

**MUJERES EN TIC: UNA HISTORIA DE PIONERAS OCULTAS/MENOSCABADAS
Y OMISIONES EN LA BIBLIOGRAFÍA**

Women in ICT: a history of hidden/undermined pioneers and omissions in bibliography

Gabriela P. Henning

ghenning@intec.unl.edu.ar

INTEC (Universidad Nacional de Litoral CONICET) - Argentina

Recibido: 14-03-2020

Aceptado: 02-06-2020

Resumen

Este trabajo analiza algunas dimensiones de la brecha de género en el campo de las TIC. Ésta no puede comprenderse en forma cabal, si no se reconoce cuál ha sido la historia de la mujer en la disciplina. Esta es una historia de mujeres invisibles, opacadas, a quienes se les negaron las posiciones de liderazgo o se les dificultó sobremanera alcanzarlas. También expone una situación donde la negación de la mujer se llevó al extremo. Tal es el caso de la Inteligencia Artificial y el taller que le dio origen como disciplina, configurando un universo masculino que se manifiesta desde las casi nulas posiciones de liderazgo, hasta la bibliografía sesgada que es discutida en el artículo.

Palabras clave: género; TIC; inteligencia artificial; estereotipos; roles.

Abstract

This contribution analyzes some dimensions of the gender gap in the ICT field. This problem cannot be fully understood without recognizing the history of women in the discipline. This is a story of invisible, opaque women, who were denied leadership positions or had great difficulty in reaching them. It also exposes a situation where the denial of women was carried to the extreme. Such is the case of Artificial Intelligence and the workshop that gave rise to it as a discipline. This birth configured a masculine universe that manifests itself from the almost null positions of leadership, to the biased bibliography that is discussed in the article.

Keywords: gender; ICT; artificial intelligence; stereotypes; roles.

1. Motivación

En el contexto de omnipresencia tecnológica actual, las disciplinas STEM – sigla en inglés que agrupa las Ciencias Básicas, Tecnología, Ingeniería y Matemática – juegan un rol cada vez más preponderante. Estas áreas, que generan altas demandas de trabajadores técnicos y profesionales, ofrecen elevados salarios y poseen para la sociedad un importante estatus simbólico, dan lugar a espacios altamente masculinizados, en los que la exclusión de la mujer se ha manifestado de forma explícita e implícita.

En las disciplinas STEM, la participación de la mujer muestra fuertes disparidades (European Institute for Gender Equality, 2017), hecho que se manifiesta en diferentes lugares del mundo (Comunidad Mujer, 2017). Dentro de ellas, las denominadas TIC – Tecnologías de la Información y Comunicaciones – presentan una segregación mucho más fuerte, con una llamativa ausencia de mujeres en todos los ámbitos: educativo, laboral y del emprendedorismo. Este escenario, en general, no distingue regiones ni países. A nivel educativo europeo, por ejemplo, mientras el porcentaje de graduadas en disciplinas STEM es del 34%, sólo llega al 17% en el campo de las TIC (European Commission, 2018). Esta situación se replica en Sudamérica con índices que oscilan entre el 13%, como en el caso de Chile y el 27% en Colombia (Albornoz et al., 2018). Asimismo, datos de la *National Science Foundation* muestran que en 2016, en Estados Unidos, sólo el 19 % de los graduados en Ciencias de la Computación fueron mujeres, índice que coincide con el de Argentina.

Otro aspecto a destacar es que, mientras en la mayoría de las disciplinas STEM, la presencia de la mujer ha mostrado un crecimiento, su participación en las TIC se encuentra en retroceso o estabilizada en valores muy bajos, con muy escasas excepciones. Estudios recientes muestran que en Europa la brecha de género en el sector digital se ha ampliado en la última década (European Institute for Gender Equality, 2017; European Commission, 2018). En esta región, las mujeres representan sólo el 21,5% de los trabajos digitales y la participación económica de los hombres que trabajan en el sector es 313% mayor que la de las mujeres. Asimismo, sólo el 24,3 % de los emprendedores TIC europeos son mujeres. Las adversas implicancias socio-económicas de esta segregación han determinado el lanzamiento de diversas iniciativas tendientes a retener e incrementar la participación de la mujer en el mundo digital (European Commission, 2018; European Institute for Gender Equality, 2020).

Este estado de situación es consecuencia de un conjunto de brechas que se inician a partir de los diferentes estímulos que se brindan en los primeros años de la niñez – por ejemplo, a partir del contacto inicial con las tecnologías digitales o los video juegos – y se refuerzan a lo largo de procesos educativos, en los que se reproducen estereotipos de género (Clayton et al., 2009). Como resultado, la vocación hacia carreras vinculadas a las TIC resulta muy baja, forjándose estereotipos como el de las mujeres que no programan (Yansen y Zukerfeld, 2014) o no se desenvuelven de forma adecuada

en el mundo digital moderno. Lamentablemente, la brecha se consolida en el mundo laboral, con una “leaky pipeline”, con muchas más fugas que en otras disciplinas (Camp, 1997). El abandono que la mujer hace del mundo laboral TIC, es el resultado de ambientes laborales extremadamente competitivos y hostiles, que no facilitan su desempeño y, por el contrario, la enfrentan a episodios de sexismo y acoso laboral (McKinley, 2018).

Además de los aspectos antes señalados, es muy probable que la falta de modelos y de casos de éxito, haya influido en la brecha que se advierte. En consecuencia, uno de los objetivos de este artículo es visibilizar a las grandes mujeres que han contribuido e impactado con sus aportes en la historia de la informática. La actual disparidad de género en el campo de las TIC no puede comprenderse en forma cabal si no se advierte cuál ha sido la historia de la mujer en esta disciplina, más allá de uno o dos nombres conocidos (Vardi, 2018). Se trata de una historia de mujeres invisibles, opacadas, y a quienes se les negaron las posiciones de liderazgo o llegar a ellas se les dificultó sobremanera, tal como se describe en la Sección 2.

La sección 2 también expone una situación donde la negación de la mujer se llevó al extremo, hecho que no ha sido destacado en la bibliografía. La misma se refiere al taller que en 1956 dio origen al campo de la Inteligencia Artificial, el famoso *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, en el cual sólo participaron hombres. A este taller siguió en 1958 el simposio *Mechanisation of Thought Processes*, llevado a cabo en el *National Physical Laboratory*, en Teddington, Middlesex, Inglaterra, dónde sólo expuso una sola mujer, Grace Murray Hopper.

La Inteligencia Artificial lleva la fuerte impronta de sus primeras décadas, en las cuales sólo hubo o se reportaron contribuciones de hombres, quienes de manera explícita e implícita impusieron un fuerte sesgo de género. Es ampliamente conocido que esta mirada parcial se ha trasladado a muchos algoritmos y sistemas informáticos de soporte (Feast, 2019; Heiweil, 2020), tema sobre el que se está investigando en la actualidad a efectos de revertir y evitar nuevos efectos adversos. Sin embargo, mucho antes de manifestarse en los algoritmos, los sesgos también han estado presentes en el material bibliográfico y en los modelos utilizados desde hace décadas. Este aspecto, de acuerdo al conocimiento de la autora, no ha sido aún discutido en la literatura sobre género. Esta problemática es la que se expone en la Sección 3 de esta contribución a partir del análisis de reconocidos libros de texto y de algunos artículos científicos vinculados a la representación de conocimiento.

2. Presencia oculta y ausencia de mujeres en la historia de las Ciencias de Computación y las Tecnologías de Información

Las mujeres siempre participaron, siempre estuvieron desde los estadios prehistóricos de la disciplina y no en números bajos. Miles de mujeres trabajaron en el Reino Unido y en Estados Unidos,

descifrando códigos secretos durante la segunda guerra mundial. Realizaron una tarea que requería una especialización, además de extrema precisión y paciencia, precursora de criptografía actual. En efecto, computaban y previo al advenimiento de los ordenadores digitales, computar era una actividad humana. De hecho, durante la primera mitad del siglo XX la palabra “computer” representaba un tipo de trabajo. A pesar del valor de la tarea realizada, la contribución de estas pioneras fue por décadas ignorada e invisibilizada (Mundy, 2017).

