas como manzanas y las margaritas de crema como margaritas de crema. Esto es importante: los ajustes en las reglas surgen del razonamiento sobre nuestras experiencias como humanos sobre el fenómeno a estudiar; mientras que los ajustes en los valores de una red surgen del empirismo puro («a este grupo le funcionó que $x=456$ así que lo probamos...luego vimos que en nuestro caso funcionó aún mejor $x=456,34212$ »). Es decir, no hay nadie que diga «vamos a usar $x=340$ porque eso se parece más a cómo yo interpreto la idea del limón» (S., egresado y docente de la FIng).

Estos dos aspectos se conocen hoy en día como «interpretabilidad» o «explicabilidad». ¿Cómo interpretar los números que pasan por adentro de la red? ¿Cómo se explica que 1,341 está asociado a los limones y 1,2 a las margaritas de crema? ¿Y por qué un tomate está representado por 1,4? ¿Hay alguna correlación entre esos números o no significan nada?

A la hora de revelar los resultados de las iteraciones de los experimentos algunas configuraciones de neuronas arrojan mejores resultados que otras. ¿Cómo son tomados estos resultados por el ingeniero? Cuando este fenómeno sucede, el ingeniero no tiene conocimiento de por qué sucede. Se cumple la frase de D «...no me preguntes por qué esto anda, ¡(pero) anda!»

La posibilidad de que un elemento tan relevante no tenga posibilidad de explicar «algo» tensiona la profesión, el campo y la opinión pública. De todos modos, existen métodos con cierto recorrido para intentar interpretar qué sucede dentro del modelo (Balkir et. al, 2022). Para los ingenieros interpretabilidad y explicabilidad en IA son dos dimensiones emparentadas. Interpretabilidad refiere a una forma en la que un ser humano puede entender (utilizando la matemática) lo que sucede en el interior de un perceptrón o en una RN de baja complejidad. La explicabilidad en IA o XAI (*explainable artificial Intelligence*) se da cuando no es posible explicar todos los valores de una red porque surgen del empirismo puro, estadístico o matemático y no de experiencias concretas como humanos. Al aumentar de forma significativa el

número de cómputos en los últimos años, los científicos se han encontrado que no siempre los resultados positivos responden a que el modelo actúa satisfactoriamente (Balkir et. al, 2022, p.80). Se ha descubierto que los modelos pueden ser manipulables (Zhang et al, 2020a), sesgados (Chang et al, 2019) y pueden llegar a fugar datos sensibles (Carlini et al, 2021). Estas fallas en la transparencia de los modelos de la IA han llevado al desarrollo de métodos que posibiliten trabajar dentro de los modelos en orden de determinar si su funcionamiento es adecuado por las razones correctas. Es determinante el éxito de estos dispositivos para que las declaraciones de ética y responsabilidad en la IA tengan principios razonables. Estos métodos de explicabilidad tratan de elucidar una predicción o un conjunto de predicciones o las predicciones de todo un modelo al identificar partes de los resultados o del modelo de entrenamiento que tiene mayor influencia en los resultados.

En este caso vimos como el entrenamiento de redes parece, por momentos, una actividad inductiva de mera repetición que realiza pequeños ajustes numéricos que son ingresados por los ingenieros en la RN. La actividad es repetitiva, por momentos parece buscar meramente el resultado. Sin embargo, no se trata de una actividad que va a «tientas» porque se sabe con certeza qué métodos mejoran los resultados, pero no es posible deducir conclusiones generales o reutilizarlos en otros modelos.

Con cada iteración del entrenamiento la RN tiene la capacidad de aprender y mejorar los resultados usando lo que otros ingenieros han desarrollado para tal fin. La RN logra presentar un comportamiento esperable dentro de los márgenes del modelo. Si se aparta de él y presenta resultados que no se ajustan, es posible corregirlos con métodos de explicabilidad (como los relatados).

