



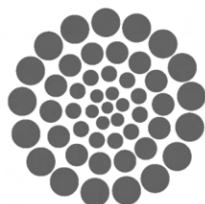
# El despertar de la vocación científica en las Niñas







UNAM



CONAHCYT



Instituto de Astronomía



Instituto de Matemáticas

Facultad de Medicina



# El despertar de la vocación científica en las Niñas

-Congreso Internacional 2018-

La vocación y el gusto por la Ciencia se puede motivar y desarrollar desde la infancia. Aprovechemos este movimiento mundial de solidaridad hacia la igualdad de género y demos pasos concretos hacia la igualdad en la Educación Científica para niñas y mujeres jóvenes. Dirigido a profesoras, profesores, estudiantes, funcionarias y funcionarios de la educación, y público en general, con la finalidad de compartir experiencias, modelos y retos para dar propuestas concretas en esta dirección.

-EDITORAS-

Margarita Rosado  
Martha Takane Imay  
Alejandra Llamas Bugarín  
Martha Pérez Armendariz





CONGRESO INTERNACIONAL  
*El despertar de la vocación científica en las niñas.*



Hipatia del álbum ilustrado "Mujeres" de Isabel Ruiz Ruiz

**29, 30 y 31 de Octubre de 2018**

Llevado a cabo en el Instituto de Astronomía y el Instituto de Matemáticas, UNAM.Ciudad Universitaria de la CDMX



Responsable de la edición: DRA. MARGARITA ROSADO, (Instituto de Astronomía - UNAM)

© 2023 Primera edición

Fecha de edición: Octubre de 2023

D.R. © 2023 Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510  
Ciudad de México.

Diseño de Portada: Alejandra Llamas Bugarín. En la imagen de portada: Niña Annette Acosta (Foto 2023).

ISBN: 978-607-30-8214-3

Reservados todos los derechos. Salvo excepción prevista por la ley, no se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos conlleva sanciones legales y puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra diríjase a la doctora Margarita Rosado. Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

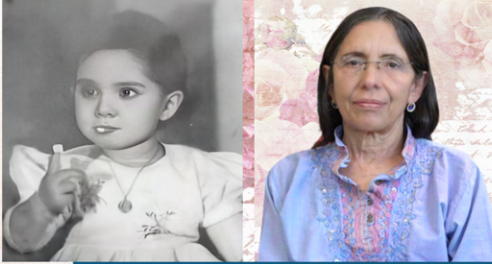
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México, Made in Mexico.



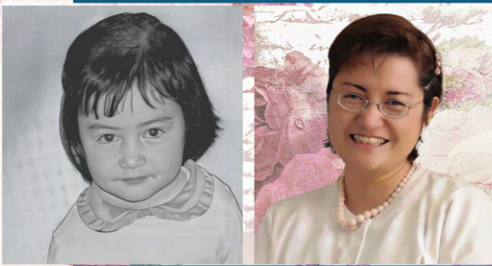


# Acerca de las Editoras:



*Dra. Margarita Rosado Solís*

Investigadora Nacional Emérita; Instituto de Astronomía - UNAM  
Comisión de Vinculación del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.  
margarit@astro.unam.mx



*Dra. Martha Takane Imay "Yoko"*

Instituto de Matemáticas - UNAM  
Comisión de Vinculación del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.  
takane@im.unam.mx



*Dra. Maria Alejandra Llamas Bugarín*

Ayudante Investigadora de la Dra. Margarita Rosado  
mllamas@astro.unam.mx

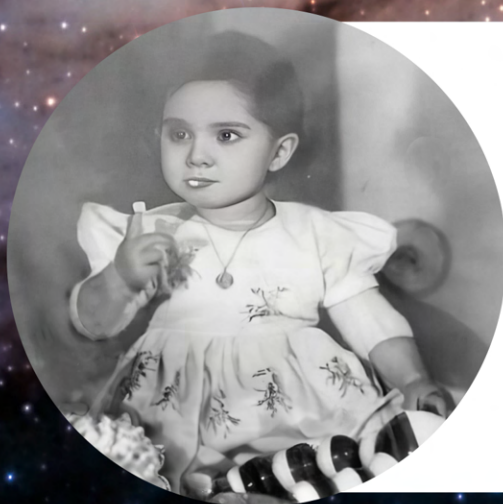


*Dra. Elia Martha Pérez Armendariz*

Titular del Laboratorio- Sinapsis Eléctricas, Facultad de Medicina, UNAM  
Presidenta del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.  
emperezarmendariz@facmed.unam.mx

## *Dra. Margarita Rosado Solís*

Margarita Rosado es investigadora Titular C de TC del Instituto de Astronomía de la UNAM e Investigadora Emérita del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). También da clases de licenciatura y posgrado en Física y Astrofísica de la UNAM. Participa en el Grupo Mujer y Ciencia UNAM. Es coautora del proyecto Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Género para el diseño del Centro de Investigaciones en Estudios de Género (CIEG) de la UNAM, que dio lugar al Área 5 del CIEG. Fue la Investigadora Principal del Congreso Internacional “El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas”, realizado en octubre de 2018, financiado por (actualmente CONAHCyT), y del cual este libro es el resultado. Tiene un gran interés en atraer a los niños y jóvenes a la ciencia, en particular a la Astronomía, Física y Matemáticas. También en emprender acciones para superar la brecha de género y sexo presente en estas disciplinas. Hizo sus estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM y los de maestría y doctorado de Estado en Ciencias (Astrofísica) en la Universidad de Paris, Francia, donde se graduó con honores. Realizó un posdoctorado en el Observatorio de Marsella, Francia, y ha sido investigadora invitada en varios países. Asimismo, ha realizado observaciones astronómicas usando los principales telescopios del mundo y de México, incluyendo telescopios satelitales. En la mayoría de sus observaciones astronómicas es ella quien ha diseñado y liderado la construcción de instrumentos astronómicos para realizar sus observaciones. Es así como ha desarrollado los instrumentos: PUMA, PUMILA, MAGOS, NÉFER y OCELOTL. Sus campos de especialidad son la Cinemática y Dinámica de nebulosas y galaxias, así como el estudio de galaxias en interacción. Ha sido reconocida con varios premios nacionales e internacionales. Es la astrónoma mexicana que más astrónomos y astrónomas ha formado. Sus estudiantes trabajan en diferentes estados de la República y en el extranjero.



Cuando niña, a Margarita le encantaban los enigmas que le planteaba su papá; los cálculos numéricos que hacía, y los relatos de historia de los texcocanos que relataba a sus compañeras. Le sorprendió que en el libro de su abuelo (ganado por él en un concurso de Matemáticas) no se mencionara a Plutón (como ahora también pasa) con lo que vio que la Astronomía no es un conocimiento acabado, sino que cambia día a día. Eso, y el placer con la Física y las Matemáticas, la hicieron decidirse por estudiar y experimentar con ese gran libro de la Naturaleza para entender sus leyes. Ella quisiera que muchas otras niñas y niños experimenten ese placer de conocer las leyes naturales y universales.

## *Dra. Martha Takane Imay "Yoko"*

Yoko es investigadora (titular B de TC) del Instituto de Matemáticas de la UNAM, activa participante del Grupo Mujer y Ciencia UNAM, profesora de licenciatura y posgrado de la Facultad de Ciencias UNAM y miembro honoraria de la Federación Mexicana de Universitarias. Hizo sus estudios de licenciatura, maestría y doctorado en Ciencias (Matemáticas) en la Facultad de Ciencias, UNAM. Después realizó dos posdoctorados: uno en la Universidad de Bielefeld, Alemania, el otro en la Universidad de Trondheim, Noruega y ha sido investigadora invitada en varios países. Sus campos de especialidad son el Álgebra Lineal, la Combinatoria algebraica y la teoría de representaciones de Álgebras. En particular, trabaja en aplicaciones del álgebra lineal en problemas de conexión y en sistemas biológicos. Es coautora del proyecto Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Género para el diseño del Centro de Investigaciones en Estudios de Género (CIEG) de la UNAM, que se aceptó unánimemente por el Consejo Universitario en el 2016. Diseñó el curso "Cómo pensar como Sherlock Holmes" para docentes de Matemáticas del Bachillerato. Desde el Grupo Mujer y Ciencia UNAM trabaja en el proyecto "El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas" y en "Políticas científicas con perspectiva de género para el periodo durante y posterior a la pandemia COVID-19". Durante esta Pandemia, trabajó activamente en la revisión y sugerencias para acoplar algunos de los programas de estudio de Matemáticas del Bachillerato UNAM, a las dificultades de la enseñanza que se presentan. Y en representación de la Federación Mexicana de Universitarias (FEMU) participó con sugerencias para el debate temático "Cooperación digital y conectividad-de-alto-nivel: Digitalizar el mundo rápidamente, destacando la urgencia de compromisos audaces para garantizar un futuro digital común para todos y no dejar a nadie fuera" de la Organización de las Naciones Unidas. Ha sido reconocida con el Premio Weizmann 1992, a la mejor tesis doctoral en Ciencias Exactas; el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz, UNAM; excoordinadora de la Comisión Interna para la Igualdad de Género (CInIG) del Instituto de Matemáticas; Consejera Académica de la UNAM del Consejo Académico de Área de Física, Matemáticas y las Ingenierías y del Consejo Académico del Bachillerato. Es asesora de la comisión de STEM de la Coordinación para la Igualdad de Género en la UNAM.

Yoko-niña se la pasaba mirando las nubes, buscando formas e inventando cuentos con ellas. Mirando la luna "redescubrió" el porqué de sus fases y le sigue maravillando ver cómo parece que la sigue. A sus quince años y por el gusto que ya desde entonces tenía por las Matemáticas, una maestra de Biología, amiga de la familia, le regaló los libros "El Hombre que calculaba", "Aritmética recreativa" y "Álgebra recreativa". Recuerda también con cariño a sus maestras de Matemáticas y de Química de tercero de secundaria que la introdujeron en el pensamiento científico, donde "redescubrió" el Método REDOX y el pan con mantequilla y azúcar. También recuerda al ejemplo y héroe de toda su vida, su papá, neuro-oftalmólogo de profesión. Ahora es una apasionada del Álgebra y sus aplicaciones..



## *Dra. Alejandra Llamas Bugarín*

Ale es una joven egresada de la Universidad Nacional Autónoma de Zacatecas, realizó sus estudios de licenciatura, maestría y doctorado en la Facultad de Física, cuenta con publicaciones en revistas internacionales arbitradas con 45 citas; el grado de Doctor lo obtuvo dentro de la línea de investigación de Partículas, Campos y Astrofísica (PCA), contribuyendo con su trabajo en un capítulo del libro "Neutrinos: Beyond the Basics" (Nova Science Publishers Inc, 2020). Durante sus estudios profesionales ha adquirido experiencia en Python, Fortran, Mathematica, MATLAB, HEP softwares (FeynCalc, SARAH, ROOT), GADGET. Recientemente, concluyó su posdoctorado en el área de astrofísica en el Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección de la Dra. Isaura Luisa Fuentes Carrera. Actualmente, es ayudante de la investigadora Emérita Dra. Margarita Rosado, quien ha impulsado su desarrollo profesional a través de diversos proyectos de investigación y divulgación, haciendo posible su participación en el Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM y en la realización de estas memorias. De manera independiente ha participado en convocatorias nacionales de poesía y ensayos, y colaborado en los suplementos culturales de los periódicos el Sol de Zacatecas y NTR, entre la ilusión poética de sus letras persiste el concepto de la ciencia, no solo como verdad absoluta de la existencia humana, sino también como la belleza suprema.



Cuando niña Ale observaba el cielo desde la azotea de su casa y fascinada con el sereno y estrellado manto que la envolvía, dibujaba su sueño de ser Astrónoma. Su personalidad solitaria e introvertida, su incansable curiosidad y gran capacidad de asombro, la mantenían durante largas jornadas en la biblioteca pública, lugar donde viajó al COSMOS con Carl Sagan, encuentro sin fin que la dejó con una sensación de pequeñez y grandeza al mismo tiempo. Pequeñez porque, en comparación con la inmensidad del universo, inmensidad vista a través de sus grandes ojos, se sentía como el ser más insignificante. Y grandeza porque ella formaba parte de esa majestuosa obra.

## *Dra. Elia Martha Pérez Armendariz*

Es profesora Titular de tiempo completo de la Facultad de Medicina de la UNAM, e integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en su nivel 2, así como integrante de la Academia Mexicana de Ciencias. Es médica cirujana por la UNAM, Maestra y Doctora en fisiología, biofísica y neurociencias por el CINVESTAV, IPN, con posdoctorados en reconocidas Universidades e Institutos científicos de EUA e Inglaterra. Sus principales líneas de investigación son: a) El estudio de la regulación de la secreción de insulina mediada por los canales intercelulares y b) El estudio de políticas científicas con perspectiva de género. Cuenta con 60 publicaciones, entre artículos internacionales científicos y capítulos de libros, y ha dirigido en la investigación a más de una centena de alumnos, incluyendo dos decenas de tesis de pregrado y posgrado. Ha editado 4 libros, entre estos: *Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida* (2008) y *Ciencia, Salud y Género*, UNAM (2018), publicados por la UNAM y cuenta con más de 1150 citas internacionales a sus trabajos. Propone las primeras políticas científicas con perspectiva de género (PEG) siendo así la primera pionera en este campo en México. También fundó las primeras organizaciones de mujeres en las ciencias del país, entre éstas, la Asociación Mexicana de Mujeres en las Ciencias en los 80's y al Grupo Mujer y Ciencia en la UNAM, fundado en el 2006 y el cual actualmente preside. Entre las políticas con PEG que ha propuesto destacan: a) La primera propuesta de incluir la perspectiva de género en la Ley de Ciencia y Tecnología e Innovación de México, generada en del 2007 y aprobada en el 2013, b) La creación de Comisiones Internas para la igualdad de género en las dependencias de la UNAM (2015), c) La creación de un área de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM o STEM) en la Coordinación para la Igualdad de Género (2020), y d) Un programa de políticas científicas con PEG para las ciencias relacionadas con la salud. Cuenta con diversos reconocimientos internacionales y nacionales, incluyendo el Premio Omecihuatl, 2017, que otorga el Instituto de las Mujeres de la CDMX.

Martha, una niña sensible y observadora, es guiada desde sus primeros años hacia la ciencia por su hermano Alejandro Pérez Armendariz, quien le enseña a formularse preguntas sobre los intrigantes componentes de la bóveda celeste. Posteriormente, enfoca esta habilidad hacia la investigación de la comunicación, tanto a nivel molecular -mediada por las sinapsis eléctricas entre las neuronas y las células endocrinas excitables-, como también a nivel humano, enfocándose en el desarrollo de políticas científicas con perspectiva de género.





# CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

## UNAM



*El Grupo Mujer y Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México agradece el apoyo al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.*

# *Agradecimientos*

Por su decidido apoyo al desarrollo del **Primer Congreso Internacional "El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas"** y a la publicación de este libro:

**Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para el desarrollo de los proyectos C-258/2018 y CF83367.**

**Al Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.**

**Al Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.**

**Al Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México.**

**A la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México.**

**A todas y todos los investigadores que contribuyeron con sus ponencias y redacción de los textos que conforman estas Memorias.**

# Contenido



1	DOS EJEMPLOS DE MOTIVACIÓN PARA LAS CIENCIAS: PARIS PIŞMIŞ Y MIS PROPIAS VIVENCIAS <i>Margarita Rosado</i>	1
2	MUJERES Y CIENCIA: UNA LARGA HISTORIA <i>Isaura L. Fuentes-Carrera</i>	13
3	CÓMO PENSAR COMO SHERLOCK HOLMES: UN MÉTODO PARA ESTUDIAR MATEMÁTICAS <i>Martha Takane Imay</i>	27
4	INSPIRING SCIENCE, WELCOMING SCIENTISTS <i>Dara J. Norman</i>	39
5	GEOLOGÍA PARA ENAMORARSE: NUESTRA FASCINANTE LUNA <i>María Guadalupe Cordero Tercero</i>	47
6	MODELO DE INVESTIGACIÓN, DOCENCIA E INGENIERÍA <i>Cristina Verde Rodarte</i>	59
7	ZOOMBERS: APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE VIDEOJUEGOS. <i>Iván Leonardo Pérez Cabrera</i>	63
8	LAS GALAXIAS Y LAS ASTRÓNOMAS. <i>Margarita Rosado</i>	69
9	SOBRE EL AVANCE DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS ÁREAS STEM: CONTRIBUCIONES DEL GRUPO MUJER Y CIENCIA DE LA UNAM. <i>Elia Martha Pérez Armendariz</i>	91





# 02

La Vida de Paris Pişmiş:  
*"De muy lejos, del Oriente,  
 recibimos una luz que ha  
 iluminado e inspirado, desde hace  
 50 años, el trabajo y la vida de  
 muchos astrónomos..."*



# 08

*"...en la elección de la carrera que  
 cursaría tuve muchas dudas. Mi  
 madre empujaba para que  
 estudiara Medicina y yo dudaba  
 en meterme a estudiar Física."*

# 20

Ada Lovelace, hija del poeta Lord  
 Byron, quien la abandonó a ella y  
 a su madre cuando Ada tenía  
 pocas semanas de nacida... fue  
 inspirada por su madre en las  
 matemáticas y la ciencia.