Quizás la figura femenina más popular en el campo de las TIC, pero siempre dentro de una comunidad científica reducida y no identificada por el gran público, es Augusta Ada Byron, más conocida como Ada Lovelance (1815-1852). A ella se le atribuye ser la primera persona capaz de diseñar un algoritmo computacional y anticipar la capacidad de los ordenadores para desarrollar funciones que van más allá de los meros cálculos numéricos, muchas décadas antes de que existiera la primera computadora digital. Otro caso destacado es el de Grace Murray Hopper (1906-1992), quien fue una de las primeras programadoras de la famosa computadora Mark I, de *Harvard University*. Sin embargo, sus aportes más significativos se vinculan a la creación de lenguajes de programación independientes del hardware y al haber liderado el equipo que desarrolló el primer compilador, el cual dio origen al popular lenguaje de programación COBOL, aún utilizado en la actualidad. También se destacó en programación automática, habiendo sido la única mujer que expuso en el segundo evento vinculado a la Inteligencia Artificial (Hopper, 1958). Grace Hopper no sólo tuvo una larga y prolífica carrera, sino también se destacó por algo inusual en ese momento, haber sido una “Team leader”.

Más allá de estas pioneras, hubo muchas otras mujeres que hicieron importantes contribuciones, pero cuyos aportes no recibieron el crédito que merecen o el reconocimiento les llegó en forma muy tardía. Resulta imposible citar a todas en este trabajo, pero deben destacarse algunos casos paradigmáticos de ocultamiento. Uno de ellos es el de las mujeres que participaron en el proyecto ENIAC, que transcurrió durante la segunda guerra mundial, y a las cuales tras 50 años de omisión se las comenzó a reconocer (ENIAC Programmers Project, 2020). Estas precursoras lograron, sin disponer de lenguajes de programación, ni manuales, operar/programar – la diferencia no era clara en ese momento – la primera computadora completamente electrónica destinada a realizar cálculos balísticos en la segunda guerra mundial.

Este es un caso arquetípico, por las contradicciones intrínsecas del rol de la mujer en el proyecto ENIAC, las cuales son expuestas con claridad por Light (1999). Diseñar el hardware era considerado, en ese entonces, un “trabajo de hombres”, jerarquizado y con alto componente intelectual, en tanto programar el software era “trabajo de mujeres”, una cuestión cuasi-administrativa. No obstante, las “ENIAC Girls” no sólo hicieron el trabajo “soft” de la programación, que requirió complejos procesos de abstracción, que fueron menospreciados, sino también, comprendieron cabalmente y trabajaron con el hardware de ENIAC, reparando muchas veces el equipo.

Otro caso de omisión lo constituyen las mujeres que hicieron posible los proyectos de la agencia espacial NASA y de su predecesora NACA, los cuales permitieron que el hombre llegase a la luna. Decenas de matemáticas, ingenieras y físicas contribuyeron durante décadas a la conquista del espacio, pero lo hicieron de forma inadvertida para la sociedad, que implícitamente consideró la carrera espacial una cuestión de hombres. A partir de la película y del libro “Hidden Figures” (Shetterly, 2016), su memoria se está empezando a recuperar. Este libro rescata historias de mujeres, algunas de ellas negras, que con su talento y tenacidad, vencieron el doble de los obstáculos en tiempos de una sociedad norteamericana muy segregacionista.

Katherine Johnson (1918 – 2020) constituye un caso especial dentro de este grupo de mujeres, por su cualidades para romper barreras desde temprana edad – termina los estudios secundarios a los 14 años y se gradúa en matemáticas *summa cum laude* en el *West Virginia State College* a los 19 – así como tomar, a lo largo de su vida, la decisión de “pertenecer” a espacios fuertemente masculinos sin amedrentarse ante las dificultades. A partir de un fallo de la Corte Suprema de Estados Unidos, fue una de los tres estudiantes afroamericanos, y la única mujer, seleccionada para realizar estudios de posgrado. Así fue la primera estudiante afroamericana en terminar con la segregación en *West Virginia University*. Su mejor arma fue su capacidad intelectual, habiendo trabajado en numerosos proyectos. Calculó la trayectoria del vuelo espacial de Alan Shepard, el segundo astronauta en ser lanzado al espacio luego del soviético Yuri Gagarin.

También calculó la ventana de lanzamiento del Proyecto Mercury de 1961 y, consultada acerca de su contribución más importante, Johnson destacaría los cálculos que ayudaron a sincronizar el Módulo Lunar del Proyecto Apollo 11 con el Módulo de Comando y Servicio de órbita lunar (NASA, 2020a). Posteriormente, estuvo involucrada en el proyecto Apollo 13. En los últimos años de su carrera trabajó en el programa del Transbordador Espacial y en los planes para una misión a Marte. Katherine Johnson ha servido y servirá de inspiración para muchas mujeres, por lo que la BBC la incluyó en 2016 en la lista "100 women", que anualmente revela las 100 mujeres más influyentes de todo el mundo.

Otro caso destacado dentro de las figuras ocultas afroamericanas retratadas por Shetterly (2016), que se vincula al mundo de la informática, es el Dorothy Vaughan (1910-2008). Fue también una estudiante destacada y precoz, que terminó sus estudios secundarios a los 14 años y a los 19 se graduó en matemáticas en *Wilberforce University*. Se inició en el Centro de Investigación Langley en Hampton, Virginia, de la NACA (luego NASA) como una de las “computadoras humanas” que trabajaban en el sector segregado denominado “*West Area Computers*”, donde también se inició Katherine Johnson. En 1949, se convirtió en supervisora interina de esta sección, siendo así la primera persona afroamericana en ostentar un rango de supervisor en la NACA y una de las primeras mujeres en obtener un rango superior. Más tarde fue promovida oficialmente a este puesto. En 1958, cuando la NACA hizo la transición a la NASA, se abolieron estas instalaciones segregadas, y las integrantes de la oficina *West Area Computers* se unieron a la nueva División de Análisis y Computación (ACD),

un grupo que trabajaba en temas situados en la frontera del conocimiento de la computación digital del momento y en el que, afortunadamente, había integración racial y de género. En este grupo Dorothy Vaughan se convirtió en forma temprana en una experta en el lenguaje de programación FORTRAN, en el que entrenó a muchísimos integrantes de la División ACD de la nueva agencia espacial (NASA, 2020b). También hizo contribuciones al Programa *Scout Launch Vehicle* de NASA.

Durante la celebración de los 50 años de la llegada del hombre a la luna en el año 2019, lograron algo de visibilidad otras mujeres. Una de ellas es Margaret Hamilton (1936, -), una científica e Ingeniera en Sistemas, nacida en Indiana, Estados Unidos, que participó en diversos proyectos tecnológicos de avanzada en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) a partir de 1960, para luego dedicarse a la actividad privada. Fundó dos compañías de software: *Higher Order Software* en 1976 y *Hamilton Technologies* en 1986, ambas localizadas en Cambridge, Massachusetts. Desde su ingreso a MIT comenzó a desarrollar diversos tipos de software. Comenzó con un sistema destinado a realizar pronósticos del tiempo, pasó luego a otro cuyo fin era detectar aviones enemigos durante la guerra fría, hasta unirse al Laboratorio de Instrumentación – devenido en el hoy famoso *Charles Stark Draper Laboratory* – que estaba involucrado en la misión Apollo 11. Allí dirigió la División de Ingeniería de Software.

