

# Klára Dán Von Neumann, olvidada pionera de la computación

Marta Macho Stadler

**SUMA** núm. 96  
pp. 59-64

Artículo solicitado por *Suma* en noviembre de 2020 y aceptado en enero de 2021

Mucho antes de que se terminara la máquina, me convertí en el conejillo experimental de Johnny. Fue de lo más divertido. Aprendí a traducir ecuaciones algebraicas en formas numéricas, que luego a su vez tienen que pasarse al lenguaje de la máquina en el orden en el que esta tiene que calcularlo.

Cita de Klára Dán Von Neuman  
en *La catedral de Turing* de George Dyson.

Klára Dán Von Neumann, como otras muchas mujeres, vivió a la sombra de un científico brillante, de su marido, el que llama *Johnny* en la cita que abre este escrito. Klára no tenía formación matemática posterior a la del instituto, pero aprendió a programar de manera autodidacta. Aparece citada como «ayudante» en diferentes proyectos en el libro de historia de la computación *La catedral de Turing: Los orígenes del universo digital* de George Dyson. Muchas otras mujeres se nombran en este libro como «asistentes» de sus maridos. Quizás muchas de ellas fueron algo más que meras auxiliares: ese es el caso de Klára Dán Von Neumann.

Pero empecemos por el principio...

## Las máquinas ENIAC, EDVAC y MANIAC

La máquina ENIAC<sup>1</sup>, puesta en marcha en 1946, fue uno de los primeros ordenadores de propósito general. Dos ingenieros, John Presper Eckert<sup>2</sup> y John William Mauchly<sup>3</sup>, la construyeron. Y seis mujeres la programaron<sup>4</sup>, las llamadas *Las mujeres del ENIAC*: Betty Snyder Holberton, Betty Jean Jennings Bartik, Kathleen McNulty Mauchly Antonelli, Marlyn Wescoff Meltzer, Ruth Lichterman Teitelbaum y Frances Bilas Spence. Todas ellas tenían formación matemática —excepto Betty Snyder Holberton, que era periodista— y aprendieron prácticamente de manera autodidacta a programar.

Procedían de un grupo de unas doscientas mujeres empleadas como computistas en la Escuela Moore

de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pensilvania. Su trabajo consistía en obtener resultados numéricos —en general con calculadoras mecánicas— a partir de fórmulas matemáticas incluidas en estudios científicos o proyectos de ingeniería. Cuando llegaron las primeras computadoras, algunas de estas mujeres estudiaron la lógica, la estructura física y el funcionamiento de estas máquinas para comprender no solo las matemáticas de la computación, sino también la estructura interna de esos ordenadores.

Herman Goldstine<sup>5</sup> era quien seleccionaba a las programadoras entre estas computistas. En un momento en el que los programas de ordenador aún no existían, Herman y Adele Goldstine<sup>6</sup> dirigieron a estas mujeres en el estudio de los planos y la estructura física de ENIAC, ya que debían entender cómo manipular sus cables e interruptores. Adele Goldstine fue, por cierto, la primera persona en documentar un manual técnico de computación con la ENIAC.

La máquina ENIAC, diseñada inicialmente para calcular tablas de tiro de artillería para el Laboratorio de Investigación Balística del Ejército de los Estados Unidos, fue posteriormente reprogramada para resolver otro tipo de problemas numéricos. Trabajando en esas reprogramaciones también hubo muchas mujeres.

Entre otros proyectos, en 1950, ENIAC fue empleada por un grupo de meteorólogos del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton<sup>7</sup> para producir un pronóstico del tiempo mediante técnicas numéricas. Este pronóstico, de tan solo 24 horas, marcó los comienzos de la predicción numérica del tiempo. En ese grupo también estaba el conocido matemático John von Neumann<sup>8</sup>.