# 22

Rosalind Franklin: una de las  
 historias más conocidas sobre las  
 dificultades con las que se  
 encontraron las científicas y las  
 injusticias que sufrieron en un  
 mundo dominado por científicos  
 en el S. XX

# Índice

## DOS EJEMPLOS DE MOTIVACIÓN PARA LAS CIENCIAS: PARIS PIŞMIŞ Y MIS PROPIAS VIVENCIAS **1**

<b>1.1 PARIS PIŞMIŞ</b>	<b>2</b>
La vida de Paris Pişmiş	2
La llegada de Paris a México	3
Su investigación astronómica	5
Las clases de Paris	5
<b>1.2 MARGARITA ROSADO</b>	<b>7</b>
Mis primeros años	7
El despertar de mi vocación científica	8
Aportación a la Astronomía y a México	10
Mis clases y mis estudiantes	11
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>12</b>

## MUJERES Y CIENCIA: UNA LARGA HISTORIA **2**

<b>2.1 MUNDO ANTIGUO</b>	<b>14</b>
<b>2.2 EDAD MEDIA</b>	<b>15</b>
<b>2.3 RENACIMIENTO</b>	<b>16</b>
<b>2.4 SIGLO DE LAS LUCES</b>	<b>20</b>
<b>2.5 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>20</b>
<b>2.6 SIGLO XX</b>	<b>22</b>
<b>2.7 CIENTÍFICAS EN MÉXICO</b>	<b>24</b>
<b>2.8 ¿Y AHORA?</b>	<b>24</b>

### 3 CÓMO PENSAR COMO SHERLOCK HOLMES: UN MÉTODO PARA ESTUDIAR MATEMÁTICAS

- 3.1 ¿QUÉ ESTUDIAN LAS MATEMÁTICAS? 28  
Cómo pensar como Sherlock Holmes 30
- 3.2 ¿CÓMO AYUDAR A NUESTRAS HIJAS Y ALUMNAS PARA QUE SE EMPODEREN ANTE LA VIDA? 34
- A. APÉNDICE: INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA PROPOSICIONAL 35

### 4 INSPIRING SCIENCE, WELCOMING SCIENTISTS

- 4.1 TEXT 40
- 4.2 THE STORM OF SCIENCE CULTURE 41
- 4.3 CHANGING THE CULTURE 44
- 4.4 SUMMARY 45

## 28

Joan Clarke (1917-1996)  
Sus investigaciones matemáticas contribuyeron al origen de las ciencias de la computación.

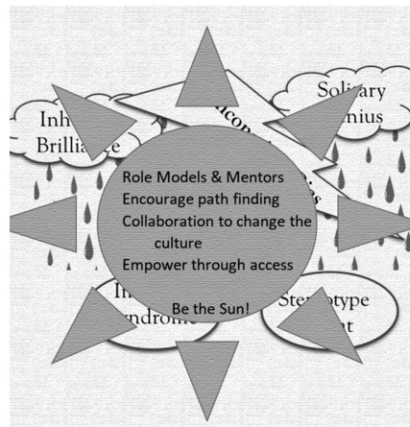
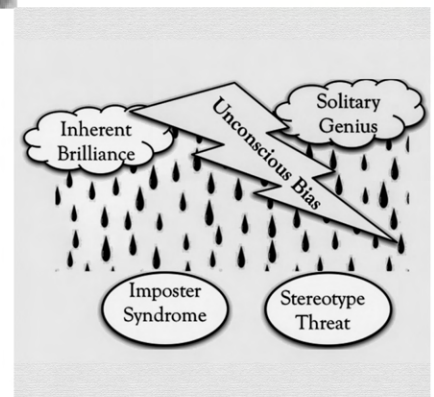


## 31

–¡Pero si es sencillísimo! –exclamé.  
–Ya lo creo –dijo él, un poco ofendido–. Todos los problemas le parecen infantiles después de que se los hayan explicado...

## 42

Myths that perpetuate in science culture are like a storm that fuels bias in subjective evaluations of field and career success.

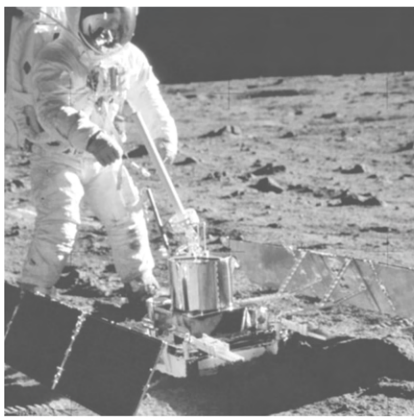


## 45

In order to change the negative (and stormy) aspects of our science culture, men and women in STEM fields must be more supportive of and welcoming to those early in their career.

# 48

*La fascinante Luna... la luz de la Luna llena opaca la luz de las estrellas y de los meteoros débiles, pero ¿Quién no se conmueve viéndola brillar con todo su esplendor en el cielo nocturno?*



# 51

Las misiones Apolo 12, 14, 15 y 16 dejaron en la Luna sismómetros que tomaron datos entre 1969 y 1977. Se tienen registrados 12, 558 sismos en los 7 años de operación de la red sísmica lunar.

# 61

Yvonne Marie Georgelin Jonkheere (1940) es hija de un astrónomo aficionado, en su trabajo doctoral descubrió la estructura espiral de la Vía Láctea.



# 63

Esta red de subhabilidades permite ofrecer reportes más sensibles al personal docente para monitorear el desempeño ya que dos estudiantes con una misma calificación no necesariamente tienen las mismas habilidades.

## GEOLOGÍA PARA ENAMORARSE: NUESTRA FASCINANTE LUNA

# 5

5.1 LA LUNA	48
5.2 TECTONISMO	49
5.3 VULCANISMO	53
5.4 CRATERISMO DE IMPACTO	54

## MODELO DE INVESTIGACIÓN, DOCENCIA E INGENIERÍA

# 6

## ZOOMBERS: APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE VIDEOJUEGOS.

# 7

7.1 INTRODUCCIÓN	64
7.2 MODELO DEL ESTUDIANTE	65
7.3 MODELO DE EVIDENCIA	65
7.4 MODELO DE LA TAREA	66
7.5 REDES BAYESIANAS	66
7.6 IMPLEMENTACIÓN	66
7.7 CONCLUSIONES	68

## 8 LAS GALAXIAS Y LAS ASTRÓNOMAS.

- 8.1 ¿DENTRO O FUERA DE NUESTRA GALAXIA?: LA VISIÓN MASCULINIZANTE DEL GRAN DEBATE ASTRONÓMICO 70
- 8.2 HENRIETTA LEAVITT Y LA MEDIDA DE DISTANCIAS A ESTRELLAS Y GALAXIAS 70
- 8.3 LAS GALAXIAS Y SUS PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES 74  
Clasificación morfológica 74
- 8.4 NUESTRA GALAXIA: LA VÍA LÁCTEA 76  
Caroline Herschel y un modelo de nuestra Galaxia 76  
Ivonne Georgelin y los brazos espirales de la Vía Láctea 77  
El centro de nuestra Galaxia 79  
Andrea Ghez y el Agujero Negro en el Centro de la Vía Láctea 82  
Más sobre Andrea Ghez 84
- 8.5 LA ROTACIÓN DE LOS DISCOS DE LAS GALAXIAS ESPIRALES Y LA MATERIA OSCURA 84  
Vera Rubin y las curvas de rotación de las galaxias 85  
Vera Cooper Rubin la observadora astronómica 87
- CONCLUSIONES 87

## 9 SOBRE EL AVANCE DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS ÁREAS STEM: CONTRIBUCIONES DEL GRUPO MUJER Y CIENCIA DE LA UNAM.

- 9.1 INTRODUCCIÓN 92
- 9.2 RESULTADOS 93

### 79

Yvonne Marie Georgelin Jonkheere (1940) es hija de un astrónomo aficionado, en su trabajo doctoral descubrió la estructura espiral de la Vía Láctea.



### 84

Andrea Ghez (1965) se interesó en la astronomía cuando buscó su sueño de ser astronauta, impactada por el prometedor programa espacial estadounidense Apolo.

### 86

El descubrimiento de Vera Rubin implicaba que las leyes de la Física conocidas hasta ahora, se modifican a las aceleraciones involucradas en las galaxias.



### 96

Imágenes del Congreso internacional el Despertar de la Vocación Científica en las Niñas (DVCN), 2018. Instituto de Astronomía e Instituto de Matemáticas, UNAM.

## 1

# DOS EJEMPLOS DE MOTIVACIÓN PARA LAS CIENCIAS: PARIS PIŞMIŞ Y MIS PROPIAS VIVENCIAS



Fragmento de *Uranie, Muse de l'Astronomie* por Jean Raoux (1730).  
Fuente: Imagen de Dominio Público

**MARGARITA ROSADO**

INSTITUTO DE ASTRONOMÍA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

*¿Cómo se despierta el  
interés por la ciencia en  
una persona?*

*¿Sucede esto en la niñez  
o en etapas más  
tardías?*

En este trabajo relataré desde el plano anecdótico los momentos de decisión para elegir el camino de las ciencias de dos jóvenes mujeres y lo afortunadas que fueron al tomar esa decisión. Se trata de Paris Pişmiş, la primer astrónomo profesional del México moderno y un recuento de mi propia experiencia en una de las decisiones más importantes de mi vida.

## 1.1 PARIS PIŞMIŞ

### La Vida de Paris Pişmiş

*“De muy lejos, del Oriente, recibimos una luz que ha iluminado e inspirado, desde hace 50 años, el trabajo y la vida de muchos astrónomos mexicanos, especialmente de los investigadores de la UNAM” (Palabras del Dr. José Sarukhan, Rector de la UNAM, en el homenaje a Paris Pişmiş el 19 de enero de 1993 por sus 50 años como investigadora).*

La Dra. Paris Pişmiş es el primer astrónomo profesional del México moderno, donde considero astrónomo profesional a la persona que trabaja en Astronomía y que además cuenta con un grado de doctorado en ciencias por lo que es capaz de transmitir esa educación formal.

Paris María Pişmiş Acem nació el 30 de enero de 1911 y falleció el 1° de agosto de 1999, en plena huelga universitaria, conflicto que le impactó mucho. De origen armenio, su nombre original es

Mari Sukiasyan, Paris nació y creció en Estambul, Turquía. La joven provenía de una familia acomodada; el apellido Pişmiş le fue dado a su tatarabuelo por un sultán del imperio otomano del que fue funcionario. En turco significa persona bien hecha, pues siempre le resolvía los problemas al sultán (Pişmiş, 1998).

Desde temprana edad, Paris destacó en la escuela. Asistió a instituciones que eran exclusivamente de mujeres, desde su educación primaria y posteriormente en sus estudios de secundaria y preparatoria que los realizó en la American Academy for Girls en Estambul. En esta escuela obtuvo sus diplomas con los más altos promedios. Le gustaba resolver problemas de matemáticas pues los consideraba un reto. Se interesó por la Geometría Euclidiana y el Álgebra, al tiempo que realizó sus estudios universitarios de licenciatura en las áreas de Matemáticas y Astronomía Clásica (1930-1933) en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Estambul. La Figura 1.1 muestra dos fotografías de Paris Pişmiş de niña y de joven.



Figura 1.1

Izquierda: Paris Pişmiş a la edad de 5 años en Estambul. Derecha: Paris de joven.

Habiendo vivido bajo el régimen del Imperio Otomano en Turquía, es sorprendente que una muchacha pudiera entrar a la universidad. Aunque Paris no abunda mucho sobre esto, su familia (armenia, de religión cristiana) estaba sumergida en una mayoría musulmana. En su autobiografía (Pişmiş, 1998) ella sólo relata que para que sus padres la dejaran entrar a la universidad, ella lloraba durante una hora todos los días, hasta que la dejaron. La reserva de su padre era debida a que la universidad era mixta y no sólo de mujeres como sus anteriores escuelas.

Su doctorado en Astronomía lo obtuvo en 1937, por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Estambul, donde fue la primera mujer en obtener el doctorado. Sus maestros fueron insignes astrónomos alemanes que ya entonces huían del régimen nazi como Edwin Finley Freundlich, colaborador de Einstein y quien había sido director del Observatorio de Postdam.

Edwin Finley Freundlich la recomendó con el astrónomo estadounidense Harlow Shapley para que continuara realizando sus investigaciones en el Observatorio de Harvard en Estados Unidos. Estando allí estalló la Segunda Guerra Mundial, por lo que tuvo que prolongar su estancia hasta 1941.

### La llegada de Paris a México

En el año de 1942 Paris Pişmiş llegó por primera vez a México. Asiste a un congreso que fue un parteaguas para los inicios de la ciencia moderna en México, tanto por ser conmemorativo de la inauguración y puesta en operación del telescopio Cámara Schmidt del Observatorio de Tonantzintla, como por el hecho de que la creación de un incipiente grupo de Astronomía en dicho observatorio, desencadenó la creación de los institutos de Física, Matemáticas y Geofísica en la UNAM.

A este gran acontecimiento para la ciencia moderna mexicana asistieron astrónomos de renombre: Harlow Shapley, director del Observatorio de Harvard, Joseph Algernon Pearce, director del Dominion Astrophysical Observatory de Canada, Otto Struve, director del Observatorio de Yerkes, Henri Norris Russell, director del Observatorio de la Universidad de Princeton, Walter Sydney Adams, a cargo del Observatorio de Mount Wilson, y varios astrónomos de Harvard como, Bart Bok, Donald Menzel, Fred Lawrence Whipple, Joel Stebbins, Cecilia Payne-Gaposchkin, el ilustre matemático George David Birkhoff, el científico mexicano Manuel Sandoval Vallarta, quien en ese tiempo se encontraba laborando en el Instituto Tecnológico de Massachussets, entre los más destacados y, por supuesto, Paris Pişmiş. Participaron en este acto el Presidente Manuel Ávila Camacho y el gobernador de Puebla, Gonzalo Bautista Castillo acompañando, a Luis Enrique Erro y a los doctores Carlos Graef, Jaime Lifchitz, Martínez (Paris sólo da su apellido en su autobiografía) y Alfredo Baños.

La Cámara Schmidt de Tonantzintla fue el telescopio más grande de su tipo en toda América durante un cierto tiempo (su diámetro es de 77.3 cm) y fue, gracias a las buenas relaciones de Luis Enrique Erro con el director del Observatorio de Harvard, Harlow Shapley, que dicho telescopio pudo adquirirse con la ayuda de los astrónomos de Harvard.

Fue así como para 1942, México contaba con un telescopio de primera clase, un director del observatorio entusiasta y comprometido, un fuerte apoyo económico y político y un incipiente grupo de Astronomía donde destacaba la presencia de Paris Pişmiş, en ese evento contratada como astrónomo de ese observatorio. Paris tenía una buena razón para quedarse en México: en Harvard había conocido a un estudiante mexicano que hacía su doctorado en Matemáticas, Félix Recillas, y se había casado con él en 1941. La Figura 1.2 nos muestra a Paris con colegas en el Observatorio de Tonantzintla, Puebla.

### Hipatia de Alejandría

Matemática, Astrónoma y Filósofa Griega (370 a.C. – 415 a.C)

*“Reserva tu derecho a pensar, incluso pensar erróneamente es mejor que no pensar en absoluto”.*





**Figura 1.2**

Arriba: Paris Pişmiş, Félix Recillas y otros colegas en el Observatorio de Tonantzintla, Puebla.  
Abajo: Felix Recillas, Paris Pişmiş, Bart Bok y Guillermo Haro en Tonantzintla, años después.





*En México se estaba dando una transformación en la Astronomía. El Observatorio Astronómico Nacional (OAN), dirigido por Joaquín Gallo y con sede en Tacubaya, fundado desde 1877, primero como Observatorio Meteorológico y Astronómico, en Palacio Nacional y posteriormente (en 1878) como Observatorio Astronómico Nacional (CONAGUA-SEMARNAT, 2005) representaba, según el grupo de Erro, la Astronomía "vieja". La nueva Astronomía sería la Astrofísica, que impulsaría el nuevo Observatorio Astrofísico Nacional con sede en Tonantzintla. Esta dicotomía sería dirimida años más tarde cuando ambos observatorios fueron dirigidos por una misma persona: Guillermo Haro.*

## Paris Pişmiş y su investigación astronómica

Entre los temas de investigación a los cuales dedicó su vida destacan los siguientes:

- Descubrió 20 cúmulos estelares abiertos y 3 globulares que llevan su nombre. En uno de ellos, Pis24, se han encontrado las estrellas más masivas de la Galaxia.
- Encontró evidencias de que la eyección de las estrellas no es isotrópica sino bipolar.
- Elaboró una teoría para explicar el origen y desarrollo de la estructura espiral de las galaxias.
- Explicó las ondulaciones de las curvas de rotación de las galaxias como debidas a los brazos espirales.
- Estudió las galaxias medianamente activas.
- Introdujo en México la técnica de Interferometría de Fabry-Perot en la cual México es líder hasta nuestros días.
- Midió los movimientos internos de nebulosas galácticas mediante la técnica de Interferometría de Fabry-Perot, con etalones de separación fija.

## Las clases de Paris

Una vez instalada en Tonantzintla, Paris Pişmiş comenzó a investigar y a dar clases. Obtuvo la Beca Guggenheim durante dos años para realizar estancias en Princeton y Yerkes, en los Estados Unidos. Es interesante mencionar que al momento de realizar estas estancias en Estados Unidos ya tenía dos hijos: Elsa y Sevín. En su biografía no queda muy claro con quién los dejó, ni si su estancia era continua o iba y venía.

El hecho es que a su regreso tuvo desavenencias con Erro, por lo que se incorporó al Observatorio Astronómico Nacional en Tacubaya, dirigido por Joaquín Gallo. Ya para esta época, el Observatorio de Tacubaya formaba parte de la UNAM (el OAN se incorporó a la UNAM mediante un decreto presidencial publicado el 11 de julio de 1929) y, por lo tanto, había contacto con los estudiantes de Física y Matemáticas de la Facultad de Ciencias.

Tuvo entre sus primeros estudiantes a Arcadio Poveda, Eugenio Mendoza y Enrique Chavira que, con el tiempo, serían reconocidos científicos en el campo de la Astronomía. Paris Pişmiş destacó por sus virtudes como mentora y maestra; otros de sus estudiantes destacados, hoy físicos reconocidos y respetables maestros, son Agustín Prieto, Manuel Peimbert, Fernando Alba, Silvia Torres, Elsa Recillas (su hija), Alejandro Ruelas, Marco Moreno, Laura Colombón, Margarita Rosado, Déborah Dultzin, Alfonso Serrano, entre muchos otros, quienes a su vez han formado generaciones de astrónomos mexicanos. Se puede afirmar que casi todos los astrónomos mexicanos somos hijos, nietos o descendientes académicos de Paris Pişmiş.