La NASA le atribuye haber acuñado en forma muy temprana el término "Ingeniería de Software" (NASA, 2020c). Hamilton trabajó en el desarrollo de software para la Apollo 11, la primera nave espacial en completar una misión exitosa que colocó a los humanos en la luna en 1969. La insistencia de Hamilton en realizar numerosas pruebas sistemáticas y exhaustivas del software tuvo un rol central en la concreción de esta hazaña. De hecho, se considera que su trabajo sentó las bases para lo que hoy se conoce como "diseño de software ultra confiable". Su labor no se ciñó a los aspectos tecnológicos, especializándose en disciplinas muy variadas de las ciencias de computación e ingeniería de sistemas, la mayoría de gran vigencia en la actualidad.

En una enumeración no exhaustiva se destacan el diseño de sistemas y desarrollo de software, el modelado de empresas y de procesos, los lenguajes formales de modelado de sistemas, los ambientes automatizados de gestión de ciclo de vida, los métodos para maximizar la confiabilidad y la reutilización de software, el aseguramiento de la calidad, las técnicas automáticas de detección y recuperación de errores, el análisis de correctitud a partir de propiedades del lenguaje, los sistemas de interfaz hombre-máquina, así como los sistemas operativos. El contenido de esta lista expresa por sí mismo que Margaret Hamilton fue una verdadera pionera en el campo de las TIC. No obstante, su labor fue imperceptible hasta hace muy poco tiempo para el público en general. En efecto, la mayor parte de las distinciones y premios, le fueron otorgados a partir del año 2016, año en el que recibió la medalla presidencial de la libertad en manos del Presidente Barack Obama.

Con la celebración de los 50 años de la llegada del hombre a la luna también tomó notoriedad el caso de JoAnn Morgan (1940, -) quien fue la única mujer en trabajar en el grupo de lanzamiento del vuelo espacial Apollo 11. Este hecho quedó inmortalizado en una foto de este equipo, tomada el

16 de julio de 1969, en la Sala de Control de lanzamiento, del Centro Espacial Kennedy, en el momento del despegue del cohete Saturno V (figura 1). Se aprecia una sala que estaba abarrotada de hombres con camisas blancas y corbatas oscuras, quienes observaban con máxima atención, a través de una ventana, cómo el cohete se lanzaba hacia el espacio. De manera casi imperceptible, entre ellos estaba sentada una sola mujer; apenas se la distingue en la tercera fila, comenzado desde abajo, en la parte izquierda de la imagen. Ella es JoAnn Morgan, quien se desempeñaba como controladora de instrumentación.

Figura 1: JoAnn Morgan en la Sala de Control del Centro Espacial Kennedy, observando el lanzamiento del cohete Saturno V, momento en el que se inicia el vuelo espacial Apollo 11



Fuente: NASA (2020d, 2020e).

La divulgación de este acontecimiento, oculto por muchos años, ha sido positiva pues visibilizó a una pionera, alentando a nuevas jóvenes a emprender caminos no tradicionales. Pero JoAnn Morgan fue mucho más que la única mujer en un equipo ligado a la tecnología espacial de punta. Morgan, quien decía tener combustible de cohetes en su sangre, tal como lo tituló la NASA en un artículo reciente (NASA, 2019), trazó un camino que se extendió por más de 45 años en esta agencia. A lo largo del mismo se ocupó de romper cada uno de los nuevos techos que se le impusieron, ayudando así a las nuevas mujeres involucradas en el programa espacial.

Esta precoz personita, como ella misma se definió, comenzó a trabajar a los 17 años, a la vez que se unió a la Universidad de Florida, en Gainesville, para estudiar Matemáticas. Durante los veranos, trabajaba como asistente de ingeniería para el Ejército, en la Estación de la Fuerza Aérea de Cabo Cañaveral, en un programa ligado a la universidad. Tras graduarse en 1963 se unió al Centro Espacial Kennedy como Ingeniera, con un trabajo de tiempo completo. Sus primeros años fueron especialmente difíciles; sus testimonios dan cuenta de una sensación de permanente soledad y la necesidad de hacer su trabajo con excelencia para sostenerse, así como de sucesos poco felices, tales como llamadas telefónicas obscenas, y convivir con el hecho de no tener un baño para mujeres durante los primeros 15 años de su carrera. Pero Morgan salvó todos los obstáculos; desarrolló una exitosa carrera técnica y como ejecutiva, algo impensado en un ambiente masculinizado como el de NASA.

Además de ser la primera mujer en ganar una *Sloan Fellowship*, la cual utilizó para hacer estudios de Maestría en Administración en *Stanford University*, fue la primera Jefa de División, en particular la División de Servicios de Computación. Asimismo, fue la primera mujer ejecutiva senior en el Centro Espacial Kennedy, la primera Directora Asociada de este centro, la primera mujer Directora de Seguridad y Aseguramiento de Misiones, retirándose en 2003 como Directora de Relaciones Externas y Desarrollo de Negocios de la NASA.

Entre las reflexiones que dejó el 50 aniversario de la llegada a la luna, las fotos de la única mujer en la sala de lanzamiento se toman como un emblema de inspiración para otras mujeres que trabajan en STEM. Sin embargo, JoAnn Morgan tiene una mirada algo diferente "Miro esa foto de la sala de lanzamiento donde soy la única mujer. Y espero que en todas las imágenes que muestren a las personas que trabajan en las misiones a la Luna y a Marte, en habitaciones como las salas de Control de la Misión o de Control de Lanzamiento, o donde sea, siempre haya varias mujeres. Espero que ya no existan más fotos como en las que yo estoy". (NASA, 2019).

Tras décadas de lucha por un espacio de igualdad podría pensarse que muchos de los obstáculos están superados en la actualidad. Sin embargo, un hecho reciente demuestra lo contrario. Cuando desde el proyecto *Event Horizon Telescope* (EHT) se anunciara en abril de 2019 que sus astrónomos habían logrado capturar la primera imagen de un agujero negro, el CSAIL (*Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory*) perteneciente al MIT, tuiteó las imágenes que se muestran en las figuras 2 y 3.

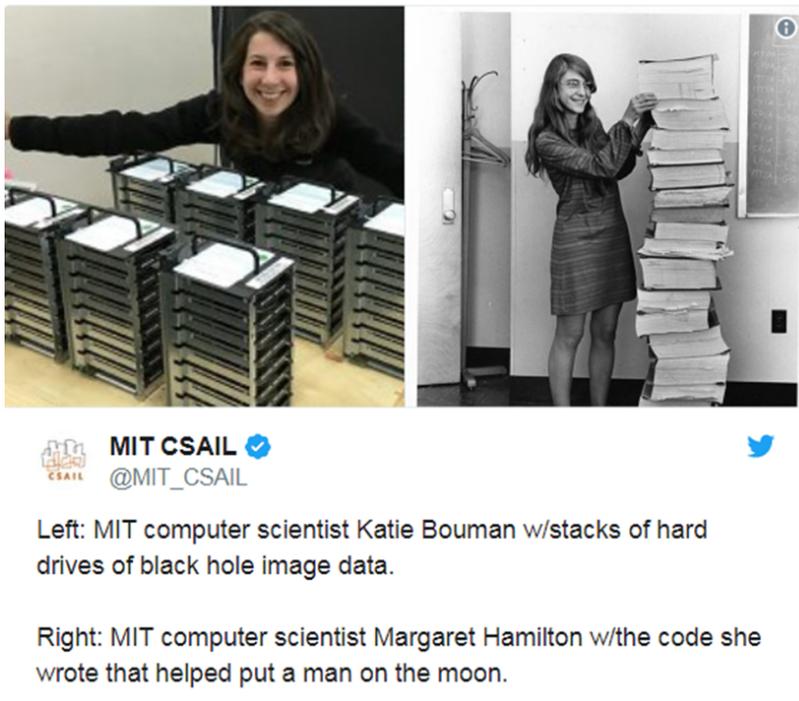
En el tuit de la figura 2 se puede apreciar el rostro de sorpresa de Katie Bouman en el momento que se logra captar la primera imagen. En el segundo tuit, se la ve en la parte izquierda junto a una pila de discos rígidos que almacenan datos relativos a la imagen del agujero negro y se hace un paralelo con Margaret Hamilton, ubicada a la derecha, junto a una pila que contiene el código impreso del sistema de control que llevó a la humanidad a la Luna cinco décadas atrás. Fue un homenaje del CSAIL a dos notables graduadas del MIT, que a la vez mostraba como cambió en forma drástica el almacenamiento de información en 50 años.