En este trabajo pudimos ver como los ingenieros, algoritmos, software, hardware, *data sets*, RN se vinculan en los espacios donde acontece la práctica. El ingeniero y la RN trabajan juntos, actúan como una dupla y los resultados son tanto de uno como del otro, sostienen un tipo de vínculo permanente y estrecho que se vuelve estable producto de estabilizaciones mediante procedimientos convencionales de la práctica como un artículo científico (Latour, 2004).

Discusión

Las entidades tecnológicas que proliferan en el laboratorio de CC reciben el nombre de algoritmo, redes, *data sets*, oráculos, etc. Estas entidades que produce el grupo se ensamblan de forma momentánea con los sujetos en el «laboratorio». Y se forman vínculos persistentes como en el ejemplo descrito.

Este ensamblado de entidades compuestas de humanos y de no-humanos tiene su análisis fundacional en los escritos del filósofo y antropólogo francés Bruno Latour (1947-

2022). En *The pasteurization of France* ([1984]1993) y *Nunca Fuimos Modernos. Ensayo de antropología simétrica* (Latour, [1991] 2007) abre un espacio para que puedan tener existencia los agentes, actores o actantes no-humanos.

En la segunda parte de *The pasteurization of France* con el título de *Irreductions* se plantea la consideración de que las entidades humanas y no-humanas estarían en la misma ontología; un ingeniero no es más real que un algoritmo ya que «1.1.1 Nada por sí mismo puede ser reducible o irreducible a ninguna otra cosa» (Latour, [1984] 1994, p. 158). Este presupuesto pretende terminar con la propuesta leibniziana de la distinción entre lo natural en tanto sustancia y lo artificial como agregado. Los modernos (y su Constitución) han defendido un sistema clasificatorio que separó las epistemes científicas de otras esferas como la política y la religión. Y los practicantes quedaron confinados cada uno en sus pequeños y muchas veces opuestos, compartimentos estancos.

Sin la firmeza del dualismo entre naturaleza trascendente y sociedad inmanente, en el nuevo régimen (ontológico) podrían darse todo tipo de nuevas «asociaciones», «híbridos», «actor-red», incluso darse, «fantasmas», «ángeles» y «monstruos» (Latour, 2007). En posteriores trabajos sostendrá la existencia de un mundo por fuera de ese sistema clasificatorio moderno. En el que podrían detectarse no-humanos y humanos componiendo un mundo común (Latour, 2005). Para Latour, las asociaciones entre seres humanos son persistentes en el tiempo por la acción cada vez más sustantiva de no-humanos (2013). En un laboratorio de CC se presentan, como vimos, un conjunto de dispositivos y de objetos tecnológicos. Las asociaciones que se establecen son duraderas en el tiempo, nunca son del todo objetos, ni son inmanentes; son «cuasi-objetos»¹³ en parte trascendentes. El término no-humano que en la actualidad adopta el nombre *more than human, other than human o non-human* (Chao, S., Price, C., Ponce de León, A., & Ruíz-Serna, D., 2023; Taddei, R., 2023) refleja una «insatisfacción» con la tradición filosófica en la que «objeto» y «sujeto» son colocados como opuestos y tratados de forma radicalmente diferentes. El privilegio otorgado a los sujetos por sobre los objetos deviene, en parte, de esa *Great Divide* (Savransky, 2017) en la que los modernos distinguían «...facts from values, the natural from the cultural, the scientific from the political, the rational from the passionate; from all the others, who mess all those neat distinctions up» (Savransky, 2017, p. 144).