Aparte de dar sus clases y asesorías a estudiantes, a la Dra. Pişmiş se le debe el que el estudio formal de la Astronomía formara parte del plan de estudios de la licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM (desde 1955). Asimismo, fue la principal y primera promotora del posgrado en Astrofísica de la UNAM.



Figura 1.3

Paris Pişmiş y las astrónomas mexicanas en 1996. De pie, de izquierda a derecha y de atrás para adelante: Antígona Segura, Mayra Osorio, Paola D'Alessio, Yolanda Gómez, Susana Lizano, Matilde Fernández, Silvia Torres, Déborah Dultzin, Paris Pişmiş, Beatriz Sánchez, Miriam Peña, Gloria Koenisberger, Margarita Rosado, Rosario Peniche, Eija Laurikainen, Susana Biro. Sentadas o en cuclillas, de izquierda a derecha: Rosalía Langarica, Ma. Eugenia Contreras, Mayra Lebrón, Gabriela Piccinelli, Anabel Arrieta, Erika Benítez, Lorena Arias, Erika Sohn, YYY, Guadalupe N.

En un entorno de físicos con estudios formales sólidos tales como Manuel Sandoval Vallarta y Nabor Carrillo Flores (quienes ostentaban sendos doctorados en Física por Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachussets, respectivamente), la Dra. Pişmiş vino a formalizar y a profesionalizar el quehacer astronómico mexicano gracias a su grado académico -y a su inagotable empeño- que permitieron que la Astronomía se enseñara en las universidades y se obtuvieran grados y no como ayudantías en un observatorio. Esto hizo que la Dra. Pişmiş formara a varias generaciones de apasionados astrónomos mexicanos, empezando por las primeras generaciones.

Es difícil afirmar que la presencia de la Dra. Pişmiş aumentó la proporción de astrónomas trabajando en institutos de investigación respecto al total de astrónomos (hombres y mujeres) mexicanos porque

esa proporción, ahora de un cuarto, se encuentra en otros países latinos (a diferencia de los países anglosajones donde la proporción de astrónomas es mucho más baja). Sin embargo, es claro que su condición femenina atrajo a muchas jóvenes mexicanas, estudiantes ya de Física, a dedicarse a la Astronomía. Cabe aclarar que la Dra. Pişmiş nunca fue feminista, ni tampoco impulsó acciones positivas hacia la igualdad de las mujeres; sin embargo, considero que su mero ejemplo nos sirvió de inspiración a muchas mujeres ya involucradas en las ciencias exactas a escoger la Astronomía como su especialidad. Es posible que por eso la proporción de astrónomas sea mayor que la de las físicas y matemáticas mexicanas. Además, las astrónomas mexicanas han tenido más puestos de dirección que las físicas o las matemáticas. La Fig. 1.3 muestra a Paris Pişmiş con las astrónomas mexicanas de 1996.

En conclusión, Paris Pişmiş fue una astrónoma importantísima del siglo XX para el desarrollo de la ciencia en México. Sus actividades fueron de muy diversa índole: investigación en Astronomía, fundamentalmente de tipo observacional, edición de revistas astronómicas, participación en cuerpos colegiados, apoyo a la Instrumentación Astronómica y finalmente, su gran labor docente. Es sobre todo esta última actividad, la labor de formación de astrónomos por lo que a Paris Pişmiş se le reserva un lugar muy especial en la historia de la Astronomía mexicana.

## 1.2 MARGARITA ROSADO

### Mis primeros años

Provengo de familias yucatecas de profesionistas liberales y comerciantes bastante renombrados, tanto del lado paterno como materno. Mi padre fue abogado y, cuando nació (Mérida, Yucatán, 27 de noviembre de 1950) nos trasladamos al estado de Puebla, pues él ejercía como juez civil en varios poblados de dicho estado. Mi madre, por el contrario, no realizó estudios formales, sino lo que se acostumbraba para las señoritas de clase media/alta; es así como no teniendo la primaria era una estupenda pianista y una excelente cocinera.

Mi infancia fue feliz y muy satisfactoria. Sólo tengo un hermano que es un año más chico que yo. En mi familia no hubo discriminación con respecto al sexo y mis padres siempre alentaron mi curiosidad y deseos de aprender. De hecho, mi padre me retaba con enigmas o noticias insólitas que me sorprendían y me empujaban a buscar si eran ciertas o no.

Gracias a que tenía un hermano varón pude disfrutar de juguetes mucho más interesantes que los que usualmente regalaban a las niñas en esa época (juegos de té y muñecas) y poder usar los trompos y mecanos que me prestaba mi hermano.

Me sentía atraída por la escuela, pues veía pasar a los niños enfrente de mi casa, así que le pedía a mi mamá que me llevara aun cuando no tenía edad para ir. Inicé en un kínder mixto en Teziutlán, Puebla, donde aprendí a leer. Más tarde nos trasladamos a la ciudad de Puebla, donde mis padres me inscribieron en una escuela de monjas únicamente para niñas. Durante la primaria me encantaba la Historia de México y les relataba a mis compañeras historias sobre los toltecas, acolhuas, texcocanos y aztecas que leía en mi libro de texto y que la maestra (que era una religiosa) me permitía hacer.



Figura 1.4

Margarita Rosado en su primer aniversario en Tehuacán, Puebla.

Cuando tenía 9 años falleció mi padre a una edad temprana (41 años) y ese suceso cambió mi vida, y me retrajo durante bastante tiempo. Mi madre no pudo pagar la escuela privada a la que asistía y me inscribió, para fortuna mía, en una escuela pública,

mixta, del más alto nivel y disciplina, llamada Centro Escolar Niños Héroes de Chapultepec (CENHCH), en la ciudad de Puebla. Ahí cursé los últimos años de primaria, la secundaria y la preparatoria. Me gradué con las más altas calificaciones en la secundaria y preparatoria.

### El despertar de mi vocación científica

Me empezó a atraer la Astronomía cuando, buscando entre los libros de mi papá, encontré un libro de Astronomía que se había ganado como premio mi abuelo paterno, Severino Rosado. Mi abuelo había sido primer lugar en un concurso de Matemáticas y este libro de Astronomía que ganó no reportaba como planeta a Plutón, hecho que me sorprendió. Me hizo ver que la Astronomía no era un conjunto de conocimientos acabado, sino en pleno desarrollo y que siempre se podía aportar más.

Cuando cursé mis estudios secundarios tuve dos inesperadas, pero importantes, nuevas conocidas: el Álgebra y la Física. Además de la pintura al óleo a la que por poco me dedico. La preparatoria en el

CENHCH reafirmó mi vocación científica con sus maestros y sus laboratorios tan bien equipados y donde yo podía pasar largas horas haciendo experimentos.

Sin embargo, en la elección de la carrera que cursaría tuve muchas dudas. Mi madre empujaba para que estudiara Medicina y yo dudaba en meterme a estudiar Física. Me encantaba, pero no sabía a qué se dedicaban los físicos profesionalmente, pues mi familia era de profesionistas liberales como son abogados y médicos. Aun así me decidí finalmente por estudiar Física y cuando entré a mi primera clase de Mecánica dada por el ingeniero y astrónomo Luis Rivera Terrazas me di cuenta de que había elegido aquello que realmente



Figura 1.5

Izquierda: Margarita Rosado a los cuatro años junto con su papá, Pedro H. Rosado y su hermano Mario Alberto. Derecha: Margarita en su época de estudiante en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

me apasionaba. Comencé mis estudios profesionales en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, pero mi familia se mudó a la Ciudad de México, así que revalidé un año y cursé la mayor parte de mis estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Obtuve mi grado de “Físico” (en ese tiempo todavía no había la posibilidad de que se feminizara la profesión para el caso de las mujeres) con Mención Honorífica.

Al realizar mi tesis de licenciatura me acerqué al Instituto de Astronomía de la UNAM (IA) pues durante mi carrera me di cuenta de qué era lo que hacía un científico: *investigar*. Pensé que ese proceso era un poco artesanal y que requería aprenderse con alguien que supiera investigar. Yo admiraba a dos investigadores que, además, se dedicaban a disciplinas que me encantaban: Daniel Malacara y la Óptica, y Paris Pişmiş y la Astronomía. Mi director de tesis fue Mario Martínez, de quien aprendí mucho (mi tesis fue sobre un interferómetro de Michelson-Fourier de uso astronómico) y además fui ayudante de Paris Pişmiş, la “Doc” como yo la llamaba. Ahí empecé con mis primeras observaciones astronómicas profesionales. Tengo muchas anécdotas sobre mi trabajo con la Doc que por razones de espacio no puedo relatar aquí. Lo que sí puedo decir es que antes de partir a Francia para realizar mi posgrado yo ya contaba con la escuela mexicana de observación, aprendida de Paris y de Eugenio Mendoza.

Paralelamente a mi trabajo de ayudante de investigador (todo esto en el último año de la carrera de Física) comencé a dar clases de Física, Química y Matemáticas en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) del cual soy fundadora. También me desempeñé como ayudante de profesor

de las clases de Funciones Especiales y Transformadas Integrales, Álgebra, y de Óptica, en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Después de la investigación científica que estaba aprendiendo, mi segunda gran pasión, la enseñanza, comenzaba a desarrollarse y cristalizarse luego de los largos años que pasaron desde esos relatos de Historia de México que daba en primaria a mis compañeras.

En Paris, Francia, continué con mi posgrado. Fueron años maravillosos los que viví en esa hermosa ciudad. Mi formación de Física se consolidó tanto en la teoría, con el grupo de Física de Plasmas de la École Polytechnique de Palaiseau, Francia, como en la parte observacional. Realizando mis grados en la Universidad de Paris, tuve la oportunidad de establecer una colaboración desde el inicio de mis estudios con varios investigadores del Observatorio de Marsella. Fue así que Guy Monnet me dirigió la tesis de mi Doctorado de Estado en Ciencias. Y a partir de mis estancias en el Observatorio de Marsella colaboré con Georges Courtès, el padre de la interferometría de Fabry-Perot, Yvonne e Yvon Georgelin, Annie Laval, Michel Marcelin, Brand Tully y otros astrónomos más de dicho observatorio con algunos de los cuales mantengo colaboraciones científicas e instrumentistas. En las muchas temporadas de observación compartidas con ellos tanto en Francia como en Chile, aprendí la escuela marsellesa de observación. Esto es relevante pues corresponde a ese trabajo de artesano que hay que aprender. Tanto la escuela mexicana como la escuela marsellesa de observación astronómica implican una fuerte disciplina para observar aprovechando cada minuto de la noche. También una serie de pruebas y controles instrumentistas que hace que los resultados de las observaciones sean realmente cuidadosos, confiables y publicables.

## Wang Zhenyi

Astrónoma, Poeta y Matemática (1768-1797)

*“Se hace creer que las mujeres son iguales que los hombres; ¿no estás convencido de que las hijas también pueden ser heroicas?”--“Cuando se habla sobre el aprendizaje y las ciencias, la gente no piensa en las mujeres”--“Las mujeres no sólo deberían cocinar y coser, y no se las debería de molestar por escribir artículos para publicarlos, estudiar historia, componer poemas o hacer caligrafía” --“Son personas, que tienen la misma razón para estudiar”.*



## Aportación a la Astronomía y a México

*"Me apasiona estudiar los movimientos (a eso se llama cinemática) de nebulosas con movimientos violentos como los remanentes de supernova y de galaxias, sobre todo de aquellas que están chocando con otras galaxias."*

Pero resulta que no me conformo con usar los instrumentos diseñados por otros, sino que parte de mi investigación es diseñar los instrumentos idóneos para obtener los datos que requiero. Es así como, además de astrónoma soy instrumentista (como muchos de mis colegas marseleses, pues parte de la escuela marselesa consiste en generar sus propios instrumentos; ver Rosado et al., 1995, 1998 y 2008, sobre los diferentes instrumentos que he desarrollado). Ser mujer instrumentista no es fácil, pues hay la tendencia a pensar que son los colaboradores hombres quienes tienen el mérito en los instrumentos que desarrollas, a pesar de que seas una especialista reconocida en ese tipo de instrumentos (ver Figuras 1.6 y 1.7 donde estoy con el equipo de instrumentistas que dirijo en el desarrollo del instrumento NEFER).

No me concreto a publicar los datos que observo sino que los interpreto e incluso los confronto con modelos teóricos y simulaciones numéricas de diferentes tipos.

Como los movimientos violentos que estudio calientan el gas de las nebulosas, pronto me di cuenta de que serían fuentes de rayos X. Es así que solicité tiempo en uno de los primeros telescopios de rayos X en un satélite y de ese trabajo pionero sigo estudiando también la emisión en rayos X de las nebulosas con movimientos violentos.

*"Me gusta trabajar en equipo, con mis colaboradores marseleses, mis estudiantes o mis colaboradores teóricos, pero también sola."*



**Figura 1.6**

Instrumentistas parte del equipo NEFER, interferómetro de Fabry-Perot para el Gran Telescopio de Canarias (GTC), durante la primera luz del instrumento en diciembre de 2017. Sentados: Margarita Rosado (Responsable del Proyecto, UNAM) y John Beckman (IAC). De pie: Benoit Épinat (Marsella), Gabriel Gómez (GTC), Abel Bernal (UNAM), Manuela Abril (GTC), Philippe Amram (Marsella), Joan Font (GTC) y Luis A. Martínez (UNAM).



**Figura 1.7**

Margarita Rosado en el cuarto de observación del Gran Telescopio de Canarias mostrando los datos de la primera luz del instrumento NEFER.

## Mis clases y mis estudiantes

A mi regreso de Francia, donde obtuve el equivalente a la Maestría (Diploma de Estudios Profundos), el Doctorado de Tercer Ciclo en Astrofísica y el Doctorado de Estado en Ciencias, inicié a trabajar en el Instituto de Astronomía de la UNAM como investigadora. Paralelamente, comencé a dar clases en la Facultad de Ciencias tanto en la licenciatura como en los posgrados de Física y Astrofísica.

Algunos de mis colegas consideran una carga adicional dar cursos. Para mí es un placer y es un complemento a mis investigaciones, razón por la que en todos los semestres doy uno o más cursos. Actualmente, he estado impartiendo los cursos de Astronomía Observacional en la licenciatura, y Rotación de Galaxias en el posgrado, con la idea de atraer a los jóvenes hacia la Astronomía, en general,

y hacia mis propias investigaciones, en particular. Varias generaciones de alumnos se han acercado a mí para que les dirija sus tesis y me han apoyado con su trabajo que se ha convertido en tesis originales de licenciatura, maestría y doctorado. Mis estudiantes trabajan ahora repartidos en todo el país (CDMX, Hidalgo, Jalisco, Zacatecas, Estado de México, Coahuila, Yucatán, Puebla) e incluso en Francia. Creo ser de los astrónomos mexicanos que más tesis ha dirigido.

*"Creo también haber inspirado, con mi ejemplo, a varias mujeres mexicanas a dedicarse a la ciencia, lo cual me da mucho gusto."*

## Conclusiones

A manera de conclusión podríamos analizar los puntos comunes en las trayectorias de estas dos científicas y destacar sus principales logros.

Los puntos en común son: motivación familiar, interés amplio en la infancia hacia las ciencias y artes, gusto por la Astronomía y las Matemáticas en la juventud, desarrollo de gran disciplina en sus estudios, circunstancias favorables en el curso de sus carreras y el tener voluntad y osadía para desafiar patrones preestablecidos.

Sus grandes logros han sido servir de ejemplo e inspiración a nuevas generaciones de mujeres mexicanas a dedicar su vida a la ciencia y su gran labor de formadoras de nuevos científicos.

### • Agradecimientos

La autora agradece el apoyo económico de CONACyT (ahora CONAHCyT) mediante el proyecto C-258/2018 y el proyecto CF-86367, a los Institutos de Astronomía y de Matemáticas y la Facultad de Medicina de la UNAM.

### • Referencias

Pişmiş, P., (1986). El amanecer de la astrofísica en México. Historia de la Astronomía en Mexico, varios autores (MA Moreno compilador) colección la Ciencia desde México FCE.

Pişmiş, P., & Cruz-Gonzalez, G. (1998). Reminiscences in the Life of Paris Pişmiş: A Woman Astronomer. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Astronomía.

Rosado, M., Langarica, R., Bernal, A., Cobos, F., Garfias, F., Gutierrez, L., ... & Le Coarer, E. (1995, December). The UNAM Scanning Fabry-Perot Interferometer (puma) for the Study of the Interstellar Medium. In Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series (Vol. 3, p. 263).

Rosado, M., Cruz-Gonzales, I., Salas, L., Bernal, A., Duenas, F. J. C., Garfias, F., ... & Valdez, J. (1998, August). PUMILA: a near-infrared spectrograph for the kinematic study of the interstellar medium. In Infrared Astronomical Instrumentation (Vol. 3354, pp. 1111-1117). SPIE.

Rosado, M., Bernal, A., Cepa, J., Martínez, L. A., & Iriarte, A. (2008, July). NEFER: a high resolution scanning Fabry-Perot spectrograph. In Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy II (Vol. 7014, pp. 1948-1955). SPIE.

*"El Universo es un inmenso laboratorio que espera que lo descubras y encuentres sus secretos".*

**DRA. MARGARITA ROSADO**

Investigadora Nacional Emérita; Instituto de Astronomía - UNAM  
margarit@astro.unam.mx



## 2

## MUJERES Y CIENCIA: UNA LARGA HISTORIA

ISAURA L. FUENTES-CARRERA

ESCUELA SUPERIOR DE FÍSICA Y  
MATEMÁTICAS, INSTITUTO  
POLITÉCNICO NACIONAL

El presente texto intenta resumir la plática que se dio en el Congreso Internacional “*El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas*” con el fin de poner luz en las aventuras, desventuras y sobre todo, en los logros de varias científicas a lo largo de la Historia. Esta dista de ser una revisión exhaustiva del tema, ya que cada vez sabemos más de mujeres que se desempeñaron en labores intelectuales, científicas y académicas que se llegaron a considerar exclusivas de hombres.