Figura 2: Incredulidad en el rostro de Katie Bouman cuando en su computadora se muestra la primera imagen captada de un agujero negro



Fuente: Bouman, 2019.

Figura 3: Reconocimiento y paralelo entre dos jóvenes y exitosas graduadas del MIT a partir de un tuit del CSAIL de esta universidad



Fuent: MIT-CSAIL, 2019.

Sin embargo, el primer Tuit tuvo un efecto contrario. Se convirtió en un disparador de una reacción sexista en las redes sociales y en YouTube. Se comenzó a cuestionar con dureza el papel de Bouman en el proyecto, convirtiéndose inmediatamente en blanco de hostilidades. La gente comenzó a revisar su trabajo para conocer cuál había sido su grado de participación y su contribución efectiva. Una sociedad global misógina parecía no aceptar que una mujer fuese la cara visible de un proyecto de punta exitoso. El tuit, en forma impensada, le daba visibilidad y le otorgaba a Bouman el rol del “genio solitario”, papel que de manera habitual se acepta sin cuestionamientos cuando el identificado es un varón. Para aclarar la situación, Bouman y sus colegas tuvieron que expresar, en términos irrefutables, que la imagen del agujero negro había surgido a partir del esfuerzo mancomunado de un equipo multidisciplinario de más de 200 científicos y colaboradores – pero sólo 40 mujeres –, localizados en diferentes partes del mundo, dirigido por el Profesor Shep Doeleman, de *Harvard University*. Dichas aclaraciones, muy probablemente, no habrían sido necesarias si la cara visible hubiese sido la de un hombre, algo que la sociedad hubiera aceptado con absoluta naturalidad.

Por otra parte, si bien algunos pocos medios de comunicación rescataron la importancia del trabajo de Bouman en el diseño del algoritmo CHIRP (*Continuous High-resolution Image Reconstruction using Patch priors*), que tuvo un rol central en el proyecto EHT (Devlin, 2019), esta controversia minimizó la relevancia de los aportes de esta joven investigadora, quien ya tiene una notable trayectoria. Bouman, es desde 2019 Profesora Asistente en el *California Institute of Technology*. Sus investigaciones combinan ideas de procesamiento de señales, visión por computadora, aprendizaje automático y física, con el fin de descubrir y explotar señales ocultas, de relevancia para la investigación científica y la innovación tecnológica. Estudió Ingeniería Eléctrica en *Michigan University*, graduándose *summa cum laude* en 2011. Obtuvo su título de maestría (2013) y doctorado (2017) en Ingeniería Eléctrica y Ciencias de Computación en MIT y luego realizó estudios postdoctorales en *Harvard University*.

Su trabajo de tesis de maestría recibió uno de los premios Ernst Guillemin, que anualmente otorga el Departamento (MIT-EECS, 2014), siendo la única mujer a la que se hicieron un reconocimiento. Pero lo que quizás más se destaca, es que antes de recibir su doctorado, en abril de 2017, Bouman pronunció una charla TEDx titulada *How to Take a Picture of a Black Hole*, en la cual explicó los fundamentos de los algoritmos que dos años más tarde se usarían para captar la primera imagen de un agujero negro (TED, 2017). Esta experiencia lleva a concluir que se requiere mucha mayor visibilidad de quienes se destacan, pero una visibilidad que no se enfoque en “disculparse” por los logros alcanzados, como lo tuvo que hacer Bouman. En ciencia, es muy válido el axioma popular, “if you can’t see it, you can’t be it”. Si no hay modelos a seguir, trayectorias a emular, no habrá nuevas protagonistas. Por ello, se necesitan ver muchas más imágenes de científicas y tecnólogas exitosas para reconocer su liderazgo con naturalidad y lograr que este tipo de hostilidades desaparezcan. Caso contrario, se estará reproduciendo un círculo vicioso, cada vez más difícil de remover.

La escasa participación y la falta de visibilidad de las mujeres, junto con fuertes estereotipos de género, han ayudado a que se construyan techos de cristal muy sólidos y de baja altura. Estos se ponen de manifiesto cuando las pocas mujeres que trabajan en TIC, ya sea en universidades, centros tecnológicos o empresas, pretenden alcanzar posiciones de liderazgo. Los techos de cristal también se evidencian cuando se eligen los directivos de las asociaciones científico-profesionales y se otorgan premios y reconocimientos. Tal es el caso del famoso *Turing Award*, una suerte de Premio Nobel de las Ciencias de Computación, que concede ACM (*Association for Computing Machinery*), desde 1966. Tras 53 años ininterrumpidos de reconocimientos, y un total de 70 galardonados, hubo sólo tres destinatarias mujeres, entregándose el primero de dichos premios recién en 2006, 40 años después del primero otorgado a un hombre (ACM, 2020).

Las tecnólogas y científicas reconocidas con el Premio Turing son MA Frances (Fran) Allen (1932, -), Dr. Barbara Liskov (1939, -) y Dr. Shafi Goldwasser (1959, -). La primera, quien trabajó 45 años en los centros de investigación de la empresa IBM, siempre en proyectos tecnológicos de punta, fue una pionera en el desarrollo de compiladores de lenguajes de programación modernos, técnicas de optimización de código y en la paralelización del mismo. Recibió un número muy grande de reconocimientos, entre ellos seis títulos de Doctor Honoris Causa. Por su parte, Barbara Liskov, fue la primera mujer en obtener un título de Ph.D. en esta disciplina en Estados Unidos, en el año 1968. Tras trabajar en la Corporación MITRE en el diseño de computadoras y sistemas operativos, durante unos pocos años, se unió al *Laboratory of Computer Science* de MIT, donde desarrolló toda su carrera. Fue galardonada por sus contribuciones a los fundamentos prácticos y teóricos de los lenguajes de programación y diseño de sistemas, especialmente aquéllos relacionados con la abstracción de datos, tolerancia a fallas y computación distribuida.

Basándose en su experiencia inicial en MITRE, su objetivo fue el desarrollo de sistemas computacionales confiables, tarea por la que recibió múltiples reconocimientos. Finalmente, Shafi Goldwasser (1959, -), quien también ha desarrollado una extensa carrera académica en MIT y en el Weizmann Institute of Science, de Israel, fue galardonada, de forma compartida con su colega Silvio Micali (1954, -), por sus aportes a los fundamentos teóricos de los conceptos de complejidad empleados en criptografía, junto a nuevos métodos para la verificación eficiente de las pruebas matemáticas empleadas en teoría de complejidad. Así, estas tres celebridades materializan ese muy escaso 4,28% de mujeres que lograron traspasar el techo de cristal del *Turing Award*. Este valor representa entre un cuarto y un quinto del porcentaje de mujeres que son especialistas en ICT en Europa y Estados Unidos, lo cual demuestra cuán sólido es el techo de cristal.