Como vimos en un laboratorio de IA se asocian entidades (ingenieros y algoritmos, RN, etc.) una asociación entre entidades que de ninguna manera podrían ser reconocibles como social en el sentido habitual. Social es el nombre de un tipo de asociación

¹³Michel Serresuno de los filósofos que ha influido en la teoría del actor-red, proporciona el marco para pensar que los ángeles, herederos de Hermes; el dios de la comunicación y de las traducciones, puedan ser verdaderos mediadores entre mundos (Serres, 1995). Mensajeros, intermediarios entre mundos aparecen y desaparecen a voluntad y se expresan en formas no convencionales. A esto llama «cuasi-objetos»

momentánea que se caracteriza por la manera en que se reúnen en el breve momento en que son ensambladas (Latour, 2005). Desde el punto de vista del Materialismo filosófico este enunciado es inconmensurable. Para el sentido común filosófico un objeto está compuesto de materia física. Materialistas y naturalistas comparten este sentido común «por defecto» (Harman, 2009) en el cual el reino de la materia inanimada fue abandonado en manos de las ciencias naturales. En este sentido, Latour sostiene que las ciencias sociales habrían dado un paso equivocado al dejar a los objetos en manos de físicos, químicos e ingenieros. Según Latour las explicaciones científicas y las elaboraciones filosóficas sobre la vida humana deben tener permitido incorporar estos elementos como factores efectivos de la agencia porque existe la necesidad de un nuevo estilo descriptivo para la idea materialista de existencia material (Latour, 2007b).

La solución de Latour es plantear que lo que hace «más» real un átomo, una bacteria o un algoritmo, que un «fantasma» o un «ángel» es el conjunto de alianzas en aquellos «reinos» a los que pueda pertenecer y como forma de determinar la potencia de ese actante. En *Pandora's Hope* (1999) Latour señala este asunto en un relato acerca de Pasteur (1822-1895) y las levaduras de fermentación láctica (*Lactobacillus*). En sus investigaciones, Pasteur logra captar un conjunto importante de «alianzas» entre interesados en el desarrollo de su trabajo. Desde autoridades estatales de Francia hasta colegas en laboratorios, hasta el sector productivo. Para que el trabajo científico pueda desarrollarse hará falta movilizar un enorme contingente de asociaciones «materiales» y «vinculares». La tarea acumulativa y su crecimiento dependen en parte de hasta donde llegan esas alianzas. «Cuantas más relaciones tenga una disciplina científica, mayores oportunidades habrá de que la exactitud sea uno de los elementos que circulen a lo largo de sus múltiples vasos.» (Latour, 1999, p. 138).

Pero, cómo explica Latour que las levaduras se conviertan en «aliados» de Pasteur. Al desarrollar ensayos con las levaduras Pasteur intenta desafiar el esquema químico de Berzelius y Liebig en el que no era posible distinguir un único elemento causante de la fermentación. Al completar sus experimentos la levadura se ha comportado de la forma esperada. Y le han dado a Pasteur la posibilidad de justificar sus hallazgos: «Al final del mismo, Pasteur triunfa sobre sus enemigos y su punto de vista logra salir a la luz, derrotando a la explicación química de la fermentación» (Latour, 1999, p. 141). Y por otra parte Pasteur al estabilizar sus hallazgos en un documento que reúne sus conclusiones, les da a las levaduras su existencia para la ciencia y para la sociedad francesa de la época.

La agencia que tiene una entidad es explicada porque son estabilizadores de las relaciones intersubjetivas como en el caso de Pasteur. La sociedad científica francesa, los productores de leche y Pasteur quedan aliados por la persistencia que provocará la estabilización de las levaduras. Las alianzas que se establecen entre humanos incluyen

algunas veces no-humanos (Latour, 1999). Una vez que se establece este significado de social, es posible comprender, sostiene Latour, lo que era o es «tan confuso para los sociólogos de lo social»: las asociaciones entre entidades humanas y no humanas.

En el caso de la red de entidades ensambladas que relatamos en nuestro ejemplo las alianzas pueden rastrearse en aquellos involucrados en el desarrollo de las tecnologías, los usuarios de la IA y las empresas del rubro.

La lógica de la acción de algoritmos, y RN tensiona el sentido común de que sean entidades sociales convencionales que poseen agencia. En Latour, la acción cobra el estatus de un atributo con distribución y dimensionalidad (Oppenheimer, 2005). Es decir que la red de confluencia tecnocientífica entre ingenieros y algoritmos no es un encuentro entre dos figuras unitarias (una de ellas reducible a materia o a factores materiales), sino que tienen amplia distribución, son de fácil ubicación y dimensionables. Lo que distingue a esta red de confluencias es que la acción se extiende en todos los puntos de la red. Capaz de poder ubicarse en los nodos de la red, pero también a lo largo de ella.