*Este es sólo un recuento de mujeres interesantes dedicadas a distintas disciplinas como la Astronomía, la Física, la Química, la Biología, la Medicina, las Matemáticas y la Ingeniería, con el fin de que niñas y jóvenes se den cuenta de que existe una Historia (con mayúscula) en la que ellas mismas pueden participar si la Ciencia es lo que les gusta, y Ciencia es lo que quieren hacer.*



Montaje fotográfico por las editoras realizado sobre la obra “Meditando” @tatearte (Tatiana Sánchez Coronado).

## 2.1 MUNDO ANTIGUO

La participación de la mujer en la actividad científica se remonta al inicio de la Historia, entiendo como tal el momento en que apareció la escritura.

Hace más de cuatro mil años en el ahora atribulado y vapuleado Oriente Medio, vivió una sacerdotisa, política, poeta, escritora y astrónoma, a quien se reconoce además como la primera persona en escribir un texto cuya autoría es reconocida como tal (Mark, 2014). Ella fue En'Heduanna, el nombre de esta excelsa mujer se traduce como Heduanna siendo el prefijo "En" atribuido a grandes personalidades religiosas en la antigua Sumeria (Leick, 2002). En'Heduanna vivió en el siglo XXIII a.C en la Ciudad-Estado de Ur, y entre muchos de sus textos destaca el siguiente poema donde describe su trabajo:

*“La mujer verdadera que posee  
sabiduría en exceso  
Consulta la tableta de lapíslásulí  
Da su consejo a todas las tierras...  
Mide los cielos,  
Colocando los cordeles de medición en la  
Tierra”.*  
(Schmetz 2013)



**Figura 2.1**

Tableta mesopotámica donde se hace referencia a Tapputi-Belatekallim como perfumista. 1200 a.C.  
(Imagen: Girl Museum via Wikimedia Commons).

Continuando en Medio Oriente, el primer registro de experimentos químicos realizados por una mujer fue en el siglo XII a.C. en Babilonia. Estos fueron realizados por Tapputi-Belatekallim. Esta mujer se dedicaba a la fabricación de perfumes y es considerada como la primera química de la Historia (Kass-Simon et al., 1999). Sus trabajos quedaron registrados en tablillas de arcilla y en ellos se hace referencia por vez primera al uso del alambique (Macho Stadler, 2018).

Más adelante, en el siglo VI a.C., existió en Magna Grecia, la matemática, filósofa y médica, Téano de Crotona, quien fuera integrante de la escuela pitagórica. Algunas fuentes se refieren a ella como esposa de Pitágoras, aunque otras la nombran como su discípula, y otras como dos personas distintas con el mismo nombre (Waithe, 1987; Plant, 2004; Deakin, 2013). Se dice además que utilizó sus conocimientos médicos para cuidar del filósofo y matemático en sus últimos años. Independientemente del papel que haya jugado en la vida de Pitágoras, Téano de Crotona jugó un papel importante por sí misma en la continuidad de la escuela que fundara Pitágoras, una vez muerto el filósofo (Salmerón Jiménez, 2010).

Algunos siglos más adelante, entre los siglos II y I a.C., vivió en Grecia Aglaonice de Thessalia, astrónoma prominente, conocida por su capacidad de predecir eclipses. Aunque esta "habilidad" no era más que el producto de sus conocimientos astronómicos y matemáticos, y de su gran capacidad de observación, se les llamó a ella y a sus discípulas, las "Brujas de Aglaonice". Este desafortunado mote perduró durante más de dos siglos. Actualmente un cráter en la Luna lleva su nombre (Howard, 2012).

Ya en nuestra era, en la ciudad de Alejandría al norte de África, vivió una alquimista conocida como María la Judía ó María la Profetisa. Su vida se sitúa entre los siglos I y III d.C. y fue también una reconocida perfumista que perfeccionó el alambique e ideó distintas maneras de trabajar y transformar materiales (French, 2003). Según algunas fuentes, el "baño María" tan utilizado en nuestra vida diaria, lleva ese nombre debido a que

fue María la Judía quien lo inventó (Johnson Lewis 2019). Se le suele llamar la primera alquimista de la Historia.<sup>1</sup>

También en Alejandría un par de siglos después (siglos IV y V d.C) vivió Hipatia, astrónoma, filósofa y matemática. Entre sus trabajos se encuentran la elaboración de una serie de Tablas Astronómicas, un tratado sobre las secciones cónicas y el perfeccionamiento del astrolabio (Bernardi, 2016). Fue líder de la escuela neoplatónica en Alejandría lo que le provocó problemas con personalidades de la incipiente iglesia católica quienes arengaron a una turba a atacarla y matarla a pedradas (Zielinski, 2010).

## 2.2 EDAD MEDIA

El Medievo suele ser considerado una época de oscurantismo, durante la cual el conocimiento o se perdió, o fue ignorado por completo. Las cosas distan de ser tan simples. Efectivamente durante estos siglos en Europa, el conocimiento se recluyó en abadía y monasterios y en las primeras Universidades, sin embargo, en otras partes del globo, la Ciencia y el conocimiento siguieron siendo cosa de todos los días tanto en Oriente Medio y Lejano, así como en Mesoamérica.

Por ejemplo, en el año 859 en la ciudad de Fez en Marruecos fue fundada la primera Universidad en el mundo que existe y funciona como tal hasta la fecha. Esta Universidad fue fundada por una mujer llamada Fátima al-Fihri quien utilizó la importante herencia que recibió de su padre para establecer la Universidad de Al Qarawiyyin, El establecimiento inició sus labores como mezquita, convirtiéndose más adelante en un lugar para impartir educación y otorgar distintos grados en las disciplinas de matemáticas, gramática y medicina (Chinaemerem Oti, 2017).

*La Edad Media tuvo contribuciones importantes en cuestiones de Ciencia, y las mujeres jugaron un papel vital en la misma.*

1. Aunque la diferencia entre Química y Alquimia es clara en nuestros días, en esta presentación se presenta a varias alquimistas como precursoras de la Química Moderna, ya que muchas de sus aportaciones han trascendido la actual división entre ambas disciplinas.

Aún en Europa, la Edad Media tuvo contribuciones importantes en cuestiones de Ciencia, y las mujeres jugaron un papel en la misma. En Italia tenemos a Trota de Salerno quien vivió entre los siglos XI y XII. Esta mujer que inició su “formación” como partera, practicó y enseñó medicina, utilizando un método de diagnóstico individual que fue reconocido en la época. Aunque se le suele asociar como autora del libro de Medicina “Trotula Major”, la mayoría de los historiadores opina que este libro de tres tomos sumamente importante en el Medievo se compuso de distintas aportaciones en el transcurso de tres siglos y que probablemente, una de las contribuciones fue de Trota de Salerno (Green, 1996, 2001, 2018). Sea cual sea la realidad, la contribución de esta mujer a la medicina y sobre todo al estudio, conocimiento y registro del cuerpo de la mujer es incuestionable, en particular en la obra “Passionibus Mulierum Curandorum” (Las enfermedades de la Mujer) (Benton, 1985).

Durante esta época (siglo XII) vivió también Hildegarda von Bingen, una monja y luego abadesa que realizó una compilación importante en Teología, Filosofía, Medicina, Herbolaria, Música, Botánica y Zoología. Esto la convierte en una de las primeras personas en comunicar y divulgar la Ciencia de una manera rigurosa (Glaze, 1998), además de ser considerada la fundadora de la Historia Natural en el Sacro Imperio Romano Germánico, ahora Alemania (Jöckle, 2003).

## 2.3 RENACIMIENTO

*El Renacimiento es conocido por ser una época de plenitud en las artes, la política y la economía europeas. Aunque a la Ciencia le tomó un poco más de tiempo, esta no se quedó atrás en este período de efervescencia. Del siglo XIV al XVII, científicos como Francis Bacon, Galileo Galilei, René Descartes, e Isaac Newton, entre otros, hicieron descubrimientos que cambiaron al mundo. Sin embargo, no fueron los únicos ni trabajaron solos. Durante este período, las mujeres también participaron de este renacer, aunque apenas empiecen a reconocerse sus logros.*

Empezamos con la astrónoma, química y horticultora Sophia Brahe (1556-1643), quien tuvo una labor esencial en la elaboración del catálogo con la posición de más de mil estrellas y el registro preciso del movimiento de los planetas que llevó a Johannes Kepler a desarrollar las leyes del movimiento orbital de los planetas alrededor del Sol, y que conocemos ahora como “Leyes de Kepler” (Bernardi 2016). Sophia Brahe realizó este trabajo junto con su hermano Tycho Brahe quien es reconocido por esta labor astronómica; sin embargo, raras veces se menciona la contribución de su hermana, autodidacta y también dedicada a la horticultura, la química y la alquimia (Valero Ferrer, 2014).

Otra astrónoma de esta época fue Maria Cunitz (1610-1664) quien nació en la actual Polonia. Maria Cunitz es conocida por haber escrito una versión accesible de las Tablas Rudolfinas de Johannes Kepler. Estas últimas presentaban logaritmos complejos y aburridos que Maria Cunitz simplificó, consiguiendo que el trabajo de Kepler se volviera más accesible. Esta obra se llamó “Urania Propitia” y consistía en tres partes: una primera con tablas astronómicas, la segunda con estimaciones de movimientos promedio de planetas y lunas, y la tercera con tablas para el cálculo de fecha y localización de eclipses.

Maria Cunitz tuvo el reconocimiento de sus pares masculinos en vida, siendo la única mujer miembro de la República de Letras, un grupo de hombres ilustrados en humanidades y ciencias que intercambiaban ideas y compartían resultados sobre sus trabajos de manera epistolar. Maria Cunitz intercambió correspondencia con célebres astrónomos como Pierre Gassendi y Johannes Hevel.

En este siglo vivió también Elena Cornaro Piscopia (1646-1684), filósofa, matemática y teóloga, la primera mujer en el mundo en obtener un grado académico por parte de una universidad europea, la Universidad de Padua, en 1678 (Gregersen, 2018). Para obtener el grado de Doctora tuvo que explicar pasajes de los trabajos de Aristóteles y su defensa causó tal revuelo que el auditorio se llenó con las autoridades de la Universidad, los profesores, los estudiantes, varios Senadores de Venecia e invitados de las Universidades de Boloña, Perugia, Roma y Nápoles (Guernsey, 1999).



**Figura 2.2**

Arriba: Ilustración del manuscrito "Passionibus Mulierum Curandorum" (Las enfermedades de la Mujer) que se atribuye a Trota de Salerno (imagen tomada de medievalist.net <https://i1.wp.com/www.medievalists.net/wp-content/uploads/2014/12/trotula.jpg?w=785>).

Abajo: Ilustración con la imagen de Hildegarda von Bingen (imagen tomada de [https://www.hildegard.com/images/HVB\\_book\\_rev.png](https://www.hildegard.com/images/HVB_book_rev.png)).



Así como el Renacimiento presenció el trabajo de astrónomas, matemáticas y filósofas, también existieron mujeres dedicadas a la biología. Maria Sibylla Merian (1647-1717) empezó como ilustradora de plantas e insectos, los cuales gustaba recolectar desde pequeña. Poco a poco su fascinación por estos seres la llevó no sólo a dibujar fielmente lo que observaba, sino a registrar los ciclos de vida de los mismos (Merian, 1705). Al divorciarse se dedicó a viajar junto con su hija. Visitó Surinam y

África del Sur, además de dibujar la flora y fauna “exótica” de aquellos lugares, también se dedicó al estudio de los insectos de esas latitudes convirtiéndose en una verdadera entomóloga de campo (Swaby 2015). Su extraordinaria obra se preserva en el libro <<Metamorphosis: Insectorum Surinamensium>> (Merian, 1705). Maria Sybilla Merian ejemplifica el verdadero espíritu renacentista, combinando arte y ciencia para registrar de manera fidedigna una parte del mundo en que vivimos.

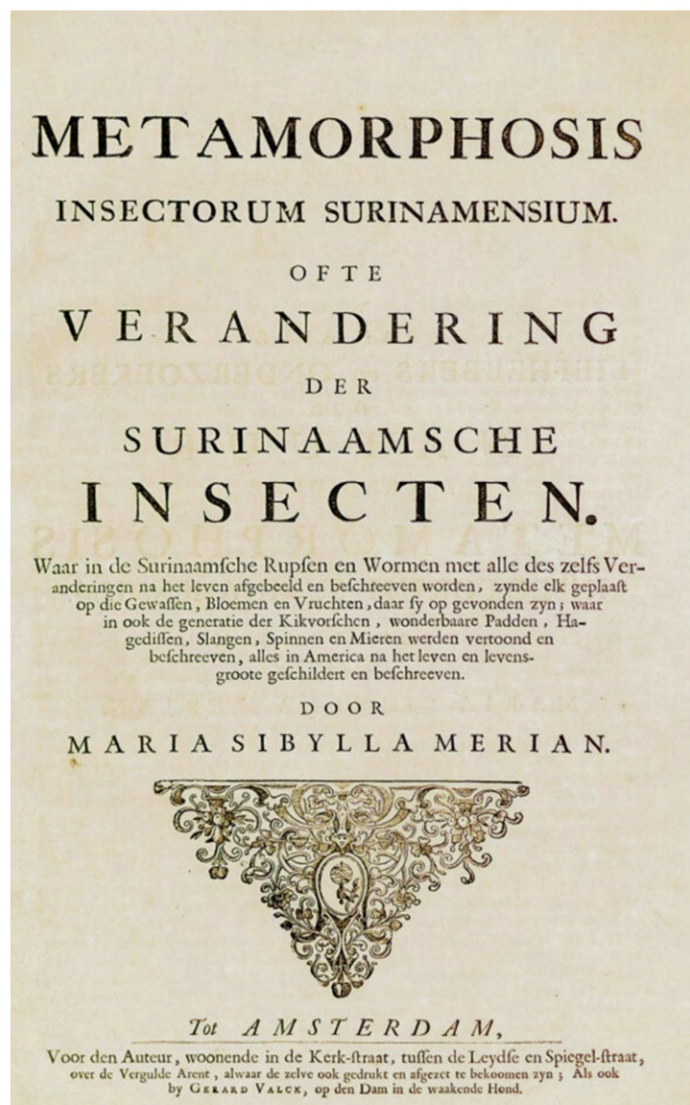
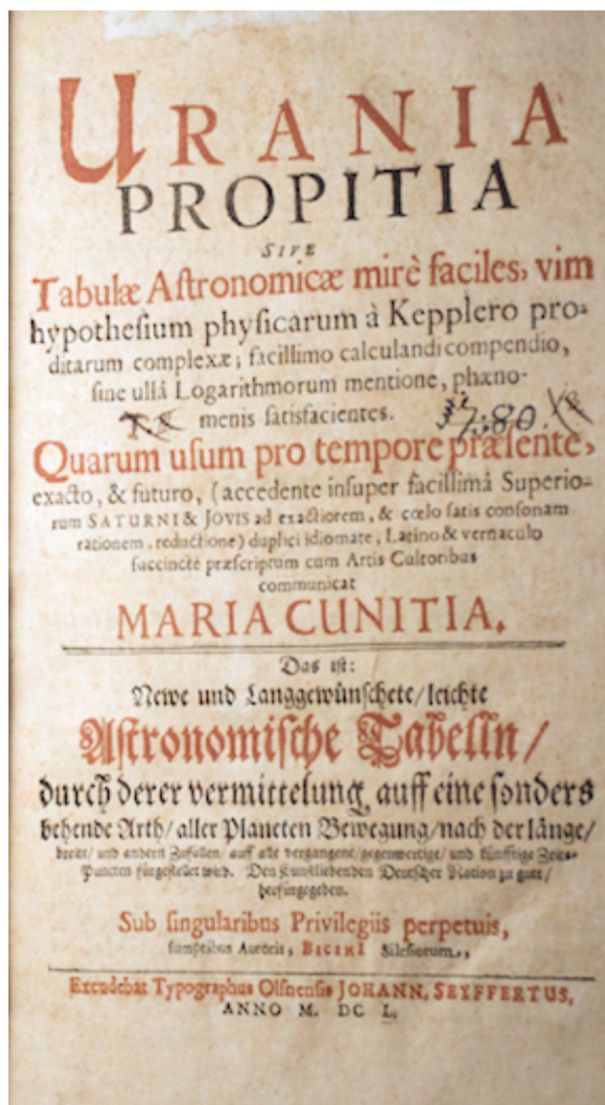


Figura 2.3

Izquierda: Portada del libro “Urania Propitia” escrito por Maria Cunitz en 1650 sobre tablas astronómicas, estimaciones de movimientos promedio de planetas y lunas, y tablas para el cálculo de fecha y localización de eclipses. (imagen: Milestones of Science Books). Derecha: Portada del libro “Metamorphosis insectorum Surinamensium” de la ilustradora y entomóloga Maria Sibylla Merian (Imagen: Lloyd Library & Museum).

En el campo de la Ingeniería también hubo mujeres cuya labor fue reconocida en este siglo. Martine Bertereau (1590-1643) fue mineróloga e ingeniera de minas. Trabajó para el rey Luis XIII de Francia buscando yacimientos minerales por Europa y examinando minas potenciales en Francia (Chermette, 1985). Su trabajo como mine-

róloga y sus exigencias por recibir pagos atrasados no fueron bien vistos, lo que suscitó que se le acusara junto con su esposo de brujería, razón por la cual pasó sus últimos días encerrada en la prisión de Vincennes junto con su hija (Salmerón Jiménez, 2016).



Figura 2.4

Izquierda: Portada de la Declaración del Descubrimiento de Minas por Martine de Mertereau (imagen: BnF). Derecha: Portada del libro "Instituzioni Analitiche" de Maria Gaetana Agnesi (Imagen: Mathematical Association of America).