El mismo patrón de comportamiento se observa en el gobierno de las asociaciones científico-profesionales de la disciplina. Tal es el caso de IEEE, ACM y sus muy escasas presidentas. IEEE es el acrónimo que identifica al Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos, creado en 1963, pero que desde hace décadas no sólo se ocupa del avance, en los planos educativos y tecnológicos, de la ingeniería eléctrica y electrónica, sino también de las telecomunicaciones, ciencias de computación,

ingeniería informática y disciplinas afines. Su primera presidenta y la primera en integrar la Junta de Directores de esta institución fue Dr. Martha Sloan (1939, -), quien además tiene la particularidad de haber sido la única mujer en haber obtenido un título de grado en ingeniería en *Stanford University* en el año 1961, haciéndolo con honores. Sloan desarrolló una muy exitosa carrera profesional – en *Lockheed Martin Space Systems* – y académica en *Michigan Technological University*, donde fue la primera mujer profesora del departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación, jubilándose en 2003 como Profesora Emérita. Sin embargo, su recorrido no estuvo libre de obstáculos. Luego de haber obtenido su título de Magister en *Stanford University*, eligió hacer un Doctorado en MIT, lugar donde se había sentido muy a gusto durante una práctica de verano que desarrolló al final de sus estudios de grado. No obstante, las vivencias como alumna de posgrado de esta universidad fueron muy difíciles y sólo duraron un año.

Según sus propias palabras fue una experiencia desagradable, se sintió aislada; no había mujeres en las clases y, en contraposición a lo que ocurrió durante sus estudios previos en Stanford, no logró hacer amigos varones. Sloan considera que la razón dominante para ese rechazo era el hecho de estar embarazada de su primer hijo (Vardalas y Sloan, 2009). Como consecuencia de esta incómoda situación, abandonó sus estudios doctorales en MIT para trasladarse a Alemania, lugar donde su esposo había conseguido un empleo y donde ejerció como maestra durante dos años. A su regreso a los Estados Unidos, y tras haberse convertido en Profesora de *Michigan Technological University*, decidió volver a *Stanford University* para obtener su título de Ph.D. en Educación.

Martha Sloan logró ser Presidenta de IEEE en 1993, 40 años más tarde que Ernst Weber, quien fue su primer Presidente cuando IEEE se creara en 1963. En una asociación donde las Presidencias duran un año, tuvieron que pasar 40 líderes masculinos para que sus pares eligieran una mujer. Debe destacarse que luego de Sloan hubo sólo dos mujeres presidentes, Leah H. Jamieson en 2007 y Karen Bartleson en 2017 (Engineering and Technology History Wiki, 2020), lo cual demuestra que no hay ningún tipo de paridad.

La participación de la mujer en el liderazgo de ACM no fue muy diferente en los primeros años de la organización, aunque muestra ahora una tendencia positiva. Creada en 1947, esta asociación científica y educacional internacional, la de mayor tamaño vinculada a las ciencias de computación y disciplinas relacionadas, tuvo su primera presidente en 1974, tras 14 presidentes hombres. Ella fue Jean E. Sammet (1928, 2017), una matemática que desarrolló la mayor parte de su actividad en el ámbito privado, pero que sobresalió por haber sido una de las creadoras del lenguaje de programación COBOL, habiendo participado luego de varios comités de revisión del mismo. En su actividad profesional se destacó por promover el empleo y la enseñanza de lenguajes de programación en épocas muy tempranas y por haber impulsado la creación de grupos de interés en esta temática y en otras de punta, tal como la manipulación simbólica y algebraica, en el ámbito de ACM. Luego de Sammet hubo otras seis presidentes mujeres, hasta llegar a la actual líder Dr. Cherry M. Pancake, quien a la vez es Profesora de *Oregon State University* y Directora de *Northwest Alliance*

for *Computational Science & Engineering*, en Estados Unidos. Con su elección, tras la presidencia de Dr. Vicki L. Hanson en el período 2016-2018, se dio una particularidad; por primera vez se eligen dos presidentas en forma sucesiva (ACM, 2020). Es un pequeño signo sobre la ocurrencia de cambios.

Sin pretender hacer un tratamiento exhaustivo, los párrafos precedentes ponen de manifiesto algunos ejemplos de las pioneras en el campo de las TIC; revelan cómo muchas veces se las ocultó, exponen las dificultades que debieron atravesar y las barreras a vencer para llegar a posiciones de liderazgo. Algunas de estas historias recién salieron a la luz en años recientes y son un claro ejemplo de la falta de modelos a seguir en un dominio en el cual las mujeres no terminamos de sentir que somos parte integral del mismo. Por el contrario, parece arraigarse con más fuerza la “incertidumbre de pertenecer” (Höhne y Zander, 2019)

Además de los casos en los que la participación femenina ha sido o es mínima, existen otras situaciones muy serias que también deberían comenzar a examinarse. Corresponden a proyectos e iniciativas, en los que las mujeres no tuvieron ningún tipo de intervención o ésta fue mínima. Un hecho significativo lo constituye la realización del evento que, de alguna manera, marcaría el inicio de la Inteligencia Artificial (IA), el campo de las TIC más activo en la actualidad. Se trata del encuentro denominado *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, que se llevó a cabo en 1956 a partir de una inquietud del Dr. John McCarthy, quien en ese entonces era un joven profesor asistente de *Dartmouth College*. La propuesta, que luego fue formulada y apoyada por otros tres científicos dio lugar a un taller de verano que duró aproximadamente 8 semanas, en el que se discutieron ideas, avances y se sentaron las bases de tópicos de investigación, muchos de los cuales continúan hoy estando vigentes (McCarthy, Minsky, Rochester y Shannon, 1955). De este evento participaron 22 personas; algunas lo hicieron tiempo completo, otras durante cuatro semanas y unas pocas sólo concurrieron dos semanas.

Quienes nunca participaron fueron las mujeres, ya que ninguna científica fue invitada. Quién si lo hizo, y de forma esporádica fue Gloria Minsky, una médica casada con el Profesor Marvin Minsky, que asistió en calidad de esposa. El contexto no fue muy distinto en el segundo evento de la disciplina, el simposio *Mechanisation of Thought Processes*, llevado a cabo en 1958. A pesar de exposición de Grace Hopper podría considerarse un fuerte avance, la realidad era otra. Cuando el Dr. A. M. Uttley señaló que la pregunta “Do computers think?” debía ser evitada, la sensación de la audiencia ante la contestación que diera uno de los asistentes “No, they are like women, they calculate”, fue que ésta una buena respuesta. Así, se le negaba a la mujer todo tipo de creatividad y rol estrictamente rutinario en las ciencias de computación.

Este nacimiento, con estereotipos de género tan fuertes desde los inicios, marcó las características intrínsecas de la disciplina. La IA es un campo muy masculinizado, en el cual los sesgos se han reproducido en forma continua. Como resultado, el número de mujeres en la academia es muy aún muy bajo; por ejemplo, en la actualidad sólo el 20% de los profesores e investigadores del CSAIL son mujeres, siendo éste un ámbito que siempre acogió mujeres. Además, quienes trabajan

en la disciplina tienen un sólido techo de cristal. Basta señalar que el CSAIL, que surge de la fusión del *AI Laboratory* y el *Laboratory for Computer Science* del MIT, recién tuvo a la Prof. Daniela Rus, como su primera Directora mujer a partir de 2012, sin que los laboratorios que le dieran origen hayan sido nunca dirigidos por mujeres.

Como se expone en la Sección 3, los sesgos propios de la Inteligencia Artificial se han trasladado a la bibliografía científica y a los libros de texto, reforzando así prejuicios, preconceptos y, tal vez, acrecentando la “incertidumbre de pertenecer” de las mujeres que intentan estudiar, investigar y contribuir en esta disciplina.