La idea de la existencia de «ensamblados» «a-modernos» (Latour 1993) son contrarios a la base ontológica implícita y tradicional del sentido común occidental que es instrumental al conocimiento sociohistórico y antropológico ya que asimila, o reduce a tres esferas la actuación de los sujetos en el campo, para reducir las prácticas de los interlocutores a: 1- síntomas de relaciones de poder desiguales; 2- diferencia directa y simple (es decir simbólica) o 3- alguna forma de comportamiento adaptativo. (Taddei e Hidalgo 2016). Una RN no sería social porque no expresa, simboliza o refuerza algún tipo de relación social. Tampoco es posible para Latour (1984) reducir algo a otra cosa. Por eso no es posible reducir comportamiento, acción o actuación a alguna de las tres esferas mencionadas por Taddei e Hidalgo (2016). Cuando un ingeniero expresa que su red entrena y está varias horas del día a la espera de ver cómo se comporta la RN y eso depende de si sale a la calle. Esta agencia es social en el momento en que forman entramados con los ingenieros. *Papers, data sets, software*, redes, perceptrones, gráficas, algoritmos, se imbrican y constituyen ensambles momentáneos.

Por eso esta teoría no es una teoría general del ser, pero se corresponde con la distinción de un conjunto de fenómenos que son discontinuos y heterogéneos. En un modo de existencia «en-tre-otros» que plantea Latour (2013), es posible recorrer la lista de asociaciones y los elementos que la constituyen (como una red siempre cambiante e indefinida) y la diversidad de valores (finita) y la fluctuación de esos valores a lo largo del tiempo (contingente).

Algunas críticas a la TAR han ido hacia la ontología y metafísica (Bloor, 1999; Collins, 2010). En ellas se crítica los argumentos radicales de la no existencia de la «vida en sociedad» y el nivel de agencia que poseen los actantes no humanos.

En Latour existe una condición para la acción. Si la entidad (no-humano, actante), modifica en algo a alguien o algo en el proceso efímero en que los dos están cerca, y si existe alguna manera de detectar o tomar en cuenta dicha modificación o diferencia podemos afirmar que esa entidad tiene agencia, acción o actuación (Latour, 2005, p. 88).

Si existe la posibilidad de que un no-humano agregue «algo» a una cadena de interacciones o asociaciones, se trata de un no-humano que actúa como mediador (Harman, 2009, p. 17; Sayes, 2014). En el caso de los ingenieros del grupo es amplio el acuerdo en que la relación o vínculo entre software, algoritmo, datos y RN afectan y modifican muchas veces la forma en la que el ingeniero se desempeña. Y que a pesar de los métodos de explicabilidad, no es posible saber muy bien qué es. Pero produce cambios y estados de ánimos que son evidentes. Si los resultados son los esperados y conforman al investigador ya no habrá necesidad de que se continúe con el entrenamiento de la red. Si los resultados aún no conforman, los ensayos seguirán. Los resultados no podrán ser estabilizados y no habrá incorporación al mundo de los hechos científicos.

En el caso de una RN podría considerarse una entidad que media entre el «mundo» de las PC y el ingeniero y que con base en los resultados en el «mundo» real puede estabilizarse como un agente. La RN de por sí no podría tener agencia, pero la adopción del entrenamiento de la red como espacio de la práctica de ingenieros es la que estabiliza resultados que luego se vuelcan en nuevas concreciones como un *paper* o un proyecto. O en el ejemplo de un artículo académico. (Latour, 2013, p. 52).