## Sofia Kovalévskaya

Matemática y Escritora Rusa (1850-1891)

Primer rusa con el grado de Doctora en Matemáticas obtenido en la Universidad de Göttingen:

*"Es imposible ser matemático sin tener alma de poeta [...] El poeta debe ser capaz de ver lo que los demás no ven, debe ver más profundamente que otras personas. Y el matemático debe hacer lo mismo".*



## 2.4 SIGLO DE LAS LUCES

*El siglo XVIII merece mención especial ya que durante el mismo hubo una contribución importante de mujeres a la Ciencia.*

Carolina Herschel (1750-1848) nació en Alemania, pero vivió gran parte de su vida en Inglaterra. Junto con su hermano William realizó importantes descubrimientos que, por lo general, se atribuyen exclusivamente a él. Los hermanos construyeron telescopios cada vez más grandes, realizaron catálogos muy precisos de estrellas, y fueron los primeros en observar y registrar la existencia de objetos luminosos extendidos en el cielo llamados en ese entonces “nebulosas”<sup>2</sup>. Carolina Herschel recibió la medalla de oro de la Royal Astronomical Society de Inglaterra en 1828 (Hoskin, 2014).

En este siglo hubo también actividad de mujeres en la Física, entre ellas Laura Bassi (1711-1778), segunda mujer en recibir el grado de Doctora en 1732, 54 años después que Elena Cornaro Piscopia. Esta vez por la Universidad de Bolonia. Fue también la primera mujer en dar clase en una Universidad con la cátedra “*De aqua corpore naturali elemento aliorum*

*corporum parte universi*” (El agua como elemento natural de todos los demás cuerpos). Desafortunadamente las autoridades universitarias nunca le permitieron dar un curso como tal, y sólo se le invitaba a impartir conferencias magistrales un par de veces al año. La mayor parte de sus clases las impartió en su domicilio.

Otra gran física del siglo XVIII fue la francesa Émilie du Châtelet (1706-1749) quien tradujo los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Newton, agregando valiosos comentarios sobre la conservación de la energía (Larson et al. 2008). Realizó también estudios sobre el fuego, el calor y la energía. Fue defensora del método científico y del acceso de la mujer de la educación (Zinsser, 2007). Curiosamente a Émilie du Châtelet se le conoce más por haber sido amante de Voltaire.

Maria Gaetana Agnesi (1718-1799) fue una matemática italiana y la segunda mujer designada como profesora (por el Papa Benedicto XIV) en la Universidad de Bolonia -aunque nunca ejerció como tal (Ogilvie, 1986). Fue la primera mujer autora de un texto matemático: “*Instituciones analíticas para el uso de la juventud italiana*”, el cual trata sobre Cálculo Integral y Diferencial.

## 2.5 SIGLO XIX/ REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

*Durante el siglo de la Revolución Industrial vivió la primer programadora de la Historia, no sólo la primer mujer en elaborar un algoritmo para ser interpretado por una máquina, sino la primer persona en hacerlo<sup>3</sup>. Ella fue Ada Lovelace (1815-1852).*

Ada Lovelace, hija del poeta Lord Byron quien la abandonó a ella y a su madre cuando Ada tenía pocas semanas de nacida. Desde temprana Edad, la madre procuró interesar a su hija en la matemática y la ciencia para alejarla de la poesía y demás “*artes volátiles*” que practicaba su marido (Padua, 2018). El esfuerzo dio frutos, y Ada se interesó rápidamente por las matemáticas teniendo como tutora a la matemática Mary Somerville, otra gran mujer de Ciencia.

2. Aunque la diferencia entre Química y Alquimia es clara en nuestros días, en esta presentación se presenta a varias alquimistas como precursoras de la Química Moderna, ya que muchas de sus aportaciones han trascendido la actual división entre ambas disciplinas.

3. Existe extenso debate sobre este tema. Algunas fuentes llaman a Charles Babbage, el primer programador y a Ada Lovelace, la persona que lo auxilió en su trabajo (Collier et al. 1999). Otras fuentes atribuyen el logro a los comentarios que agregó Ada Lovelace a la traducción del texto “*Notions sur la machine analytique de M. Charles Babbage*” del francés al inglés, encargada por Babbage. La petición fue de Babbage pero el logro fue de Ada Lovelace (Hollings et al. 2017).





Figura 2.5

Maria Mitchell y un grupo de estudiantes de Astronomía midiendo la rotación del Sol a partir del movimiento de las manchas solares (Imagen tomada de la revista Nature).

Del otro lado del Atlántico, Maria Mitchell (1818-1889) fue la primera astrónoma profesional en Estados Unidos. Maria Mitchell tuvo acceso a la educación desde temprana edad, además de que su padre era maestro en una escuela pública y un apasionado de las matemáticas y la astronomía (Holmes, 2018). Debido a las dificultades que encontró para realizar sus estudios, a los 16 años abrió una escuela para entrenar niñas en física y matemáticas (Michals, 2015). Es reconocida como la primer profesora contratada como tal en la Universidad ("college", en inglés) para mujeres de Vassar en el estado de Nueva York en 1865. Fue profesora de Astronomía en esta institución hasta un año antes de su muerte.

El Imperio Ruso conoció también la labor de mujeres sobresalientes en distintas ramas de la Ciencia, como Anna Volkova en Química, y Sofia Kovalevskaya en Matemáticas. Anna Feodorovna Volkova (?-1876) se formó asistiendo a los cursos públicos de la Universidad de San Petersburgo y fue la primer mujer rusa en graduarse en Química en el año de 1870. Trabajó bajo la tutela de Dimitri Mendeleev (Creese, 1998). Por su parte, Sofia Kovalevskaya (1850-1891) se graduó como Doctora en Matemáticas en 1874 en la Universidad de Göttingen, ya que en el Imperio Ruso las mujeres no tenían acceso a la educación universitaria. Sofia Kovalevskaya es reconocida por su trabajo en ecuaciones diferenciales parciales, en la dinámica de los anillos de Saturno y en integrales elípticas (Wilson, 1995).

A finales de este siglo en Inglaterra, vivió Hertha Marks Ayrton (1854-1923), matemática, física, in-

geniera y sufragista. Realizó trabajos importantes en la física de la formación de ondas en el agua y la arena que fueron publicados por la Royal Society de Londres. También mejoró sustancialmente el sistema de alumbrado eléctrico con el descubrimiento del arco eléctrico o voltaico (Malley, 1993). Fue una reconocida inventora, patentando varios inventos desde lámparas hasta un abanico que permitía expulsar gas de las trincheras durante la primera guerra mundial (Youngblood, 2017).

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX existió un grupo de extraordinarias mujeres en la Universidad de Harvard, Massachusetts conocidas como las "calculadoras de Harvard". Entre estas mujeres se encontraban Willemina Fleming, Anna Winlock, Henrietta Swan Leavitt y Annie Jump Cannon. La mayoría de ellas tenían estudios en Física, sin embargo su actividad consistía en pasar horas dentro de un único cuarto revisando las placas fotográficas del Observatorio de Harvard. Esta monótona actividad no impidió que el genio científico de varias de estas mujeres se manifestara encontrando relaciones que hasta la fecha son de uso común y suma relevancia en Astronomía (Sobel, 2016). Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) descubrió las Cefeidas, un tipo de estrella variable cuyo brillo intrínseco depende de su periodo de variación. La relación de las Cefeidas fue la base del ingenioso trabajo de Hubble para determinar la expansión del Universo. Annie Jump Cannon (1863-1941) desarrolló un sistema para clasificar estrellas que sigue siendo utilizado hasta la fecha.

## 2.6 SIGLO XX

Afortunadamente, el siglo XX vio la actividad de muchas mujeres en la Ciencia, desde Marie Curie, ganadora de dos Premios Nobel, uno en 1903 en Física y otro en 1911 en Química, hasta Christiane Nüsslein-Volhard quien lo ganó en Medicina en 1995 por sus estudios en Genética.

Sin embargo, este siglo no deja de estar marcado por más de una injusticia en el ámbito científico, entendiéndose por injusticia la falta de crédito, la ausencia de premios y de reconocimiento de pares debido a la inequidad de género. Aquí se ilustran algunos ejemplos.

Mileva Maric (1875-1948) fue la primera mujer en estudiar Física en una Universidad europea. Sabido por pocas personas, fue la primera esposa de Albert Einstein y hasta nuestra fecha existe un enconado debate sobre la influencia que pudo o no tener Maric en el trabajo de Einstein sobre relatividad (Trömel-Plötz, 2006). Existen memorias epistolares que hace pensar que su participación en estos trabajos fue de relevancia:

*“Cuán feliz y orgulloso estaré cuando los dos, juntos, hayamos llevado nuestro trabajo sobre el movimiento relativo a una conclusión victoriosa”*

*(Carta de A. Einstein a M. Marić en 1901; Einstein et al., 1992).*

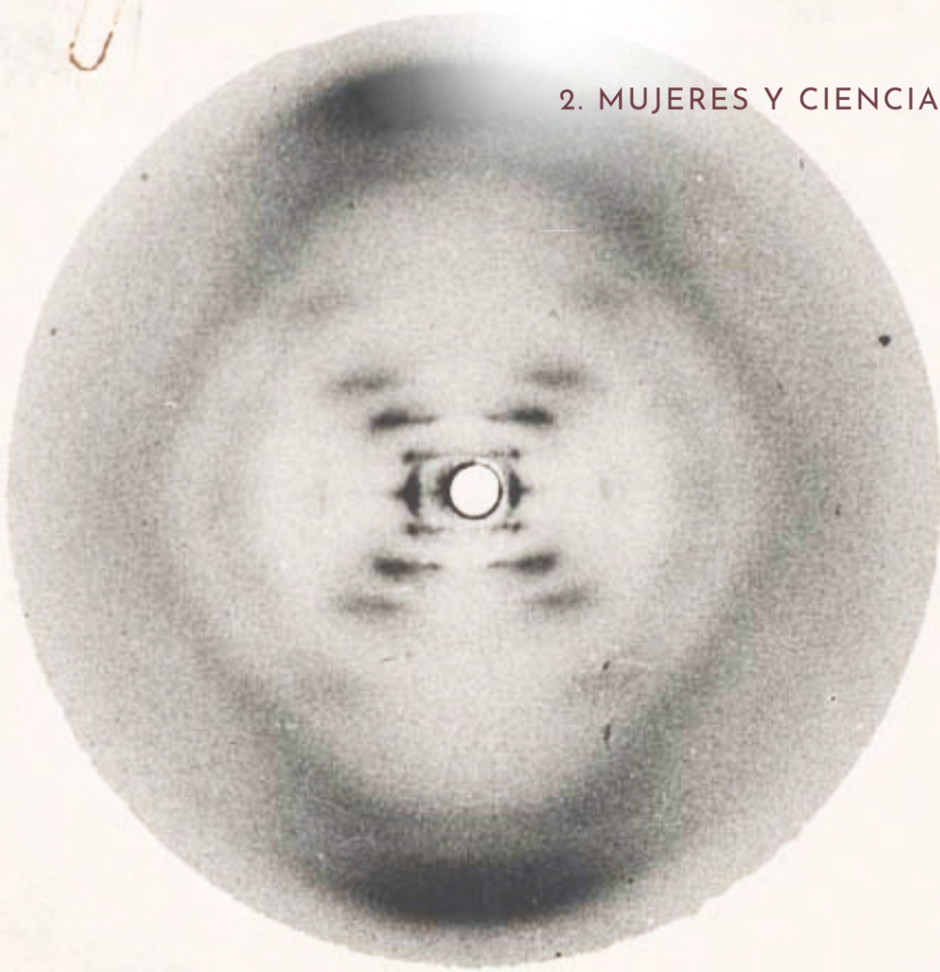
Una de las historias más conocidas sobre las dificultades con las que se encontraron las científicas y las injusticias que sufrieron en un mundo dominado por científicos es la de la química y cristalógrafa en rayos X, Rosalind Franklin. Las imágenes que tomó en rayos X de la molécula de ADN permitieron a Francis Crick y a James Watson identificar la naturaleza de doble hélice de dicha molécula. Sin embargo, sólo Crick, Watson y Wilkins (un colega de Rosalind Franklin) recibieron el Premio Nobel en 1962. La imagen clave que reveló la estructura de doble hélice del ADN, conocida como “*fotografía 51*”

fue tomada por Rosalind Franklin y su estudiante Raymon Gowling en el King’s College en Londres en mayo de 1952. Su colega Maurice Wilkins le enseñó la fotografía a Watson en Cambridge sin el conocimiento, ni la autorización de Franklin. Watson y Crick también tuvieron acceso a un reporte que Franklin había ayudado a preparar, el cual contenía información experimental adicional que les permitió llegar a una conclusión exitosa sobre la estructura de esta molécula (Lawler, 2018). Rosalind Franklin murió de cáncer en 1958 a los 38 años. Cuatro años después, la Academia Sueca de Ciencias otorgó el Premio Noble a Watson, Crick y Wilkins por este descubrimiento. Si bien es cierto que el Premio Nobel no puede otorgarse de manera póstuma, en ese entonces ninguno de los galardonados reconoció públicamente el trabajo de Rosalind Franklin. Es apenas ahora, casi sesenta años después, que empieza a reconocerse su labor esencial en este descubrimiento.

Otro ejemplo es el de Jocelyn Bell Burnell quien nació en 1943 en Irlanda del Norte. Mientras realizaba su Doctorado en Astronomía en Cambridge bajo la dirección de A. Hewish, detectó una señal extraña en el arreglo de antenas que ella misma había ayudado a construir. Ella mostró la señal a su asesor quien en un principio la ignoró. Jocelyn Bell insistió hasta que fue tomada en cuenta y una vez que hubo detectado una segunda fuente en el cielo con el mismo comportamiento.

Fue así como se descubrieron los primeros pulsares, estrellas de neutrones que giran rápidamente produciendo un faro de radiación electromagnética, gracias a la tenacidad, paciencia y labor de observación de Jocelyn Bell. Sin embargo, el Premio Nobel fue entregado únicamente a su asesor Hewish y al jefe del laboratorio de radioastronomía de Cambridge, M. Ryle.

Jocelyn Bell ha sido muchas veces cuestionada sobre este hecho, a lo que ella responde jovialmente que el hecho de no haber ganado el Premio Nobel le ha permitido ganar muchos otros premios que ha festejado y celebrado año con año.



Franklin &  
Gosling  
R.D. Manchester  
Type B

Plate 1

Figura 2.6

Arriba: "Fotografía 51" del ADN tomada por Franklin y Gosling el 2 de mayo de 1952. (Imagen tomada de Biology Stack Exchange). Abajo: Rosalind Franklin (Imagen: dumbfeather.com).



## 2.7 CIENTÍFICAS EN MÉXICO

El registro de la presencia de las mujeres en el desarrollo de la Ciencia mexicana empieza a finales del siglo XX. Aquí se hace un brevísimos recuento de algunas de las pioneras en el mundo y la labor científicas de México.

Matilde Montoya fue la primer mujer en recibir el grado de Médica en México en 1887. Ella junto con Columba Rivera, graduada de Medicina en 1900, no sólo mostraron que las mujeres podían tener el mismo desempeño que los médicos, sino que también

formaron parte de las pioneras en luchar por el acceso de las mujeres a las Ciencias y a la Academia.

Ya en el siglo XX se tiene registro de la primera Ingeniera en México, la hija del famoso ingeniero Joaquín de Mendizábal y Tamborrel (1852-1926), quien la cobijó y motivó para estudiar, de nombre María Concepción Mendizábal Mendoza quien se graduó de la Escuela Nacional de Ingeniería en el año de 1930.

## 2.8 ¿Y AHORA?

Cerrando esta presentación de Científicas a lo largo de la Historia, es lógico preguntarnos cuál es la situación de la Mujer en el ámbito laboral científico en 2018.

Desafortunadamente, como se ha presentado en otras ponencias de esta Conferencia, las mujeres siguen estando subrepresentadas en las carreras llamadas STEM (por sus siglas en inglés, Science, Technology, Engineering and Mathematics). Las razones y soluciones son todavía tema de investigación y discusión. Sin embargo, es un hecho que la situación de la mujer en el Mundo sigue siendo de inequidad. Razón por la cual es labor de toda mujer que se encuentre en una posición de decisión, alentar e invitar a niñas y jóvenes a participar de disciplinas que para muchas personas siguen siendo “sólo para hombres”. Que esta plática sirva entonces para no olvidar que mujeres haciendo Ciencia, Científicas, existen desde el inicio de los tiempos.

### • Referencias

#### Revistas

Benton, JF (1985). "Trotula, women's problems, and the professionalization of medicine in the Middle Ages". *Bulletin of the history of medicine*. 59 (1): 30–53.

Chermette, A. (1985) "Martine de Bertereau (1590-1643), une femme ingénieur des mines au XVIIe siècle [note biographique]" *Publications de la Société Linnéenne de Lyon Année 1985* [https://www.persee.fr/doc/linly\\_0366-1326\\_1985\\_num\\_54\\_10\\_10720](https://www.persee.fr/doc/linly_0366-1326_1985_num_54_10_10720)

Creese, M.R.S. (1998) "EARLY WOMEN CHEMISTS IN RUSSIA: ANNA VOLKOVA, IULIJA LERMONTOVA, AND NADEZHDA ZIBER-SHUMOVA" *Bull. Hist. Chem.* 21, University of Kansas

Deakin, M.A.B. (2013) "Theano: the world's first female mathematician?", *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44:3 (2013), 350-364 (<http://dx.doi.org/10.1080/0020739X.2012.729614>)

Green, M.H. (1996). "The Development of the Trotula". *Revue d'Histoire des Textes*. 26: 119–203. doi:10.3406/rht.1996.1441.

Hollings, C., Martin, U. & Rice, A. (2017) "The early mathematical education of Ada Lovelace" BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics. Volume 32, 2017 - Issue 3.