3. Algoritmos y bibliografía surgidos de un universo sesgado

Los desarrollos basados en Inteligencia Artificial influyen cada vez más en el comportamiento, la opinión y las actividades de las personas; ya nadie duda del impacto global de esta disciplina. No obstante, es importante destacar que parte de las herramientas que se emplean de manera cotidiana se basan en técnicas de aprendizaje automático, muchas de las cuales han sido entrenadas mediante conjuntos de datos “sucios”, no balanceados y con información donde la brecha de género está presente. Como consecuencia, en muchas circunstancias se han identificado patrones erróneos y generado predicciones, juicios e inferencias equívocos (Feast, 2019; Heiweil, 2020). Por ejemplo, algoritmos de reconocimiento facial entrenados con datos correspondientes a una población que posee sobre-representación masculina y predominio de individuos de raza blanca, han tenido tasas de falla elevadas al reconocer mujeres de raza negra. Afortunadamente, se está tomando conciencia de este hecho y se está tratando de revertir la situación, sugiriéndose medidas tales como, disponer de colecciones de datos que garanticen diversidad, reunir más datos de entrenamiento correspondientes a grupos sensibles, solicitar tests de exactitud que diferencien las distintas categorías y que identifiquen cuando éstas no son tratadas de manera equitativa, entre otras medidas.

Los problemas de sesgo que se plantean de manera resumida en el párrafo previo conciernen a una Inteligencia Artificial moderna, muy ligada a una ciencia de datos. No obstante, las brechas de género de la IA se remontan a varias décadas atrás, cuando ésta era, de manera predominante, una disciplina basada en la representación explícita de conocimiento bajo la forma de modelos. En efecto, desde mediados del siglo XX se propusieron diferentes formalismos – lógica de primer orden, cálculo de predicados, reglas de producción, redes semánticas, diversas representaciones estructuradas basadas en “frames” y objetos, etc. – para representar el conocimiento de forma explícita y a partir del mismo establecer procesos de razonamiento, mecanismos de deducción e inferencia y revisión de creencias, entre otros. Estos formalismos son, en sí mismos, absolutamente neutros. El problema ha sido que, en un mundo absolutamente masculino, las representaciones que se desarrollaron en base a

ellos, y que se plasmaron en literatura destinada a la enseñanza e investigación, poseen fuertísimos estereotipos. Estos han marcado durante décadas la educación de la disciplina, naturalizando prejuicios y preconcepciones, que en algunos casos rayan en la violencia de género. Muchos de los trabajos que se citan en los párrafos siguientes conforman material bibliográfico que la autora utilizó durante su formación postdoctoral en el MIT, y que se brindaba en los cursos regulares de grado y posgrado del “*Department of Electrical Engineering and Computer Science*” (Cursos 6.036, 6.038) a fines de los años 80 y principios de los 90. No obstante, también se presentan libros de texto que en la actualidad se emplean en muchas universidades, lo cual es mucho más preocupante.

Un caso paradigmático corresponde a uno de los trabajos más importantes sobre redes semánticas (Woods, 1975), que versa sobre la semántica de este formalismo y puntualiza algunas limitaciones intrínsecas del mismo. Para ilustrar los conceptos subyacentes a las redes semánticas, tales como las nociones de atributos y valores, esta contribución expone el ejemplo de un ser humano modelo, llamado “John”, quien es el sujeto de las acciones y posee un claro rol activo. La figura 4 muestra algunos extractos, donde se observa que “John” es un científico de 6 pies de altura, con color de cabello marrón. Para sorpresa del lector, se aprecia que “John” le pega a “Mary”, una aseveración que hoy no podría aparecer en ningún artículo.

Figura 4: Extractos de un ejemplo del trabajo “What’s in a Link: Foundations of Semantic Networks”

JOHN	
HEIGHT	6 FEET
HAIRCOLOR	BROWN
OCCUPATION	SCIENTIST
JCHN	
HEIGHT	6 FEET
HIT	MARY

Fuente: Woods, 1975.

En este artículo científico, las mujeres elegidas para los ejemplos tienen un rol infortunado o al menos secundario o pasivo, jamás son científicas, mientras “John” es siempre el actor central. Así, “Mary” recibe un golpe por parte de él y también es la persona a quien John le vende un libro. También participan “Sue”, sólo para declarar que tiene menor altura que “John” o “Sally”, a quien “John” ama. Así, en ninguno de los ejemplos el sujeto es la mujer.

Ejemplos similares pueden encontrarse en el Capítulo 9 de Nilsson (1980), un libro clásico sobre los principios de la Inteligencia Artificial, que fue y es utilizado por miles de alumnos de todo el mundo, ya que dicho libro todavía se vende en formato digital. En dicha sección se abordan las representaciones del conocimiento basadas en objetos estructurados. En los ejemplos que se presentan, nuevamente “John”, de apellido “Jones” es el centro de la escena. Él es un programador y “Mary”, su esposa, quien es una abogada, nuevamente es la receptora de las acciones de “John”. A su vez, “John” es un estudiante de doctorado de Ciencias de Computación, quien tiene como director a un Profesor. No sorprende, que esta persona sea otro hombre, llamado “Henry”. A partir de estas aseveraciones se realizan diversas deducciones, en el contexto de un universo completamente masculino.

En este capítulo del libro también se presenta la equivalencia entre las representaciones basadas en redes semánticas y las correspondientes expresiones lógicas. Estas nociones se ilustran a través de ejemplos vinculados a distintas situaciones: de ocupación laboral, de compra de bienes, de relaciones personales, etc. Nuevamente, todos los casos expuestos en el libro muestran un sesgo llamativo. Para ilustrar cómo se expresan las negaciones lógicas, el ejemplo escogido es “*Mary is not a programmer*”,. La lectura del capítulo completo revela que los roles asignados a “Mary” son sólo los de esposa (“wife-of”) y mera receptora de las acciones que origina “John”. Por el contrario, “John” siempre posee un rol activo, es el estudiante de Doctorado, es un programador, es quien adquiere un automóvil convertible, etc.

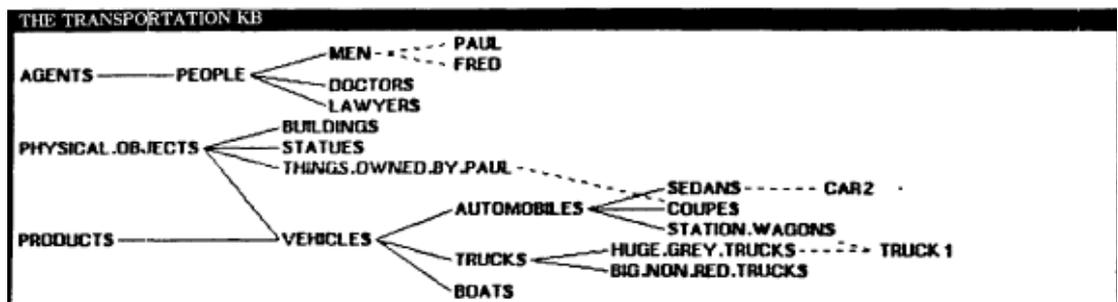
Los ejemplos anteriores no son casos excepcionales, casi toda la bibliografía sobre representación explícita de conocimiento versa sobre casos que se desarrollan en un contexto masculino. Por ejemplo, el universo de “Paul” y “Fred”, que son dueños de automóviles, como se muestra en la taxonomía de la figura 5 (a). Ésta pertenece a una base de conocimiento que se describe en el artículo de Fikes y Kehler (1985), un trabajo que emplea una representación basada en “frames” en procesos de razonamiento. De igual manera, el universo masculino se hace evidente en el artículo de Stefik y Bobrow (1985), que discute el lenguaje *Loops*. La figura 5 (b) muestra el ejemplo propuesto por los autores para ilustrar la noción de perspectiva. Nuevamente, éste se centra en un hombre, “Mark” y los roles que él asume en su vida.