La máquina EDVAC<sup>9</sup> fue diseñada antes de que la ENIAC se pusiera en marcha. A diferencia de la primera, EDVAC era binaria y sus programas podían diseñarse para ser almacenados. También la construyeron Eckert y Mauchly. Se les unió posteriormente von Neumann quien, en 1945, redactó el informe *First Draft of a Report about the EDVAC*<sup>10</sup>

como memoria del grupo de trabajo. Herman Goldstine difundió este documento entre algunos colegas implicados en el proyecto EDVAC, pero lo hizo citando a von Neumann como único autor. Ellos, a su vez, remitieron este borrador a otros investigadores de Estados Unidos e Inglaterra. Aunque incompleto, este informe<sup>11</sup> se convirtió en un modelo para el diseño lógico de una computadora que utiliza el concepto de programa almacenado, y la arquitectura de la EDVAC pasó a conocerse como *arquitectura de von Neumann*<sup>12</sup>, nombre que generó una comprensible polémica. La máquina EDVAC comenzó a funcionar en 1951.

Nicholas Constantine Metropolis<sup>13</sup> diseñó y construyó en 1952 la máquina MANIAC I<sup>14</sup> en el Laboratorio Nacional de Los Álamos<sup>15</sup>. Se basaba en la *arquitectura de von Neumann* de la máquina IAS<sup>16</sup> que von Neumann había desarrollado en Princeton. Comenzó a operar con éxito en marzo de 1952 hasta que fue reemplazada por la máquina MANIAC II<sup>17</sup> en 1957. Una tercera versión, MANIAC III<sup>18</sup>, fue construida en la Universidad de Chicago en 1964.

Además del significado oficial del acrónimo MANIAC, Metropolis eligió el nombre de esta computadora con la esperanza de terminar con el auge de acrónimos con los que se nombraban a las máquinas. Aunque es probable que con su elección solo esti-

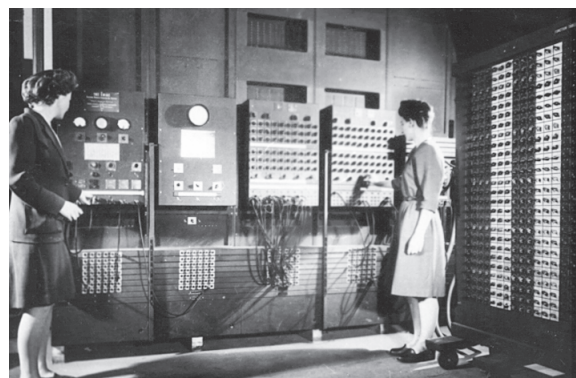


Figura 1. Betty Jennings y Frances Bilas operando en la máquina ENIAC

Fuente: Wikimedia Commons  
[https://es.wikipedia.org/wiki/ENIAC#/media/Archivo:Two\\_women\\_operating\\_ENIAC.gif](https://es.wikipedia.org/wiki/ENIAC#/media/Archivo:Two_women_operating_ENIAC.gif)

mulara más aún su uso. El propio Metropolis explicaba un significado más «personal»<sup>19</sup>:

Había regresado a Los Álamos para intentar organizar parte de los proyectos aquí, y pasé el año en Princeton aprendiendo sobre la máquina que estaba construyendo Johnny. Ese era el proyecto que se estaba llevando a cabo en Princeton.

Yo había propuesto que se llamara MANIAC, y Johnny pensó que eso era demasiado frívolo. Pero tenía en mente llamarlo MANIAC, porque acabaría con la denominación de máquinas. No se le permitiría pasar. Porque [pero] tuvo el efecto contrario.

Entonces George Gamow, el astrofísico, dijo que «Metropolis y Neumann inventan un artilugio terrible». Pero en realidad, la palabra «MANIAC» se adelantó a lo que representaba.

El primer trabajo que se asignó a MANIAC I fue realizar cálculos rigurosos y amplios de los mecanismos que rigen una reacción termonuclear. En 1953, MANIAC I obtuvo la primera ecuación calculada mediante integración de Montecarlo<sup>20</sup> modificada sobre el espacio de configuración.