Holmes, R. (2018) "Maria Mitchell at 200: a pioneering astronomer who fought for women in science" Nature 558, 370-371 (2018).

Salmerón Jiménez, M.A. (2010) "Teano y la ciencia pitagórica", La Ciencia y el Hombre. REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA Mayo-Agosto de 2010.

Salmerón Jiménez, M.A. (2016) "La restitución de Martine de Bertereau, pionera de la Geología económica", La Ciencia y el Hombre. REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA Mayo-Agosto de 2016.

Woodman, Jenny (2016-12-02). "The Women 'Computers' Who Revolutionized Astronomy". The Atlantic.

## Libros

Benton, JF (1985). "Trotula, women's problems, and the professionalization of medicine in the Middle Ages". Bulletin of the history of medicine. 59 (1): 30-53.

Bernardi G. (2016) "Sophie Brahe (1556-1643)". In: "The Unforgotten Sisters." Springer Praxis Books. Springer.

Collier, B. & MacLachlan, J. (1999) "Charles Babbage: And the Engines of Perfection" Oxford Portraits in Science. Oxford University Press, 1999.

Einstein, A. and Marić, M. (1992) "The Love Letters". Edited by Jürgen Renn & Robert Schulmann. Translated by Shawn Smith. Princeton University Press, Princeton, N.J. ISBN 0-691-08760-1.

French, M. (2003) "From Eve to Dawn: A History of Women", Origins, McArthur & Company. June 10, 2003. ISBN 978-1552782682.

Glaze, F.E. (1998) "Medical Writer: 'Behold the Human Creature,'" in Voice of the Living Light: Hildegard of Bingen and Her World, ed. Barbara Newman (Berkeley, Los Angeles, and London: University of California Press, 1998)

Green, M.H. ed. and trans. (2001) "The 'Trotula': A Medieval Compendium of Women's Medicine" (Philadelphia: University of Pennsylvania Press)

Green, M.H. (2008) "Making Women's Medicine Masculine: The Rise of Male Authority in Pre-Modern Gynaecology" (Oxford: Oxford University Press) ISBN 9780191549526 p. 58.

Guernsey, J.H. (1999) "The Lady Cornaro: Pride and Prodigy of Venice" (1999; College Avenue Press).

Hoskin, M. (2014). "William and Caroline Herschel: Pioneers in Late 18th-Century Astronomy". Springer. Briefs in Astronomy. Springer.

Howard, S. (2008). "Hidden Giants" (3rd ed.). Washington Academy of Sciences; Third Edition edition (December 14, 2012) Lulu.com. p. 31. ISBN 9781435716520.

Jöckle, Clemens (2003). Encyclopedia of Saints. Konecky & Konecky.

Kass-Simon, G., Farnes, P. y Nash, D., eds. (1999). "Women of science: righting the record" (First Midland Book ed.). Bloomington, Ind.: Indiana Univ. Press.

Larson, Hostetler, Edwards (2008). Essential Calculus Early Transcendental Functions. U.S.A: Richard Stratton. p. 344.

Leick, G. (2002) "Mesopotamia: Invention of the City", Penguin Books Limited.

Malley, M. (1993) "Hertha Marks Ayrton," Women in Chemistry and Physics, L.S. Grinstein, Rose K. Rose, and M. H. Rafailovich, Editors, Greenwood Press, 1993. Available online at the Internet Archive for Contributions of Women in Physics, UCLA.

Plant, I.M. (2004), "Women writers of ancient Greece and Rome: an anthology", p. 69. University of Oklahoma Press.

Sobel, Dava (2016). "The Glass Universe." Viking. ISBN 9780698148697.

Swaby, Rachel (2015). "Headstrong: 52 Women Who Changed Science - And the World." New York: Broadway Books. pp. 47-50.

Waithe, M.E. (1987), "A History of Women Philosophers." Volume 1, 600 BC-500 AD. Springer

Woodman, J. (2016). "The Women 'Computers' Who Revolutionized Astronomy". The Atlantic.

Zinsner, J.P. (2007) "Emilie Du Chatelet: Daring Genius of the Enlightenment" Penguin Books; Reprint edition (November 27, 2007)

## Páginas Web

Chinaemerem Oti, I. (2017) "Meet Fatima al-Fihri: The founder of the world's first Library" <http://venturesafrica.com/meet-fatima-al-fihri/>

Gregersen, E. (2018) "Elena Cornaro". Encyclopedia Britannica Inc. <https://www.britannica.com/biography/Elena-Cornaro>

Ferrer Valero, S. (2014), "La hermana del astrónomo, Sophia Brahe (1556 - 1643)" en Mujeres en la historia, Breves biografías de mujeres que escribieron alguna página de la historia <https://www.mujaresenlahistoria.com/2014/10/la-hermana-del-astronomo-sophia-brahe.html>

Lawler, M. (2018) "Rosalind Franklin still doesn't get the recognition she deserves for her DNA discovery" <https://theconversation.com/rosalind-franklin-still-doesnt-get-the-recognition-she-deserves-for-her-dna-discovery-95536?fbclid=IwAR3otiptMr3Ks5uInzKcA37vWQF-6mB4YlVI5tG4K0t5kcVLzkFSiKFJicM>

Johnson Lewis, J. (2019) "Mary the Jewess, First Known Alchemist" <https://www.thoughtco.com/mary-the-jewess-biography-3530346>

Macho Stadler, M. 2018, "Tapputi-Belatekallim, la primera química" <https://mujeresconciencia.com/2018/08/29/tapputi-belatekallim-perfumista/>

Mark, J.J. 2014, "En'Heduanna", Ancient History Encyclopedia <https://www.ancient.eu/Enheduanna/>

Merian, M.S. (1705) "Metamorphosis insectorum Surinamensium". [http://lhdigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/nat\\_hist/id/1049](http://lhdigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/nat_hist/id/1049)

Michals, D. (2015) "Maria Mitchell." National Women's History Museum. <http://www.womenshistory.org/education-resources/biographies/maria-mitchell>.

Padua S. (2018) "Who was Ada Lovelace?" <https://findingada.com/about/who-was-ada/>

Schmelz, J. 2013, "En'hedu'anna - Our First Great Scientist" <http://womeninastronomy.blogspot.com/2013/05/enheduanna-our-first-great-scientist.html>

Trömel-Plötz, S. (2006) "Mileva Einstein-Marić" <http://www.fembio.org/english/biography.php/woman/biography/mileva-maric-einstein>

Wilson, B. (2018) "Sofia Kovalevskaya", in Biographies of Women Mathematicians, (Agnes Scott College) <https://www.agnesscott.edu/lriddle/women/kova.htm>

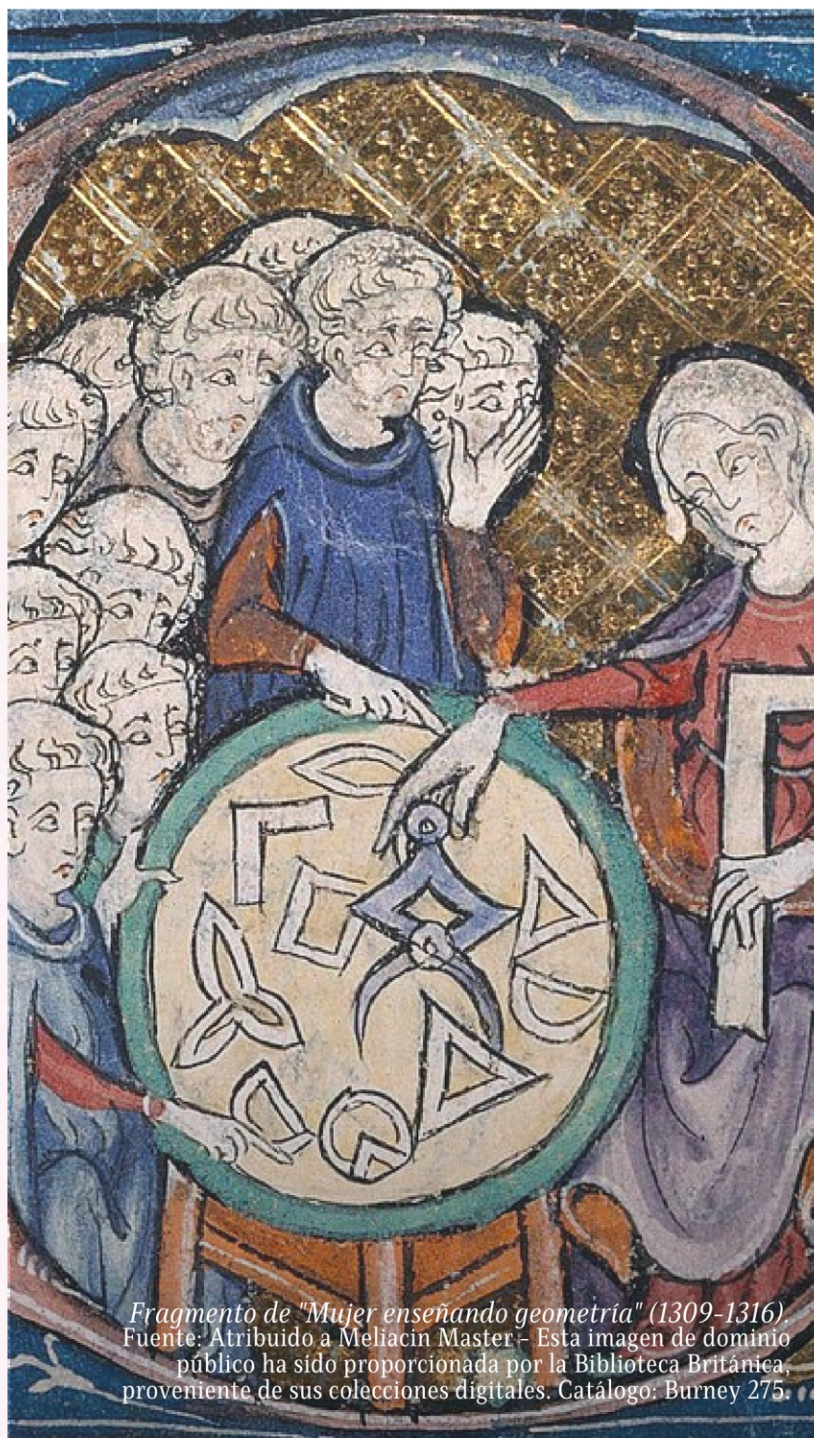
Youngblood, T. (2017) "Historical Engineers: Who Was Hertha Marks Ayrton?" <https://www.allaboutcircuits.com/news/historical-engineers-who-was-hertha-marks-ayrton/>

## DRA. ISAURA L. FUENTES-CARRERA

Escuela Superior de Física y Matemáticas - IPN  
isaura@esfm.ipn.mx

## 3

# CÓMO PENSAR COMO SHERLOCK HOLMES: UN MÉTODO PARA ESTUDIAR MATEMÁTICAS



Fragmento de "Mujer enseñando geometría" (1309-1316).  
Fuente: Atribuido a Meliacin Master.- Esta imagen de dominio público ha sido proporcionada por la Biblioteca Británica, proveniente de sus colecciones digitales. Catálogo: Burney 275.

MARTHA TAKANE IMAY

INSTITUTO DE MATEMÁTICAS,  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

*Hay muchas maneras de llegar a ser una científica. Pero indudablemente tienen que pasar en algún momento por los siguientes pasos:*

*Jugar,  
jugar, jugar  
Observar y  
Preguntar(se)*

En este artículo daré algunas de mis experiencias dando clases a niñas y niños, a mujeres jóvenes, a mis estudiantes de carreras de la Facultad de Ciencias UNAM y a docentes de Bachillerato en mi curso "Cómo pensar como Sherlock Holmes".

### 3.1 ¿QUÉ ESTUDIAN LAS MATEMÁTICAS?

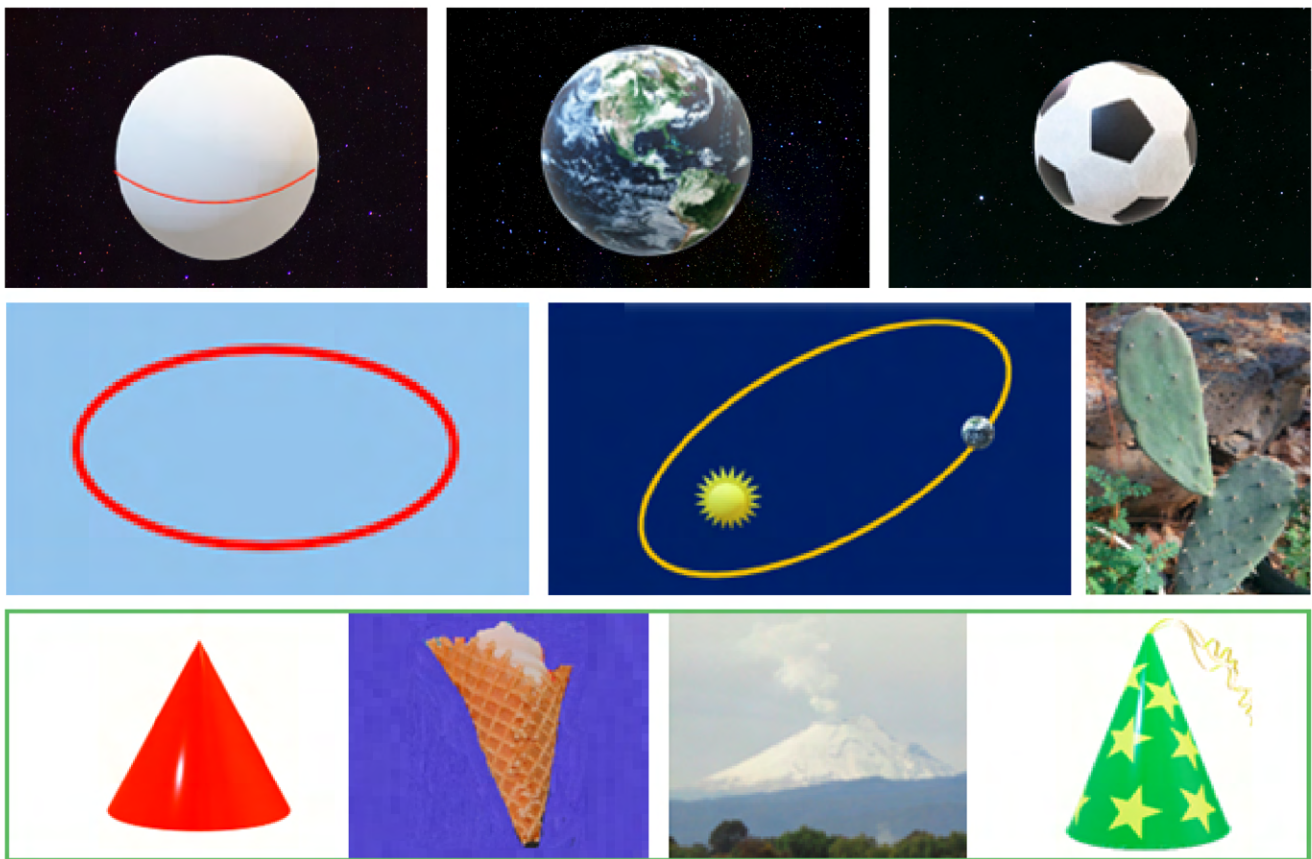
*Las Matemáticas estudian Todo, pero por medio de abstracciones<sup>1</sup>.*

Entre algunos ejemplos de abstracciones se encuentran las siguientes: la abstracción de un balón de fútbol y del planeta Tierra es la esfera. Estudiamos las órbitas de los planetas y a los nopales, por medio de su abstracción, la elipse. Y el cono es la abstracción de un cono de helado, de los volcanes y los gorritos de fiesta.

El estudiar objetos naturales por medio de sus abstracciones permite a toda persona que quiera saber propiedades de sus objetos de estudio, por ejemplo, los virus, qué propiedades pueden tener éstos, si por

ejemplo son esféricos, así, las Matemáticas inmediatamente dirán qué posibles propiedades, por ejemplo geométricas, pueden tener. Además, estudiar por medio de abstracciones ha dado lugar a inventos importantes, distintas visiones y métodos de estudio en varias ciencias; además de la creación de nuevas áreas científicas como el estudio de redes (sociales y neuronales), entre otras.

Las ideas de la Lógica Matemática que se consideraban en su época desquiciantes, dieron origen a la Computación. Recordemos a Alan Turing (1912-1954) el padre de la programación moderna y a Joan Clarke (1917-1996) criptóloga que con sus investigaciones matemáticas dieron origen a las ciencias de la computación.



**Figura 3.1**  
Ejemplos de abstracciones.

1. La abstracción es una operación mental destinada a aislar conceptualmente una propiedad o función concreta de un objeto, y pensar qué es, ignorando otras propiedades del objeto en cuestión (Wikipedia).





Figura 3.2  
Alan Turing, Joan Clarke & la máquina de Turing (ilustrado por la autora).