Las ilustraciones anteriores corresponden a trabajos científicos de los años 70 u 80, por lo que se podría suponer que en la actualidad los ejemplos han cambiado y los sesgos se han erradicado. Lamentablemente, no es el caso. En un ambiente académico en el cual predominan fuertemente los hombres, los autores de libros de texto de la disciplina son hombres que replican los estereotipos. Así, el capítulo 3 de Brachman y Levesque (2004), dedicado a la representación del conocimiento en forma simbólica todavía ilustra los conceptos teóricos basándose en una suerte de novela o “soap opera”, en la que “John”, nuevamente el actor principal, es un hombre rico, que trabaja de CEO de una empresa, a quien lo chantajea una mujer. Afortunadamente, los demás capítulos no presentan un sesgo explícito

en los ejemplos, encontrándose un adecuado balance entre niños y niñas, estudiantes varones y mujeres, etc.

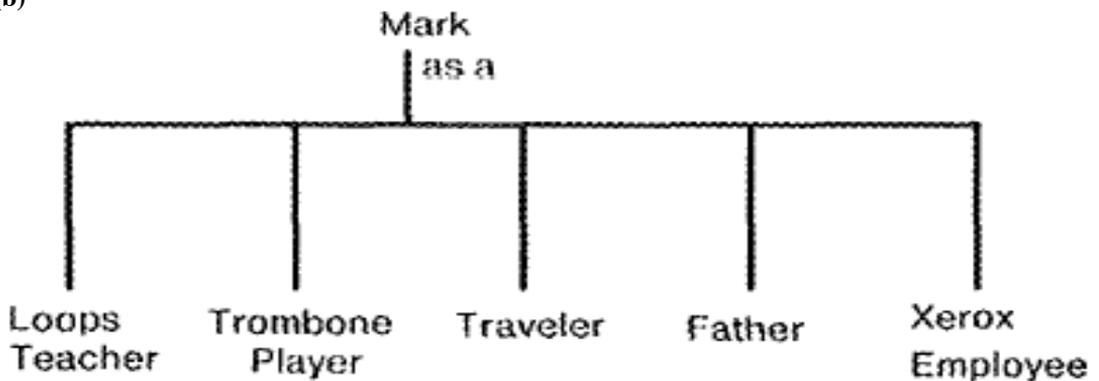
Figura 5: (a) Universo masculino abordado por Fikes y Kehler (1985). (b) Ilustración del concepto de perspectiva en Stefik y Bobrow (1985) a partir de roles de “Mark”

(a)



Fuente: Fikes y Kehler (1985).

(b)



Fuente: Stefik y Bobrow (1985).

Diferente es la situación del libro de Rusell y Norvig (2002), un excelente manual de texto empleado en todo el mundo, que posee una edición del año 2014. Una de las primeras referencias del libro es hacia el pensamiento racional que da lugar a la lógica. Así, en su primer capítulo hace mención a los filósofos griegos, que son todos hombres, encontrándose la siguiente inferencia: "Socrates is a man; all men are mortal; therefore, Socrates is mortal". Los relatos masculinos se hacen más evidentes en el Capítulo 8, dedicado a la lógica de primer orden, donde la ejemplificación aborda la historia del rey “Richard I”, conocido como Ricardo Corazón del León y su hermano “John”. Este universo masculino continúa en los ejemplos empleados en el Capítulo 9, destinado a procesos de inferencia en base a lógica de primer orden. Si bien los ejemplos masculinos explícitos se concentran en estos

dos capítulos, un conteo de palabras revela que en el contenido del libro se hacen muchas más referencias al hombre, a hombres específicos y a lo masculino, que menciones a la mujer o a mujeres en particular. Por ejemplo, excluyendo el uso de las palabras “man” y “men” para referirse al ser humano en general, el libro contiene 12 y 5 ocurrencias de estos dos vocablos. Por el contrario, las palabras “woman” y “women”, sólo presentan en forma conjunta una única ocurrencia. De igual manera, mientras el vocablo “father” tiene 46 ocurrencias, es posible encontrar a “mother” en sólo 26 instancias. Si bien no se ha realizado un estudio sistemático, también se aprecia que la cantidad de nombres propios de hombres empleados en los ejemplos es mucho mayor que el de mujeres. Asimismo, en la representación de los textos, también se observa que estos personales masculinos son quienes ejecutan las acciones, asumiendo un rol protagonista, en tanto las mujeres de las historias elegidas son las receptoras de dichas acciones.

4. Conclusiones

El mundo de las TIC, en general, y de la Inteligencia Artificial en particular, configuran espacios con gran preeminencia masculina. La brecha de género que apareció junto a los orígenes de la computación se mantiene, no logra cerrarse, y se acrecienta en muchos países, con consecuencias muy serias, que afectan múltiples dimensiones de la sociedad. Éstas van desde la muy baja capacidad de entusiasmar y captar estudiantes mujeres, para lograr aumentar su participación en los sectores digitales, siendo éstos los más dinámicos de la economía y los que en todo el mundo tienen déficit de personal; hasta retener a las mujeres que eligen una profesión ligada a las TIC y todavía encuentran ambientes laborales muy agresivos (McKinley, 2018), que las fuerzan a cambiar la orientación de sus vidas. Éstas son algunas de las consecuencias de la falta de diversidad; hay muchas más, entre ellas el desarrollo de algoritmos sexistas.

El problema es muy complejo; se lo debe atacar desde diferentes perspectivas y con múltiples aproximaciones. Tal como lo revelan diversos informes, las intervenciones para revertir esta situación (Comunidad Mujer, 2017) deben comenzar desde la educación escolar inicial. Como concluye un informe reciente (Fundación Sadosky, 2013), “Las representaciones que alejan a las mujeres de la informática se hallan en buena medida ya estabilizadas en la adolescencia tanto entre los varones como entre las mujeres”. No obstante, debe trabajarse más allá de la niñez y adolescencia, entendiendo el problema de manera cabal.

Este trabajo parte de una premisa: la actual disparidad de género en el campo de las TIC no puede comprenderse en forma integral si no se reconoce cuál ha sido la historia de la mujer en esta disciplina. Se ha realizado un aporte en esta dirección, exponiendo ejemplos de mujeres que se desempeñaron o lo hacen en la actualidad en ámbito de las TIC, para inspirar el camino de las futuras

generaciones. Han sido mujeres ocultas u opacadas en el mejor de los casos, cuyos logros e impactos no trascendieron, lo hicieron en forma tardía o fueron minimizados. El tratamiento no ha pretendido ser completo; se destacaron algunos personajes notables y sus historias, para exponer una condición de inequidad que persiste en el tiempo.

También se ha puesto de manifiesto la gran parcialidad que ha habido al momento de elegir líderes, así como otorgar premios y reconocimientos a las mujeres de la disciplina. No menos importante ha sido la huella que dejaron las iniciativas en las que no hubo participación femenina alguna. Tal es el caso de la Inteligencia Artificial y el taller que le dio origen, configurando un universo masculino que se manifiesta desde las casi nulas posiciones de liderazgo, hasta la bibliografía sesgada. Con relación a este aspecto, otra de las contribuciones de este artículo corresponde a un análisis de parte de la bibliografía académica, con la cual se han formado y se forman nuevos profesionales y académicos, el cual ha puesto de manifiesto el sesgo de la misma. Si bien el tratamiento del tema no ha sido exhaustivo, ha contemplado un conjunto de reconocidos artículos y libros del campo de la Inteligencia Artificial. El material presentado en la Sección 3 muestra que buena parte de los ejemplos utilizados conciernen a un universo completamente masculino. Dichos ejemplos refuerzan prejuicios y preconceptos. Es probable, que de forma implícita, también acrecienten la “incertidumbre de pertenecer” de aquellas mujeres que intentan formarse, trabajar y contribuir en esta disciplina. Esta dimensión de la bibliografía sesgada, aún no ha recibido atención, de acuerdo al conocimiento de la autora. Por ello, sugiere efectuar un tratamiento sistemático e integral de este tema en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, Mario; Barrere, Rodolfo; Matas, Lautaro; Osorio, Laura y Sokil, Juan (2018): “Las Brechas de Género en la Producción Científica Iberoamericana”, En: *El Estado de la Ciencia 2018*, Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana. Disponible en: <http://www.ricyt.org/2018/10/el-estado-de-la-ciencia-2018/> [20/02/2020].