Muchas de las programadoras de esas primeras computadoras eran mujeres. La mayoría de ellas tenían

una completa formación matemática; sus conocimientos y habilidades consiguieron que aquellas enormes máquinas funcionaran. Una de estas mujeres fue Klára Dán Von Neumann.

## Klára Dán Von Neumann (1911-1963)

Además de sus numerosas contribuciones a las matemáticas y la física, la influencia de John von Neumann en el mundo de la computación ha sido esencial a través, en particular, de la citada *arquitectura de von Neumann* utilizada prácticamente en cualquier ordenador. La denominación de esa arquitectura ignoró la contribución de Eckert y Mauchly. Aunque no son las únicas personas cuyo papel en la historia de la computación ha quedado oculto a la sombra de von Neumann: su segunda esposa, Klára, también lo fue.

Klára Dán nació el 18 de agosto de 1911 en Budapest, en el seno de una familia acomodada. Conoció a von Neumann en un viaje a Budapest antes del comienzo de la Segunda Guerra Mundial. En 1938 el matemático se divorció de su primera esposa y Klára



Figura 2. Klára Dán y John von Neumann hacia 1950

Fuente: <<https://bit.ly/3b0itsk>>

Dán se separó de Andor Rapoch, su segundo marido, para casarse con él. El matrimonio emigró a Estados Unidos, donde von Neumann ocupó una cátedra en la Universidad de Princeton.

En 1943, von Neumann se trasladó al Laboratorio Nacional de Los Álamos para trabajar en cálculos relacionados con el Proyecto Manhattan<sup>21</sup>. Klára permaneció en Princeton hasta 1946, trabajando en la Oficina de Investigación Demográfica<sup>22</sup> de Princeton. Tras la guerra, se unió a su marido en Nuevo México para programar la máquina MANIAC I; había sido diseñada por von Neumann y Julian Bigelow<sup>23</sup> para apoyar la investigación de fusión nuclear.

Klára también trabajó en la máquina ENIAC para producir el primer pronóstico meteorológico con ayuda de una computadora. Tradujo a código de programación las ecuaciones simplificadas de la dinámica atmosférica, con lo que, en 1950, fue posible realizar la primera predicción del tiempo por ordenador. Klára enseñó al equipo de meteorólogos a programar ENIAC y revisó el programa final. Von Neumann y los meteorólogos Jule Charney<sup>24</sup> y Ragnar Fjörtoft<sup>25</sup> publicaron en 1950 el artículo *Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation*<sup>26</sup> con los detalles de este experimento. Klára no firmó ese trabajo y, de este modo, quedó al margen de los reconocimientos posteriores. Tan solo aparecía como Mrs. K. von Neumann, de nuevo invisibilizada, en los agradecimientos finales (figura 3):

Klára Dán von Neumann, la brillante esposa del más famoso Johnny, enseñó a los autores de *Tellus*<sup>27</sup> cómo codificar ENIAC y verificó el código final, ¿todas las 100.000 tarjetas perforadas?... Pero ¿cuántos meteorólogos, incluso mujeres en nuestro campo, lo saben? Paul Edwards lo sabe, porque mencionó a Klára en su excelente *A Vast Machine*, pero pocos más<sup>28</sup>.

John Knox

Tras la muerte de von Neumann en 1957, Klára Dán editó el texto y escribió el prefacio de las *Conferencias Silliman*<sup>29</sup> que el matemático impartió, ya enfermo, entre los años 1955 y 1956. Fueron publicadas en

254

J. G. CHARNEY, R. FJÖRTOFT, J. VON NEUMANN

corresponded reasonably well with the observed tendencies on the sea-level map. The pressure falls to the northeast of a well developed surface cyclone were, if anything, somewhat too great. An effort is now being made to see whether the effect of vertical motions is to reduce the falls. Some preliminary calculations indicate that this is the case.