No es posible afirmar que estas invenciones, creaciones y desarrollos de algoritmos, redes neuronales tienen agencia en el sentido que tienen los humanos. Tampoco abogamos porque la acción se deshumanice para poder explicar entidades no-humanas que forman asociaciones con humanos. Las acciones y capacidades de los no-humanos son percibidas como la condición para la duración y permanencia de esos ensamblados (Latour, 2005). Al observar una jornada de entrenamiento de RN la inevitabilidad del lazo entre agentes se expresa cuando el ingeniero no era capaz de abandonar el recinto en el que se daba el entrenamiento por si su red de neuronas presentaba algún problema o dificultad. El lazo social es posible solo cuando están involucrados más que lazos sociales, cuando ciertos vínculos pueden ser estabilizados o puestos en una unidad cerrada. Esto, no indica que sea necesario que se den estos vínculos de manera intra-subjetiva, sino que es posible si se apela a la inter-objetividad, entre objetos y sujetos.

Conclusiones

Esta investigación antropológica de casi dos años de duración en un ambiente con un triple entramado a saber: académico, universitario y científico-tecnológico. Hemos partido desde descripciones de las relaciones entre la experiencia y los objetos, mediadas por prácticas

cotidianas en contextos de producción de conocimiento científico. El trabajo de campo etnográfico nos permitió indagar en las formas que adoptan las prácticas y como se expresa ese modo «social» de surgimiento y validación de las CC en el ámbito universitario de la Udelar. El relato presentado es coherente con la idea de que los algoritmos implicados en las tareas de computar, el software, el hardware, los conjuntos de datos (*data sets*) y las conexiones de procesamiento o redes neuronales (RN) alteran las conductas de las personas que interactúan con ellos en estos ambientes técnico-científicos. Con base en el análisis detallado de un caso etnográfico acerca de lo que es un entrenamiento de redes neuronales fue posible conformar junto con los ingenieros un entramado de «asociaciones» que presentan tres componentes estructurales. La heterogeneidad de los agentes quedó retratada en la descripción de los sistemas tecnológicos que entran en acción en la tarea de entrenar RN. El tratamiento simétrico entre humanos y no-humanos se vio reflejado en la descripción de las confluencias sociotécnicas que forman ingenieros y algoritmos de aprendizaje automático y el balance de la agencia entre ambos.

Referencias

- Althabe, G. y Schuster, F. G. (1999). *Antropología del presente*. Edicial.
- Árnason, A. (2001). Experts of the ordinary: Bereavement counselling in Britain. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, (7), 299-313.
- Bérmudez, L. & Urquhart, M. (2003) Salvando la memoria de la computación en la Universidad de la República, Uruguay, a partir de los recuerdos del Profesor Manuel Sadosky, en *Reporte Técnico RT*, Pedeciba, Inco, Udelar. 03-19.
- Bermúdez, L., Cabezas, J. y Urquhart, M. (2014) De Clementina al Mail. Una aproximación a la historia de la computación en la Udelar. En: AAVV. *Aportes para la historia del Instituto de Computación (1967-2012)* https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/Aportes_para_la_Historia_del_INCO_0.pdf
- Berthin, M. (2014). «*Touch Future x ROBOT*»: *Examining Production, Consumption, and Disability at a Social Robot Research Laboratory and a Centre for Independent Living in Japan*. Tesis de Doctorado, Department of Anthropology, London School of Economics.
- Boden, M. (2016). *Inteligencia artificial*. Turner.
- Bostrom, N. (2016). *Superinteligencia: caminos, peligros, estrategias*. Teell.
- Boyer, D. (2008). Thinking through the Anthropology of Experts. *Anthropology in Action*, 15(2), 38-46
doi:10.3167/aia.2008.150204
- Bralich, J. (1993). *Historia de la Universidad*. CEPU.
- Cabezas, J. (2014). La increíble historia del Instituto de Computación (en 24 mails) En: AAVV (2014) *Aportes para la historia del Instituto de Computación (1967-2012)* https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/Aportes_para_la_Historia_del_INCO_0.pdf
- Callon, M., Law, J. y Rip, A. (Eds.) (1986). *Mapping the dynamics of science and technology*. Macmillan.
- Cardoso de Oliveira, R. (1988). *Sobre o pensamento antropológico*. Tempo Brasileiro.