• **Nudos**

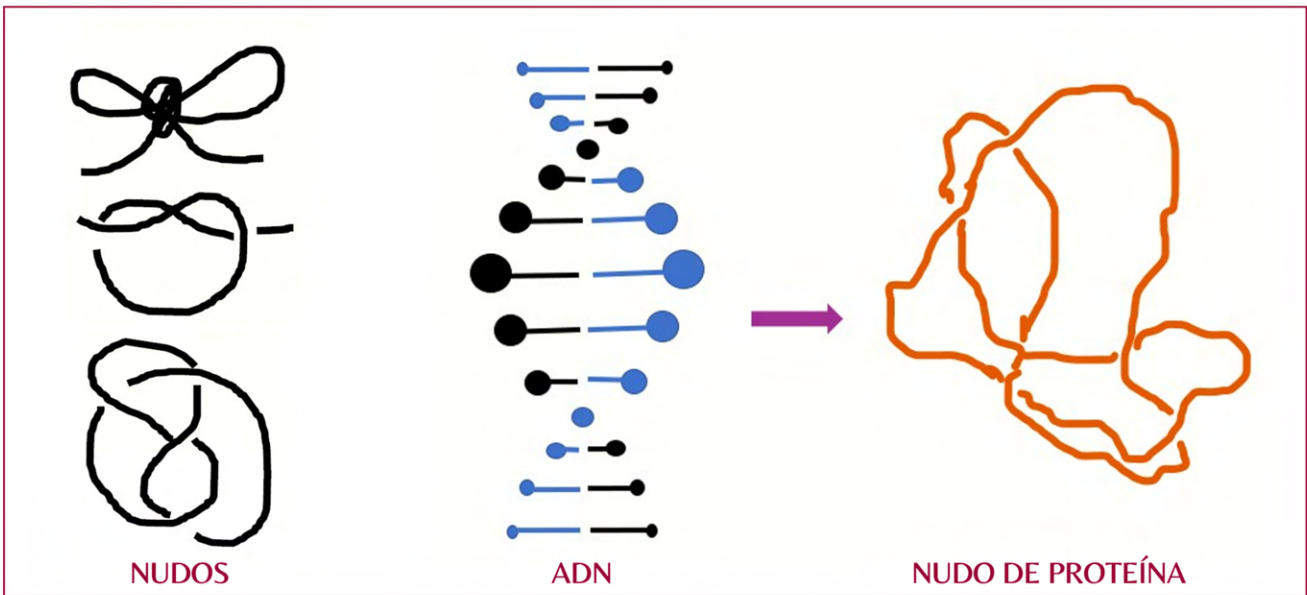


Figura 3.3  
NUDOS - CADENAS DE ADN - PROTEÍNAS (ilustrado por la autora).

Las cadenas de ADN (Ácido Desoxirribonucleico) que forman las proteínas no están, en la naturaleza, como siempre nos las dibujan: como escalera larga-larga... Estas cadenas se anudan y más aún, también los distintos nudos dan propiedades a las moléculas formadas.

Por lo que, saber qué nudo es exactamente el que tiene una molécula es muy importante y mejor aún, si no tenemos que romper el nudo para saber cuál es. Esto también lo estudian las Matemáticas y lo resolvieron.

*Emmy Noether*

Matemática considerada la fundadora del Álgebra Abstracta (1882-1935)

*"Mis métodos son realmente métodos de trabajo y de pensamiento; por eso se han colado en todas partes de forma anónima".*



• **Redes**

La Gráfica es la abstracción de los Mapas de Carreteras, Rutas de aviones, Redes Neuronales, Redes Sociales (Tus Amig@s, Contactos de Email, Facebook, Google).

Por ejemplo, se utilizan las matemáticas en redes de transporte para ver qué ciudades están mejor

conectadas por medio de distintos transportes o ver en dónde es conveniente y más barato poner un aeropuerto.

También se pueden usar en casos de emergencia para poner cercos sanitarios. En el estudio del funcionamiento de las redes neuronales, entre muchas otras aplicaciones.

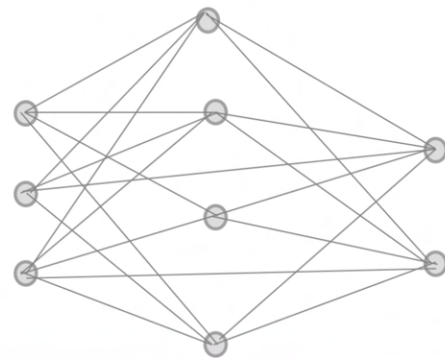
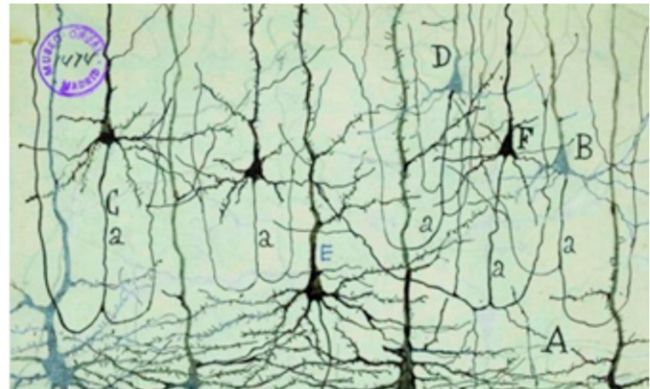


Figura 3.4

Arriba: Redes de transporte en México, Redes Neuronales (tomada de Cajal, 1888).

Abajo: Redes sociales y una gráfica que es la abstracción de cualquier red.

**CÓMO PENSAR COMO SHERLOCK HOLMES**

*"No se muevan, no hablen, no respíren, estoy tratando de pensar".*

Sherlock Holmes

La Lógica Proposicional tiene sus orígenes en la Lógica Aristotélica, con sus famosos Silogismos. Para motivar cómo podemos pensar, veamos un fragmento del libro *"The return of Sherlock Holmes: The Adventure of the Dancing Men"* de Sir Arthur Conan Doyle, para ver cómo deduce Holmes sus casos:



Holmes llevaba varias horas sentado en silencio, con su larga y delgada espalda doblada sobre un recipiente químico en el que hervía un preparado particularmente maloliente. Tenía la cabeza caída sobre el pecho y, desde donde yo lo miraba, parecía un pajarroco larguirucho, con plumaje gris mate y un copete negro.

—Y bien, Watson —dijo de repente—, ¿de modo que no piensa usted invertir en valores sudafricanos?

Di un respingo de sorpresa. Aunque estaba acostumbrado a las asombrosas facultades de Holmes, aquella repentina intromisión en mis pensamientos más íntimos resultaba completamente inexplicable.

—¿Cómo demonios sabe usted eso? —pregunté.

Holmes dio media vuelta sin levantarse de su banquetta, con un humeante tubo de ensayo en la mano y un brillo burlón en sus hundidos ojos.

—Vamos, Watson, confiese que se ha quedado completamente estupefacto.

—Así es.

—Debería hacerle firmar un papel reconociéndolo.

—¿Por qué?

—Porque dentro de cinco minutos dirá usted que todo era sencillísimo.

—Estoy seguro de que no diré nada semejante.

—Verá usted, querido Watson —colocó el tubo de ensayo en su soporte y comenzó a disertar con el aire de un profesor dirigiéndose a su clase—, la verdad es que no resulta muy difícil construir una cadena de inferencias, cada una de las cuales depende de la anterior y es, en sí misma, muy sencilla. Si después de hacer eso se suprimen todas las inferencias intermedias y sólo se le presentan al público el punto de partida y la conclusión, se puede conseguir un efecto sorprendente, aunque puede que un tanto chabacano. Pues bien: lo cierto es que no resultó muy difícil, con sólo inspeccionar el surco que separa su dedo pulgar del índice, deducir con toda seguridad que no tiene usted intención de invertir su modesto capital en las minas de oro.

—No veo ninguna relación.

—Seguro que no; pero se la voy a hacer ver en seguida. He aquí los eslabones que faltan en la sencillísima cadena: Uno: cuando regresó anoche del club, tenía usted tiza entre el dedo pulgar y el índice. Dos: usted se aplica tiza en ese lugar cuando juega al billar, para dirigir el taco. Tres: usted no juega al billar más que con Thurston. Cuatro: hace cuatro semanas, me dijo usted que Thurston tenía una opción para comprar ciertas acciones sudafricanas, que expiraría al cabo de un mes y que deseaba compartir con usted. Cinco: su talonario de cheques está guardado en mi escritorio y no me ha pedido usted la llave. Seis: por tanto, no tiene usted intención de invertir su dinero en este negocio.

—¡Pero si es sencillísimo! —exclamé.

—Ya lo creo —dijo él, un poco ofendido—. Todos los problemas le parecen infantiles después de que se los hayan explicado...

**AHORA DAREMOS UN EJEMPLO SENCILLO DE CÓMO TRABAJAMOS:** Desde un problema cotidiano a la abstracción.

### “EL PUESTO DE AGUAS FRESCAS”

Dos amigas, A y B, quieren poner un puesto en la Feria para vender aguas frescas. Mientras B pone el puesto, A va a comprar dos envases, con el encargo de que uno sea de medio litro y el otro de un litro.

Un tiempo después: A llega con dos vasos y dos helados. A estaba muy contenta pues los vasos estaban de barata y hasta le alcanzó a comprar un helado para cada una. El problema es que un vaso era de 3 dl. y otro de 6 dl. B la mira con desconcierto: “Pero queríamos vender litros y medios litros.”



Figura 3.5

Cartel con los primeros planes de venta (ilustración de la autora).

#### PROBLEMA A RESOLVER:

¿Qué cantidades exactas de aguas frescas pueden vender, ahora? Necesitan hacer el cartel. ¿Qué cantidades ponen?

**Aquí empieza el reto matemático.**

*Empecemos experimentando (jugando) con ambos vasos y hagamos observaciones:*

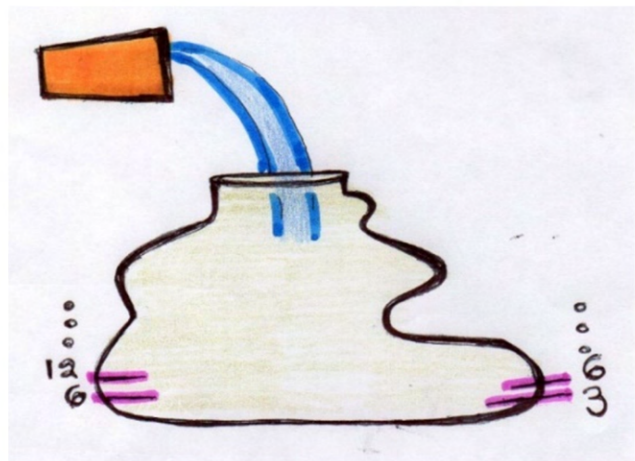
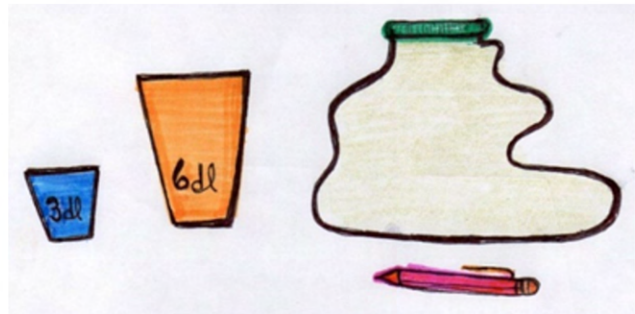


Figura 3.6

Buscando la respuesta (ilustración de la autora).

*Para esto se busca cualquier envase, lo suficientemente grande, y un plumón para marcar las cantidades de agua que se pueden hacer con ambos vasos.*

*Se dan cuenta que se pueden hacer: 3dl., 6dl., 9dl., 12dl. y todas las cantidades que son múltiplos de 3. También se dan cuenta de que pueden hacer 6dl., 12dl., 18dl. y cualquier cantidad que sea múltiplo de 6. Y como el 6 es múltiplo de 3, es decir,  $6=3 \times 2$ , se dan cuenta que con el vaso de 3dl. pueden hacer todas las cantidades que se pueden hacer con el de 6dl.*

**POR LO QUE AHORA, EL CARTEL TENDRÍA QUE DECIR:**

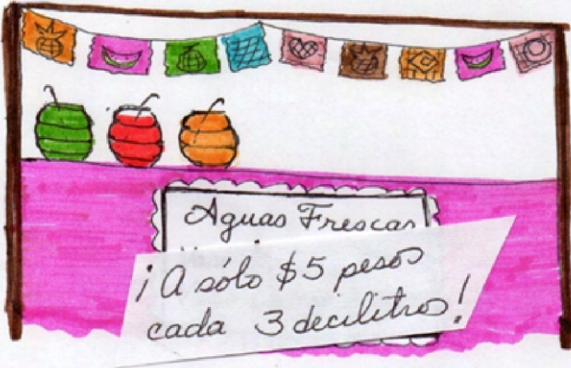


Figura 3.7

Cartel Resuelto (ilustración de la autora).

TAMBIÉN, al estar jugando, se dan cuenta de lo siguiente:

*¡SE PUEDE RESTAR!*

*¡Y SI PODEMOS HACER EL 1 (UNO), PODEMOS HACER TODOS LOS NÚMEROS! (pero en nuestro caso, sólo podemos hacer múltiplos de 3).*

**¡DE HECHO, NO IMPORTA SI TENEMOS DECILITROS, LITROS, MILILITROS, GALONES, SE TENDRÍAN LOS MISMOS NÚMEROS EN NUESTRAS CUENTAS!**

**HAGAMOS OTRO EXPERIMENTO:**

**¿Qué cantidades podremos hacer si tenemos un vaso de 3dl. y 11dl.?**

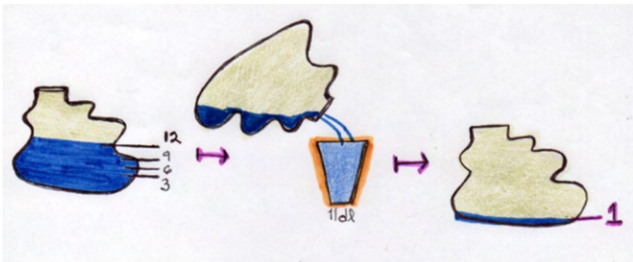


Figura 3.8

Nuevo experimento (ilustración de la autora).

*COMO ANTES, PERO AHORA YA QUITANDO "dl.", PODEMOS HACER: 3,6,9,... Todos los múltiplos de 3 11,22,33,... Todos los múltiplos de 11.*

**Y TAMBIÉN EL UNO!!**

*Es decir, si ponemos, en el envase que conseguimos, 4 medidas del vaso de 3dl. y con eso llenamos el vaso de 11dl., lo que nos resta en el envase es exactamente 1dl.*

*A saber,  $1=12-11=(3 \times 4)-11$ .*

• **AHORA, A LA ABSTRACCIÓN:**

Tomemos cualesquiera dos cantidades, digamos  $n$  y  $m$ , que como observamos anteriormente, pueden ser de cualquier unidad de medida. Entonces podemos construir, todos los múltiplos de  $n$ , todos los múltiplos de  $m$  y más aún, todas las cantidades que sean de la forma  $an + bm$  donde  $a$  y  $b$  son números enteros, que como podemos restar, pueden ser negativos, pero como queremos que sean cantidades de agua, tenemos que construir todos los  $an + bm$  que sean mayores que 0, cero.

Más aún, las Matemáticas nos dicen, que estos números,  $an + bm$ , son LOS MÚLTIPLOS DEL MÁXIMO COMÚN DIVISOR DE  $n$  Y  $m$ .

**¡Y con eso podemos resolver completamente nuestro problema!**

• **SIGUIENDO NUESTROS EJEMPLOS:**

**1** En el caso de 3dl. y 6dl., el máximo común divisor de 3 y 6 es 3. Y como vimos, pudimos hacer con estos vasos, exactamente, es decir ni más ni menos, todos los múltiplos de 3.

*Recordemos:*

*Los divisores del 3 son 1,3.*

*Los divisores del 6 son 1,3,6.*

Entonces los números que dividen al 3 y al 6, sus divisores comunes son 1,3. Por lo tanto, el máximo de ellos es 3.

## 2 El Máximo común divisor del 3 y el 11 es 1.

*Los divisores del 3 son 1,3*  
*Los divisores del 11 son 1,11*

Entonces sólo tienen al 1 como divisor común. Por lo tanto, el máximo común divisor del 3 y el 11 es el 1.

**¡LAS MATEMÁTICAS SE  
 PUEDEN USAR MÁS DE LO  
 QUE SE CREE!**

### 3.2 ¿CÓMO AYUDAR A NUESTRAS HIJAS Y ALUMNAS PARA QUE SE EMPODEREN ANTE LA VIDA Y EN PARTICULAR A ESTUDIAR MATEMÁTICAS O ALGUNA CIENCIA EXACTA?

- Como ya lo expusimos, necesitamos que aprendan o lo hagamos junto con ellas a

*Jugar, jugar y jugar*  
*Observar*  
*Y Preguntar(se)*

- Tener un diccionario de palabras y frases que **NO** se deben decir ni en la casa ni en la escuela porque agreden la autoestima de la niña.
- Tener un diccionario de palabras y frases que **SÍ** se pueden decir y que ayuden a la autoestima de la niña.
- Crear microambientes sanos.
- Solidaridad y generosidad de **TODOS** los niños, jóvenes y hombres adultos.
- Por ejemplo, si en los medios de transporte, hay un vagón o carro especialmente para niñas y mujeres, respetarlo. Algunos hombres me han dicho que eso va en contra de su libertad de tránsito. Necesitamos su solidaridad, para que mientras México sea un lugar inseguro, podamos protegerlas de alguna forma.

- Y se vale que digamos, como profesoras, profesores, mamás y papás:

*"No lo sé, pero lo buscaremos y aprenderemos junt@s"*

- También solidaridad con nuestras niñas y alumnas, de que si un amigo hombre está haciendo algo indebido, sus amigos hombres le digan que no lo haga.
- Algo que se ve que ha servido, es dar talleres o clases de Matemáticas sólo para niñas o mujeres, dónde se puedan desarrollar con libertad.
- Si hay historias de éxito en México, por ejemplo, las Olimpiadas Mexicanas Femeniles de Matemáticas.

**¡ES BUEN MOMENTO PARA SER  
 UNA CIENTÍFICA, NO les  
 inculquemos miedo, por el miedo  
 que tenemos como madres y padres  
 a que fracasen, NO FRACASARÁN!**

## A. INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA PROPOSICIONAL.

**Conceptos primitivos:** Verdadero (V ó 1) y Falso (F ó 0). (Que llamaremos "valores verdad")<sup>2</sup>.

- **Definición.**

Una **proposición** es un enunciado (oración, frase) que es verdadera o falsa PERO no ambas.