#### Acknowledgments

The writers wish to thank Mrs. K. VON NEUMANN for instruction in the technique of coding for the Eniac and for checking the final code, Professor G. PLATZMAN of

the University of Chicago for his considerable help and advice in coding the computations for the Eniac, Mr J. FREEMAN of the Meteorological Research Group at the Institute for Advanced Study and Mr J. SMAGORINSKY of the U. S. Weather Bureau for their assistance in the preliminary work of data preparation and in the actual running of the computations on the Eniac at Aberdeen. Professor PLATZMAN also participated in the work at Aberdeen, where again his advice proved most valuable. We are also greatly obliged to the staff of the Computing Laboratory of the Ballistic Research Laboratories for help in coding the problem for the Eniac and for running the computations.

Figura 3. Agradecimientos en el artículo *Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation*: «Los autores desean dar las gracias a Mrs. K. VON NEUMANN por la instrucción en la técnica de programación del ENIAC y por revisar el código final [...]».

1958, y posteriormente editadas y publicadas bajo el título de *The Computer and the Brain*<sup>30</sup>.

Dán se casó en 1958 con Carl Eckart<sup>31</sup> y se mudaron a La Jolla, California. Klára sufrió numerosas depresiones durante su vida. Falleció ahogada en la playa en 1963; probablemente se suicidó.

## Bonus

En 1956, Enrico Fermi<sup>32</sup>, John Pasta<sup>33</sup> y Stanislaw Ulam<sup>34</sup> publicaron el informe técnico *Studies of the Nonlinear Problems*<sup>35</sup> elaborado en el Laboratorio Científico de Los Álamos. En este artículo analizaban los métodos y los resultados de algunas simulaciones físicas desarrolladas en la máquina MANIAC. Este trabajo se denominó *problema de Fermi-Pasta-Ulam*. En una nota a pie de página, los autores agradecían su colaboración a Mary Tsingou<sup>36</sup> (figura 4).

La matemática y física Mary Tsingou (1928) fue una de las primeras programadoras de la computadora MANIAC. Como le sucedió a Klára Dán, Mary Tsingou debió conformarse con un simple agradecimiento por haber desarrollado el algoritmo usado en el experimento Fermi-Pasta-Ulam, problema que mostró la importancia de las simulaciones computacionales en la investigación en física.



The problems in question do not seem to admit of analytic solutions in closed form, and heuristic work was performed numerically on a fast electronic computing machine (MANIAC I at Los Alamos).<sup>\*</sup> The ergodic behavior of such systems was studied with the primary aim of establishing, experimentally, the rate of approach to the equipartition of energy among the various degrees of freedom of the system. Several problems will be considered in order of increasing complexity. This paper is devoted to the first one only.

We imagine a one-dimensional continuum with the ends kept fixed and with forces acting on the elements of this string. In addition to the usual linear term expressing the dependence of the force on the displacement of the element, this force contains higher order terms. For

<sup>\*</sup> We thank Miss Mary Tsingou for efficient coding of the problems and for running the computations on the Los Alamos MANIAC machine.

Figura 4. Agradecimientos en el artículo *Studies of the Nonlinear Problems*: «Agradecemos a la señorita Mary Tsingou la eficiente programación de los problemas y el haber implementado los códigos en la máquina MANIAC de Los Álamos».

En el caso de Tsingou, fue un artículo publicado en 2008<sup>37</sup> el que reivindicó la aportación de la matemática en este experimento. Su autor, el físico Thierry Dauxois, solicitó además el cambio de designación de *problema de Fermi-Pasta-Ulam* a *problema de Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou*. En algunas referencias, este cambio ya aparece.

¿Cuántas contribuciones relevantes de mujeres en los principios de la computación habrán quedado olvidadas?