- Chao, S., Price, C., Ponce de León, A., & Ruíz-Serna, D. (2023). Multiespecie, Más-que-humano, No-humano, Otro-que-humano: Reinventando los lenguajes de lo animado en la era de destrucción planetaria. *Tekopora. Revista Latinoamericana De Humanidades Ambientales Y Estudios Territoriales*. ISSN 2697-2719, 5(1), 109-125. <https://doi.org/10.36225/tekopora.v5i1.201>
- Dumit, J. (1997). A Digital Image of the Category of the Person/ PET Scanning and Objective Self-Fashioning, en: Downey, Gary L. y Joseph Dumit (eds), *Cyborgs & Citadels. Anthropological Interventions in Emerging Sciences and Technologies*. School of American Research Press, Santa Fe, Nuevo México, pp.83-102.
- Fischer, M. M. J. (2007). Four Genealogies for a Recombinant Anthropology of Science and Technology. *Cultural Anthropology*, 22(4), 539-615. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1525/can.2007.22.4.539/abstract>
- Fleck, L. [1935] (1981). *Genesis and Development of a Scientific Fact*. University of Chicago Press.
- Forsyth, D. (2001). *Studying Those Who Study Us: An Anthropologist in the World of Artificial Intelligence*, Stanford University Press.
- Fortun, K., Fox, P., Fortun, M. y Price, D. (2007). Experimenting with *The Asthma Files*. Ponencia presentada en Lively Capital III., University of California, Irvine.
- Frankish, F. & Ramsey, W. (2014). *The Cambridge handbook of Artificial Intelligence*, Cambridge University Press.
- Fraiman, R. y Rossal, M. (2011). De calles, trancas y botones: una etnografía sobre violencia, solidaridad y pobreza urbana. BID/Ministerio del Interior.
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1993a). The Emergence of Post-Normal Science. En R. Von Schomberg (Ed.), *Science, Politics and Morality. Scientific Uncertainty and Decision Making*. Springer.
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1993b). Science for the Post-Normal Age. *Futures*, 25(7), 739-755. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L).
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1994). Uncertainty, Complexity and Post-Normal Science. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13(12), 1881-1885. <https://doi.org/10.1002/etc.5620131203>.
- Grimaud, E. y Paré, Z. (2011). *Le Jour où les Robots Mangeront des Pommes, Conversations Avec un Geminoid*. Pétra
- Harari, Y. N. (2018). *21 lecciones para el siglo XXI*. Debate.
- Haraway, D. (1997). Mice into Wormholes. A Comment on the Nature of No Nature, en: Downey, Gary L. y Joseph Dumit (eds), *Cyborgs & Citadels. Anthropological Interventions in Emerging Sciences and Technologies*, School of American Research Press, Santa Fe, Nuevo México, pp. 209-243.
- Harman, G. (2009). *Prince of networks: Bruno Latour and Metaphysics*. Re.press.org. <https://libros.metabiblioteca.org/server/api/core/bitstreams/6935d7fb-c450-4f11-b06f-a58b67f14b33/content>
- Helmreich, S. (1998). *Silicon Second Nature, Culturing Artificial Life in a Digital World*. University of California Press.
- Helmreich, S. (2011). What Was Life? Answers from Three Limit Biologies. *Critical Inquiry*, 37(4), 671-696.
- Hess, D. (2001). «Ethnography and the Development of Science and Technology Studies», en Atkinson, Paul; Amanda Coffey; Sara Delamont; John Lofland y Lyn Lofland (eds.), *Handbook of Ethnography*, Sage, Thousand Oaks, pp. 234-245.