ACM (2018): “Chronological Listing of A.M. Turing Award Winners”. Disponible en: <https://amturing.acm.org/byyear.cfm> [20/02/2020].

_____. (2020): “ACM Past Presidents”. Disponible en: <https://www.acm.org/about-acm/past-presidents> [26/02/2020].

Bouman, Katie (2019): Katie Bouman Facebook Disponible en: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=10213321822457967&set=ecnf.1170150152> [26/02/2020].

Brachman, Ronald J. y Levesque, Héctor J. (2004): *Knowledge Representation and Reasoning*. Morgan Kaufmann. San Francisco: California.

Camp, Tracy (1997): "The Incredible Shrinking Pipeline", En: *Communications of the ACM*. vol. 4, n°. 10, pp. 103-110.

Clayton, Kaylene L.; Von Hellens, Liisa A. y Nielsen, Sue H. (2009): "Gender stereotypes prevail in ICT: a research review". En: *SIGMIS CPR '09: Proceedings of the special interest group on management information system's 47th annual conference on Computer personnel research*. pp. 153-158. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1542130.1542160> [20/02/2020].

Comunidad mujer (2017): "Mujer y trabajo: Brecha de género en STEM, la ausencia de mujeres en Ingeniería y Matemáticas", En: *Comunidad mujer*, n°. 42. Disponible en: http://www.comunidadmujer.cl/biblioteca-publicaciones/wp-content/uploads/2017/12/BOLETIN-42-DIC-2017-url_vf.pdf [20/02/2020].

Devlin, Hannah (2019): "Black hole picture captured for first time in space breakthrough". En: *The Guardian*, 10 de abril, Disponible en: <https://www.theguardian.com/science/2019/apr/10/black-hole-picture-captured-for-first-time-in-space-breakthrough> [20/02/2020].

Engineering and Technology History Wiki (2020): "List of Presidents of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)". Disponible en: [https://ethw.org/List_of_Presidents_of_the_Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers_\(IEEE\)](https://ethw.org/List_of_Presidents_of_the_Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers_(IEEE)) [26/02/2020].

ENIAC Programmers Project (2020): Disponible en: <http://eniacprogrammers.org/eniac-programmers-project/> [20/02/2020].

European Commission (2018): "Women in the Digital Age". Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/increase-gender-gap-digital-sector-study-women-digital-age> [20/02/2020].

European Institute for Gender Equality (2017): "Gender Segregation in Education, Training and the Labour Market. Executive Summary". Brussels: Council of the European Union. Disponible en: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15468-2017-ADD-1/en/pdf> [20/02/2020].

_____. (2020): "Gender equality and digitalisation in the European Union". Disponible en: <https://eige.europa.eu/publications/gender-equality-and-digitalisation-european-union> [20/02/2020].

Feast, Josh (2019): "4 Ways to Address Gender Bias in AI". En: *Harvard Business Review*, 20 de noviembre. Disponible en: <https://hbr.org/2019/11/4-ways-to-address-gender-bias-in-ai> [26/02/2020].

Fikes, Richard y Kehler, Tom (1985): "The Role of Frame-Based Representation in Reasoning". En: *Communications of the ACM*, vol. 28, n°. 9, pp. 904-920.

Fundación Sadosky (2013): “Y las Mujeres ... ¿Dónde Están? Primer estudio de la Fundación Manuel Sadosky sobre la baja presencia femenina en informática”. Disponible en: <http://www.fundacionsadosky.org.ar/wp-content/uploads/2015/05/resumen-mujeres-y-computacion-2013.pdf> [20/02/2020].

Heilweil, Rebecca (2020): “Why algorithms can be racist and sexist”. En: *Vox*, 18 de febrero. Disponible en: <https://www.vox.com/recode/2020/2/18/21121286/algorithms-bias-discrimination-facial-recognition-transparency> [26/02/2020].

Höhne, Elisabeth y Zander, Lysann (2019): “Sources of Male and Female Students’ Belonging Uncertainty in the Computer Sciences”. En: *Frontiers in Psychology*. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01740> [20/02/2020].

Hopper, Grace (1958): "Automatic programming: present status and future trends". En: *Proceedings of the Symposium on the Mechanisation of Thought Processes*. Teddington, Middlesex, England, pp. 155-194.

Light, Jennifer S. (1999): “When Computers Were Women”. En: *Technology and Culture*, vol. 40, n°. 3, pp. 455-483.

McCarthy, John; Minsky, Marvin; Rochester, Nathaniel y Shannon, Claude (1955): “A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. En: *AI Magazine*, vol. 24, n°. 4, pp. 12-14.

McKinley, Kathryn (2018): “What Happens to Us Does Not Happen to Most of You”. En: ACM SIGARCH Blog. Disponible en: <https://www.sigarch.org/what-happens-to-us-does-not-happen-to-most-of-you/> [20/02/2020].

MIT-EECS (2014): “EECS Celebrates - Fall 2014 Awards”. Disponible en: <https://www.eecs.mit.edu/news-events/announcements/eecs-celebrates-fall-2014-awards> [20/02/2020].

MIT-CSAIL (2019): Disponible en: https://twitter.com/mit_csail/status/1116007460039483392?lang=es [20/02/2020].

Mundy, Lisa (2017): *Code Girls. The Untold Story of the American Women Code Breakers of World War II*, Hachette Books.

NASA (2019): “Rocket Fuel in Her Blood: The Story of JoAnn Morgan”. Disponible en: <https://www.nasa.gov/feature/the-story-of-joann-morgan> [20/02/2020].

_____. (2020a): “Katherine Johnson Biography”. Disponible en: <https://www.nasa.gov/content/katherine-johnson-biography> [26/02/2020].

_____. (2020b): “Dorothy Vaughan Biography”. Disponible en: <https://www.nasa.gov/content/dorothy-vaughan-biography> [20/02/2020].

_____. (2020c): “Margaret Hamilton, Apollo Software Engineer, Awarded Presidential Medal of Freedom”. Disponible en: <https://www.nasa.gov/feature/margaret-hamilton-apollo-software-engineer-awarded-presidential-medal-of-freedom> [20/02/2020].

_____. (2020d): Disponible en: https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/joann_morgan_in_firing_room.jpg [20/02/2020].

_____. (2020e): Disponible en: https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/369-348_fr_31_0.jpg [20/02/2020].

Nilson, Nils J. (1980): *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga Publishing Company, Palo Alto, California.

Russell, Stuart T. y Norvig, Peter (2002): *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Stefik, Mark y Bobrow, Daniel G. (1985): “Object-Oriented Programming: Themes and Variations”. En: *The AI Magazine*, vol. 6, n° 4, pp. 40-61.

Shetterly, Margot Lee (2016): *Hidden Figures: The American Dream and the Untold Story of the Black Women Who Helped Win the Space Race*, William Morrow Paperbacks.

TED (2017): “Katie Bouman”. Disponible en: https://www.ted.com/speakers/katie_bouman [20/02/2020].

Vardalas, John y Sloan, Martha (2009): “Oral-History:Martha Sloan”. Engineering and Technology History Wiki. Disponible en: https://ethw.org/Oral-History:Martha_Sloan [20/02/2020].

Vardi, Moshe Y. (2018): “How we lost the women in Computing”. En: *Communications of the ACM*, vol. 61, n° 5, p. 9.

Woods, William A. (1975): “What’s in a link: Foundations for Semantic Networks”. En: Daniel G. Bobrow y Allan M. Collins, *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*, Academic Press, New York, pp. 35-82.

Yansen, Guillermina y Zukerfeld, Mariano (2014): “Why Don’t Women Program? Exploring links between Gender, Technology and Software”. En: *Science, Technology & Society*, vol. 19, n° 3, pp. 305-329.