## Referencias bibliográficas

- COYLE, K. (2012), *Turing's Cathedral, or Women Disappear*, Coyle's InFormation, <<http://kcoyle.blogspot.com/2012/11/turings-cathedral-or-women-disappear.html>>.
- MACHO, M. (2021), «Klara Dán Von Neumann, desconocida pionera de la programación», *Mujeres con ciencia, Vidas científicas*, 6 de enero de 2021, <<https://mujeresconciencia.com/2021/01/06/klara-dan-von-neumann-desconocida-pionera-de-la-programacion/>>.
- SÁNCHEZ, C. (2017), «Klara von Neumann: la programadora pionera que fue olvidada por la historia», *El Confidencial*, 21 de octubre de 2017 <[https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-10-21/klara-von-neumann-programadora-pionera-eniac\\_1464078/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-10-21/klara-von-neumann-programadora-pionera-eniac_1464078/)>.
- SHEPHERD, M. (2017), «How A Woman You Never Heard Of Helped Enable Modern Weather Prediction», *Forbes*, 24 de enero de 2017 <<https://bit.ly/3rMKycA>>.
- Klara Dan von Neumann, *Wikipedia* <[https://en.wikipedia.org/wiki/Klara\\_Dan\\_von\\_Neumann](https://en.wikipedia.org/wiki/Klara_Dan_von_Neumann)> [Consultado el 25 de diciembre de 2020].

## Marta Macho Stadler

Universidad del País Vasco  
<[marta.macho@ehu.eus](mailto:marta.macho@ehu.eus)>

1 ENIAC es el acrónimo de *Electronic Numerical Integrator And Computer* <<https://es.wikipedia.org/wiki/ENIAC>>.

2 El ingeniero eléctrico John Presper Eckert (1919-1995) fue un pionero de la informática <[https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_Presper\\_Eckert](https://es.wikipedia.org/wiki/John_Presper_Eckert)>.

3 El físico John William Mauchly (1907-1980) creó, junto a John Presper Eckert la primera empresa de ordenadores, la *Eckert-Mauchly Computer Corporation* <[https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_William\\_Mauchly](https://es.wikipedia.org/wiki/John_William_Mauchly)>.

4 Betty Snyder Holberton (1917-2001) <<https://mujeresconciencia.com/2015/03/07/betty-snyder-holberton-programadora/>>, Betty Jean Jennings Bartik (1924-2011) <<https://mujeresconciencia.com/2014/12/27/betty-jean-jennings-bartik-programadora/>>, Kathleen McNulty Mauchly Antonelli (1921-2006) <<https://mujeresconciencia.com/2015/02/12/kathleen-mcnulty-mauchly-antonelli-programadora/>>, Marlyn Wescoff Meltzer (1922-2008) <[https://es.wikipedia.org/wiki/Marlyn\\_Wescoff\\_Meltzer](https://es.wikipedia.org/wiki/Marlyn_Wescoff_Meltzer)>, Ruth Lichterman Teitelbaum (1924-1986) <<https://es.wikipedia.org/wiki/>>

Ruth Lichterman Teitelbaum> y Frances Bilas Spence (1922-2012) <<https://mujeresconciencia.com/2016/03/02/frances-bilas-spence-programadora/>>.

5 El matemático y administrador científico Herman Heine Goldstine (1913-2004) fue uno de los principales desarrolladores de ENIAC <[https://es.wikipedia.org/wiki/Herman\\_Goldstine](https://es.wikipedia.org/wiki/Herman_Goldstine)>.

6 La matemática y programadora Adele Goldstine (1920-1964) fue la primera programadora de ENIAC. Después lideró y formó a *Las mujeres del ENIAC* <<https://mujeresconciencia.com/2019/12/21/adele-goldstine-programadora/>>.

7 <[https://es.wikipedia.org/wiki/Institute\\_for\\_Advanced\\_Study](https://es.wikipedia.org/wiki/Institute_for_Advanced_Study)>.

8 El matemático John von Neumann (1903-1957) realizó contribuciones fundamentales en numerosos campos científicos como física cuántica, análisis funcional, teoría de conjuntos, teoría de juegos, ciencias de la computación, economía, análisis numérico o estadística. Se le considera uno de los matemáticos más importantes del siglo xx <[https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_von\\_Neumann](https://es.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann)>.