- Hidalgo, C. (1997). Antropología del mundo contemporáneo. El surgimiento de la antropología de la ciencia. En: *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología (XXII-XXIII)*, pp. 71-81.
- Hidalgo, C. (1999). Los hechos sociales. En E. Scarano (Coord.), *Metodología de las ciencias sociales: lógica, lenguaje y racionalidad*. Macchi.
- Hidalgo, C. y Stagnaro, A. (2016). Antropología de la ciencia y la tecnología. En: *Cuadernos de Antropología Social*. (43), 9-11.
- Kuhn, T. (1999). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1962).
- Latour, B. (1994). *The pasteurization of France*. Harvard University Press. (Obra original publicada en 1984)
- Latour, B. (1996). On Actor–Network Theory: a few clarifications plus more than a few complications. *Soziale Welt*, (47), 369-381.
- Latour, B. (1999). *Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies*. Harvard University Press.
- Latour, B. (2004). *The politics of nature: how to bring the sciences into democracy*. Harvard University Press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: an introduction to Actor–Network–Theory*. Oxford University Press.
- Latour, B. (2007). Can we get our Materialism back please? *Isis*, (98), 138-142. <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/512837>
- Latour, B. (2013). *An inquiry into modes of existence: an anthropology of the moderns*. Harvard University Press.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1988). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Alianza. (Obra original publicada en 1979).
- McCorduck, P. (1992). *Maquinas que piensan. Una incursión personal en la historia y las perspectivas de la Inteligencia Artificial*. Technos.
- Nilsson, N. J. (2010). *The quest for artificial Intelligence: A history of ideas and achievements*. Web Version Print. Cambridge University Press <http://www.cambridge.org/us/0521122937>
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. Crown Publishers.
- Pignuoli-Ocampo, S. (2015). La posición epistemológica del constructivismo simétrico de Bruno Latour. *Cinta de moebio*, (52), 91-103. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000100008>
- Rabinow, P. (1997). *Making PCR. A Story of Biotechnology*. The University of Chicago Press.
- Rheinberger, H. J. (1997) *Toward a History of Epistemic Things*. Stanford University Press.
- Richardson, K. (2015). *An Anthropology of Robots and AI. Annihilation Anxiety and Machines*. Routledge.
- Russell, S. & Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*. Pearson, Prentice Hall.
- Sayes, E. (2014). Actor-Network Theory and methodology: just what does it mean to say that nonhumans have agency? *Social Studies of Science*. 44 (1), 134-149.
- Schaffer, S. (1991). The eighteenth Brumaire of Bruno Latour. *Studies*. En: *History and Philosophy of Science Part A* 22(1): 174-192.
- Schmidhuber, J. (2014). Deep Learning in Neural Networks: An Overview. <https://arxiv.org/pdf/1404.7828>
- Serres, M. (1995). *Angels: A Modern Myth*. Flammarion.

- Simonetti, C. (2012). *Encountering depths across surfaces. Time and space in archaeology* (Tesis de Doctorado, University of Aberdeen, Escocia).
- Strathern, M. (1992). *After Nature: English Kinship in the Late Twentieth Century*. Cambridge University Press.
- Suchman, L. (2006) *Human-machine reconfigurations. Plans and situated actions*. Cambridge University Press,
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511808418>
- Suarez-Villa, L. (2009). *Technocapitalism: A Critical Perspective on Technological Innovation and Corporatism*. Temple University Press
- Taddei, R. (2020). Habitar um futuro que não repetirá o passado. *PISEAGRAMA*, Belo Horizonte, (14), p. 118-127.
- Taddei, R. (2023). ¿Hay lugar para la agencia no humana en la investigación transdisciplinaria? Una reflexión etnográfica. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 18 (53), 247-264.
<https://doi.org/10.52712/issn.1850-0013-380>
- Taddei, R. e Hidalgo, C. (2016). Antropología posnormal. En: *Cuadernos de Antropología social*, (43), 21-32.
- Vidart, J. (2014). De la investigación a la exportación de software en Uruguay, En: AAVV. *Aportes para la historia del Instituto de Computación (1967-2012)*.
https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/Aportes_para_la_Historia_del_INCO_0.pdf