9 EDVAC es el acrónimo de *Electronic Discrete Variable Automatic Computer* <<https://es.wikipedia.org/wiki/EDVAC>>.

10 *First Draft of a Report about the EDVAC* es un documento incompleto de 101 páginas escrito por John von Neumann y distribuido el 30 de junio de 1945 por Herman Goldstine. <[https://en.wikipedia.org/wiki/First\\_Draft\\_of\\_a\\_Report\\_on\\_the\\_EDVAC](https://en.wikipedia.org/wiki/First_Draft_of_a_Report_on_the_EDVAC)>.

11 <<http://web.mit.edu/STS.035/www/PDFs/edvac.pdf>>.

12 <[https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura\\_de\\_von\\_Neumann](https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_von_Neumann)>.

13 El matemático y físico Nicholas Constantine Metropolis (1915-1999) construyó la computadora MANIAC I en 1952 y MANIAC II en 1957 <[https://es.wikipedia.org/wiki/Nicholas\\_Metropolis](https://es.wikipedia.org/wiki/Nicholas_Metropolis)>.

14 MANIAC I es el acrónimo de *Mathematical Analyzer, Numerator, Integrator, and Computer* <[https://es.wikipedia.org/wiki/MANIAC\\_I](https://es.wikipedia.org/wiki/MANIAC_I)>. En la película de ciencia ficción *The Magnetic Monster* aparece un ordenador llamado MANIAC I (aunque su aspecto no es el del ordenador real). Parece que se incluyó para dar un aspecto «más científico» al largometraje, <[https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Magnetic\\_Monster](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Magnetic_Monster)>.

15 El Laboratorio Nacional de Los Álamos se fundó durante la Segunda Guerra Mundial. Era una instalación secreta que coordinaba el Proyecto Manhattan, proyecto Aliado para conseguir las primeras armas nucleares <[https://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio\\_Nacional\\_de\\_Los\\_%C3%81amos](https://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio_Nacional_de_Los_%C3%81amos)>.

16 La máquina IAS fue el primer computador digital construido por el Instituto para el Estudio Avanzado (IAS, por sus siglas en inglés de Institute for Advanced Study), en Princeton (Estados Unidos) <[https://es.wikipedia.org/wiki/IAS\\_machine](https://es.wikipedia.org/wiki/IAS_machine)>.

17 <[https://es.wikipedia.org/wiki/MANIAC\\_II](https://es.wikipedia.org/wiki/MANIAC_II)>.

18 <[https://en.wikipedia.org/wiki/MANIAC\\_III](https://en.wikipedia.org/wiki/MANIAC_III)>.

19 Nicholas Metropolis: «I had returned to Los Alamos to try to do some of the organizing of the projects here, and spent the year in Princeton learning about the machine there that Johnny was building. That was the project that was going on at Princeton.

«I had proposed that it be called the MANIAC, and Johnny thought that that was too frivolous. But I had in mind calling it the MANIAC, because it would put an end to the naming of machines. It would not be allowed to pass. Because [but] it had just the opposite effect.

So George Gamow, the astrophysicist, said that “Metropolis and Neumann Invent Awful Contraption.” But actually, the word “MANIAC” came ahead of what it stood for».

Cita extraída de *Atomic Heritage Foundation* <<https://www.atomicheritage.org/tour-stop/computing#.X-dabNhKjXV>>.

20 <[https://es.wikipedia.org/wiki/Integración\\_de\\_Montecarlo](https://es.wikipedia.org/wiki/Integración_de_Montecarlo)>.

21 <[https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto\\_Manhattan](https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_Manhattan)>.

22 <[https://en.wikipedia.org/wiki/Office\\_of\\_Population\\_Research](https://en.wikipedia.org/wiki/Office_of_Population_Research)>.

23 El ingeniero Julian Bigelow (1913-2003) fue un pionero en computación <[https://en.wikipedia.org/wiki/Julian\\_Bigelow](https://en.wikipedia.org/wiki/Julian_Bigelow)>.

24 Jule Charney (1917-1981) desempeñó un importante papel en el desarrollo de las primeras predicciones numéricas meteorológicas y en el diseño de modelos matemáticos de la atmósfera <[https://en.wikipedia.org/wiki/Jule\\_Gregory\\_Charney](https://en.wikipedia.org/wiki/Jule_Gregory_Charney)>.

25 Ragnar Fjørtoft (1913-1998) formó parte del equipo de Princeton que, en 1950, realizó la primera predicción meteorológica numérica utilizando la computadora ENIAC <[https://en.wikipedia.org/wiki/Ragnar\\_Fjørtoft](https://en.wikipedia.org/wiki/Ragnar_Fjørtoft)>.

26 J. G. Charney, R. Fjørtoft, J. von Neumann, «Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation», *Tellus 2 (4)* (1950) 237-254 <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.2153-3490.1950.tb00336.x>>.

27 Revista en la que se publicó el artículo «Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation».

28 «Klara Dan von Neumann, the brilliant wife of the more famous Johnny, taught the Tellus authors how to code ENIAC, and checked the final code, all 100,000 or so punch-cards of it?...But how many meteorologists, even women in our field, know about this? Paul Edwards knows, because he mentioned Klara in his excellent *A Vast Machine—but few others*». Cita extraída de *How A Woman You Never Heard Of Helped Enable Modern Weather Prediction*.

29 <[https://en.wikipedia.org/wiki/Silliman\\_Memorial\\_Lectures](https://en.wikipedia.org/wiki/Silliman_Memorial_Lectures)>.

30 <[https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Computer\\_and\\_the\\_Brain](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Computer_and_the_Brain)>.

31 El físico y oceanógrafo Carl Henry Eckart (1902-1973) desarrolló el teorema de Wigner-Eckart. También se le deben las llamadas *condiciones de Eckart* en mecánica cuántica y el *teorema de Eckart-Young* en álgebra lineal <[https://es.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Eckart](https://es.wikipedia.org/wiki/Carl_Eckart)>.

32 El físico Enrico Fermi (1901- 1954) realizó importantes contribuciones al desarrollo de la teoría cuántica, la física nuclear y de partículas y la mecánica estadística. Recibió el Premio Nobel de Física en 1938 por sus trabajos sobre radiactividad inducida <[https://es.wikipedia.org/wiki/Enrico\\_Fermi](https://es.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi)>.

33 El físico John R. Pasta (1918-1981) fue especialista en física computacional <[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Pasta](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Pasta)>.

34 El matemático Stanislaw Ulam (1909-1984) participó en el proyecto Manhattan y desarrolló varias herramientas matemáticas en teoría de números, teoría de conjuntos, teoría ergódica y topología algebraica. Junto con John Von Neumann contribuyó al llamado el método de Montecarlo <[https://es.wikipedia.org/wiki/Stanislaw\\_Ulam](https://es.wikipedia.org/wiki/Stanislaw_Ulam)>.

35 Fermi, E., P. Pasta, S. Ulam y M. Tsingou (1955), *Studies of nonlinear problems*, Technical Report, Los Alamos Scientific Lab. of University of California, <<https://www.osti.gov/servlets/purl/4376203>>.

36 Rocío Benavente, «Mary Tsingou, la Dama Misteriosa que ayudó a abrir el campo de la física no lineal y el uso de simulaciones por ordenador para estudiarla», *Mujeres con ciencia, Vidas científicas*, 10 de diciembre de 2020, <<https://mujeresconciencia.com/2020/12/10/mary-tsingou-la-dama-misteriosa-que-ayudo-a-abrir-el-campo-de-la-fisica-no-lineal-y-el-uso-de-simulaciones-por-ordenador-para-estudiarla/>>.

37 Thierry Dauxois (2008), «Fermi, Pasta, Ulam, and a mysterious lady», *Physics Today*, n.º 61 (1), 55-57 <[http://perso.ens-lyon.fr/thierry.dauxois/PAPERS/pt61\\_55.2008.pdf](http://perso.ens-lyon.fr/thierry.dauxois/PAPERS/pt61_55.2008.pdf)>.