Fijemos ideas: Tomen como verdadero o falso lo que usualmente signifiquen para ustedes.

Ejemplos y no ejemplos de proposiciones:

1. "El número 5 es un número impar". Esta oración es verdadera, por lo tanto, es una proposición.
2. "El número 2 es un número impar". Esta oración es falsa, por lo tanto, es una proposición.
3. "El número 9". Esta frase no es una proposición.
4. "¡Vámonos!". no es una proposición.

Notación. Denotaremos a las proposiciones con letras mayúsculas P, Q, R, S, T, ...

**Las reglas del juego (maneras de construir nuevas proposiciones) o AXIOMAS de la lógica proposicional son los siguientes:**

- Dadas dos proposiciones **P** y **Q**, podemos formar nuevas proposiciones, más aún, dependiendo de los valores verdad de **P** y **Q**, los axiomas nos dirán qué valor verdad tendrá la nueva proposición construida.

**AXIOMAS de los conectivos:** Sean **P** y **Q** proposiciones. Las siguientes también serán proposiciones  $\neg P$  (ó "no es cierto que pasa **P**"), **P ó Q** ("pasa **P** ó pasa **Q**"), **P y Q** ("pasa **P** y pasa **Q**"),  $P \Rightarrow Q$  ("Si pasa **P**, entonces pasa **Q**") y  $P \Leftrightarrow Q$  ("Pasa **P** exactamente cuando pasa **Q**").

- La **Negación:** "No es cierto que pasa **P**", que denotaremos por  $\neg P$ .
- Si **P** es verdadera entonces  $\neg P$  es falsa. Y si **P** es falsa, entonces  $\neg P$  es verdadera.

Es decir, su tabla verdad (o tabla de valores verdad) es la siguiente:

P	$\neg P$
V	F
F	V

### Ejemplo

Sea **P** la proposición "El número 5 es impar", que sabemos es verdadera. Su negación  $\neg P$  es "No es cierto que el número 5 es impar" o "El número 5 no es impar", que es (y debería de ser) falsa.

- La **Disyunción:** **P ó Q** que se lee "pasa **P** o pasa **Q**".
- Esta proposición es verdadera si alguna de las proposiciones (o ambas) es verdadera.

Para construir la tabla verdad de **P ó Q**, necesitamos tener todas las combinaciones de valores verdad de **P** y **Q**. A saber,

P	Q	P ó Q
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

### Ejemplo

Sea **P** la proposición "El número 5 es impar", que es verdadera y **Q** la proposición "El número 8 es impar", que es falsa. Por lo tanto, la proposición "El número 5 es impar o el número 8 es impar" es verdadera.

- La **Conjunción:** **P y Q** que se lee "pasa **P** y pasa **Q**".

Esta proposición es verdadera si ambas **P** y **Q** son verdaderas, en los demás casos será falsa.

P	Q	P y Q
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

2. Un concepto primitivo no se define, le damos significado dependiendo del contexto en el que estemos trabajando. Por ejemplo, en diagramas eléctricos, 1 es prendido y 0 apagado.

### Ejemplo

Sea **P** la proposición “El número 5 es impar”, que es verdadera y **Q** la proposición “El número 8 es impar”, que es falsa. Por lo tanto, la proposición **P** y **Q** es falsa. Es decir, la proposición “El número 5 es impar y el número 8 es impar” es falsa.

- El Si... entonces... (o implica o condicional):  $P \Rightarrow Q$  que se lee “si pasa **P** entonces pasa **Q**”.

Esta proposición es la que se usa para generar conocimiento nuevo “verdadero”, por lo que observemos cuidadosamente su tabla verdad, donde el único caso en que el implica es falso es cuando **P** es una proposición verdadera y **Q** es falsa. Es decir, si

empezamos con algo verdadero NUNCA implicaremos algo falso. PERO CUIDADO, si empezamos con algo falso, podemos llegar a proposiciones verdaderas o falsas, es decir, no podemos confiar en este nuevo conocimiento. Así actúa la realidad, que es lo que tratamos de modelar, y claro, a veces (que no debería de pasar) se manipula la información.

Por lo que SIEMPRE debemos de tener la certeza de empezar con proposiciones verdaderas.

P	Q	$P \Rightarrow Q$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

## Ejemplo de cómo generamos conocimiento

### Ejemplo

Sea **P** la proposición “Está lloviendo en mi colonia” y sea **Q** la proposición “El pasto de mi jardín está mojado”.

Ahora, por la experiencia o por alguna otra razón, sabemos que la proposición “Si está lloviendo en mi colonia, entonces el pasto de mi jardín está mojado” es verdadera, es decir, la proposición  $P \Rightarrow Q$  es verdadera. Además, ahorita está lloviendo, es decir, **P** es verdadera. Entonces la única manera en que tengamos que **P** es verdadera y  $P \Rightarrow Q$  sea verdadera es que **Q** sea verdadera y ya generamos conocimiento: “Tengo la seguridad de que mi jardín está mojado”.

Observemos que mi jardín puede estar mojado por otras razones, por ejemplo, que mi hermana regó el jardín. Pero,  $P \Rightarrow Q$  lo que dice es que si pasa **P** entonces, seguro, pasa **Q**.

El Bicondicional (ó “pasa... exactamente cuando pasa...” ó “si y sólo si”):  $P \Leftrightarrow Q$  que se lee “pasa **P** exactamente cuando pasa **Q**”.

Esta proposición es verdadera cuando los valores verdad de **P** y **Q** son idénticos.

P	Q	$P \Leftrightarrow Q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	V

### Ejemplo

Sean **P** la proposición “ $a+b = a+c$ ” y **Q** la proposición “ $b = c$ ”, donde **a**, **b** y **c** son números enteros.

- Entonces  $P \Rightarrow Q$  es la proposición “ $a+b = a+c$  si y sólo si  $b = c$ ”

#### • Definiciones

Sea **P** una proposición. Entonces:

- P** es una **tautología** si su tabla verdad tiene sólo valores Verdaderos.
- P** es una **contradicción** si todos sus valores verdad son Falsos.



### Ejemplo

La proposición  $P \vee \neg P$  es una tautología y la proposición  $P \wedge \neg P$  es una contradicción, como veremos a continuación.

P	$\neg P$	$P \vee \neg P$
V	F	V
F	V	V

- **Axioma de los Cuantificadores.** Sea  $P(x)$  una proposición que involucra a  $x$ . Por ejemplo, sea  $P(x)$  la proposición "x es un número par".

Entonces podemos hacer nuevas proposiciones de las siguientes maneras:

- **Cuantificador Universal.** La siguiente es una proposición "Para todo  $x$ , pasa  $P(x)$ ". Esta proposición es verdadera si para cada  $x$  la proposición  $P(x)$  es verdadera.
- **Cuantificador Existencial.** La siguiente es una proposición "Existe  $x$  tal que pasa  $P(x)$ " o "Hay (un)  $x$  tal que cumple  $P(x)$ " o "Hay (al menos un)  $x$  tal que (pasa)  $P(x)$ ". Esta proposición es verdadera si exhibimos una  $x$  tal que la proposición  $P(x)$  es verdadera.
- **Negaciones de los cuantificadores:**
  - $\neg(\text{Existe } x \text{ tal que pasa } P(x))$  es la proposición Para todo  $x$ , no es cierto que pasa  $P(x)$ .
  - $\neg(\text{Para toda } x \text{ pasa } P(x))$  es la proposición Existe  $x$  tal que no es cierto que pasa  $P(x)$ .

#### • Definición.

Sean  $P$  y  $Q$  dos proposiciones. Diremos que  $P$  y  $Q$  son (proposiciones) **equivalentes** si  $P \Leftrightarrow Q$  es una tautología.

**Importante:** Si  $P$  y  $Q$  son proposiciones equivalentes, entonces en cualquier lugar donde aparezca  $P$  podemos intercambiarla por  $Q$  y viceversa.

- **Observación:** Algunas tautologías son tan importantes que tienen nombres, como las siguientes:

#### 1. Modus ponens:

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge P] \Rightarrow Q.$$

Y se lee: Si pasa  $P$  entonces pasa  $Q$  y (además) pasa  $P$ , entonces pasa  $Q$ .

#### 2. Tollendo ponens:

$$[(P \vee Q) \wedge (\neg P)] \Rightarrow Q.$$

#### 3. Tollendo tollens:

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (\neg Q)] \Rightarrow (\neg P).$$

#### 4. Contrapuesta:

$$[P \Rightarrow Q] \Rightarrow [(\neg Q) \Rightarrow (\neg P)].$$

#### 5. Silogismo hipotético:

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)] \Rightarrow [P \Rightarrow R].$$

#### 6. Dilema constructivo:

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (R \Rightarrow S) \wedge (P \vee R)] \Rightarrow [Q \vee S].$$

#### 7. Dilema destructivo:

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (R \Rightarrow S) \wedge [(\neg Q) \vee (\neg S)]] \Rightarrow [(\neg P) \vee (\neg R)].$$

#### 8. Exportación:

$$[P \Rightarrow (Q \Rightarrow R)] \Leftrightarrow [(P \wedge Q) \Rightarrow R]$$

- **NOTA:** Sean  $P$  y  $Q$  proposiciones. Supongamos que son equivalentes, entonces  $P$  y  $Q$  tienen exactamente la misma tabla verdad.
- **SILOGISMOS ARISTOTÉLICOS:** Son proposiciones que son tautologías de la forma:
 
$$(P \wedge Q) \Rightarrow R$$

Estos silogismos tienen nombre, para recordar cuáles son:

**Bárbara:** Si todo  $M$  es  $B$  y todo  $A$  es  $M$  entonces todo  $A$  es  $B$ .

**Celarent:** Si ningún  $M$  es  $B$  y todo  $A$  es  $M$  entonces ningún  $A$  es  $B$ .

**Darii:** Si todo  $M$  es  $B$  y algún  $A$  es  $M$  entonces algún  $A$  es  $B$ .

**Ferio:** Si ningún  $M$  es  $B$  y algún  $A$  es  $M$  entonces algún  $A$  no es  $B$ .

**Cesare:** Si ningún  $B$  es  $M$  y todo  $A$  es  $M$  entonces ningún  $A$  es  $B$ .

**Camestres:** Si todo  $B$  es  $M$  y ningún  $A$  es  $M$  entonces ningún  $A$  es  $B$ .

**Festino:** Si ningún B es M y algún A es M entonces algún A no es B.

**Baroco:** Si todo B es M y algún A no es M entonces algún A no es B.

**Darapti:** Si todo M es B y todo M es A entonces algún A es B.

**Felapton:** Si ningún M es B y todo M es A entonces algún A no es B.

## • Referencias

Avella, D. y Campero, G., "Curso Introductorio de Álgebra I". Papirhos, UNAM.

Doyle, Arthur Conan, 1905, "The return of Sherlock Holmes: The Adventure of the Dancing Men", página 184.

Kasner, E. y Newman, J., 1967, "Mathematics and the Imagination", Ed. Simon and Schuster, New York.

Malba Tahan, "El Hombre que calculaba". Ed. Limusa.

Neve, C. y Rosales, L., 2017, "Por la senda de los círculos". Ed. Papirhos. UNAM.

Prieto, C. 2005, "Aventuras de un duende en el mundo de las Matemáticas". Ed. Fondo de Cultura Económica. La Ciencia para Todos, no. 206.

Perelman, Y.I., 1978, "Álgebra Recreativa". Ed. Mir, Moscú.

Perelman, Y.I., 1976, "Aritmética Recreativa". Ediciones de Cultura.

Zubieta Russi, G., 1971, "Manual de Lógica para estudiantes de Matemáticas". Serie de Matemáticas.

Todos los libros de Martin Gardner.

Ciencias TV en Youtube y facebook

<https://www.youtube.com/channel/UCAvg7yOE4-25TPDUeKFUztA>

Festival Matemático (Instituto de Matemáticas UNAM)  
[https://www.facebook.com/Festival-Matem%C3%A1tico-del-Instituto-de-Matem%C3%A1ticas-UNAM-314871948559397/?\\_tn\\_=%2Cd%2CP-R&eid=ARB\\_Bq44sljuO7i0ucDSbgML4-aoDETnE2Us\\_bNGLEmvL-vOWfHLLDZiQpiG5Q8Xia8EwGcQHWm\\_jUd](https://www.facebook.com/Festival-Matem%C3%A1tico-del-Instituto-de-Matem%C3%A1ticas-UNAM-314871948559397/?_tn_=%2Cd%2CP-R&eid=ARB_Bq44sljuO7i0ucDSbgML4-aoDETnE2Us_bNGLEmvL-vOWfHLLDZiQpiG5Q8Xia8EwGcQHWm_jUd)

[https://www.cimat.mx/es/Divulgacion\\_de\\_la\\_ciencia](https://www.cimat.mx/es/Divulgacion_de_la_ciencia)

Academia Mexicana de Ciencia. Programas

[https://www.amc.edu.mx/amc/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72&Itemid=61](https://www.amc.edu.mx/amc/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=61)

Illumina Educación <https://illumina.me/>

Sociedad Matemática Mexicana

<https://www.smm.org.mx/>

## Juegos para todas las edades

Professor Fizzwizzle

Es un juego donde un profesor tiene que ir de un lugar a otro, pero hay obstáculos. Es muy interesante porque se parece mucho a cómo trabajamos en Matemáticas  
Interactive Mathematics Miscellany and Puzzles:  
<http://www.cut-the-knot.org/>

## Ligas Interesantes

<https://www.mujiencia.unam.mx>

<https://www.matem.unam.mx/>

<https://www.museodelamujer.org.mx/>

<https://www.museodelamujer.org.mx/index.php?page=24> (Enlaces interesantes)

<http://www.welcomingschools.org/resources/school-tips/transgender-youth-what/trans-how/este-preparado-para-preguntas-e-insultos-sobre-el-genero/>

<https://twitter.com/juanitolibritos/status/1217084113435471872?s=12>

<https://www.youtube.com/c/smmoficial>

*"El negarle a una niña el placer de acercarse a las Matemáticas, es exactamente una ablación".*

**MARTHA TAKANE IMAY "YOKO"**

Instituto de Matemáticas - UNAM

[takane@im.unam.mx](mailto:takane@im.unam.mx)

## 4

## INSPIRING SCIENCE, WELCOMING SCIENTISTS




---

**DARA J. NORMAN**

NATIONAL OPTICAL ASTRONOMY  
OBSERVATORY

We spend many resources and much effort on encouraging woman and underrepresented (URM) minorities to join the ranks of PhD scientists. However, we must focus equally as hard on retaining those who do become scientists to stay and thrive in the community. Currently, there are several cultural traditions, norms and values that are not conducive to fully enabling marginalized groups to survive in our fields as productive scientists. Until we recognize and eliminate these harmful facets of scientific culture, we will not achieve the numbers of women and URM in the field to which we aspire. In this article, I focus on identifying a few of the harmful myths that are pervasive in science culture, show how these lead to bias in hiring, promotion, and other subjective value assessments as well as lead to the sabotage (and sometimes self-sabotage) of capable researchers. Finally, I discuss some ways in which we can set about changing the culture and welcoming all scientists to participate in the scientific enterprise.

## 4.1 TEXT

As AURA ‘Diversity Advocate’ at the National Optical Astronomy Observatory, I have time within the scope of my functional duties to think about advancing some of the issues that I bring up in this article. The duties of my Diversity Advocate position include creating and advancing opportunities at NOAO/AURA (and in the larger astronomy and physics community) to bring more under-represented minorities (URM) and women into the “astronomy enterprise”, which includes research science, engineering, data science and instrument building, that is, those fields that support astronomical research.

I have participated in several successful Education and Public Outreach programs over the years, designed to help increase the astronomy research pipeline for women and students of color. But while I have been involved in trying to INSPIRE science in URM and women’s communities, through these programs, what I really want to emphasize in this article is how we have to think (or rethink) the RETENTION of the students that we recruit to continue in STEM fields as their career! Retaining those individuals in science means thinking more about the barriers posed by our science culture.

The definition of “culture” is:

- a) The customary beliefs, social forms, and material traits of a group,
- b) The set of shared attitudes, values, goals, and practices that characterizes an institution or organization,
- c) The set of values, conventions, or social practices associated with a particular field, activity, or societal characteristic.

*As scientists, we definitely have a ‘culture’ that includes a language (equations and how we describe phenomena) and has values (activities we hold as significant and those we deem less so). There are norms of tolerated, expected and ethical behavior. We have traditions (how we do participate in activities) and, I would suggest, we even have art (e.g., the way we give talks and how we take our data).*

This culture is something that, as scientists, we are all steeped in as we proceed through our careers. Also note that the culture is different for physics and biology or math or engineering, but we can all recognize traditions, values, and norms within each field. Furthermore, this culture is not innate, we learn it, and the understanding of its features are passed from our advisors and mentors. This culture is something we are living in and so we may not always recognize or acknowledge it, but we can see and feel the effects of it... if we pay attention.

To give an astronomical analogy, dark matter (DM) is something we can’t see and don’t fully understand, but we recognize its existence because of the affect it has, on things we can see and measure. For example, strong lensing in galaxy clusters is caused by the presence of DM. Although we cannot see the DM, we can see the lensed galaxies and arcs created by the gravitational interaction of DM with light. In a similar way, we can see the negative effects of our scientific culture reflected in the very low numbers of women and URM that are thriving in STEM fields.

*In this article, I discuss some of the myths of science culture that lead to the sabotage and even self-sabotage of potentially great researchers. Two of those grand myths of science are the idea of “inherent brilliance” and “solitary genius”. These myths help to promote both conscious and unconscious bias in subjective evaluations that are important for career advancement for early researchers.*

Finally, I'll suggest some ways in which we can change the culture and support more diverse and inclusive STEM fields (Page, S. 2007; Temm, 2008).

## 4.2 THE STORM OF SCIENCE CULTURE

Here I start with explaining two myths that are prevalent in science culture. The first is the myth of ‘inherent brilliance’. This is an idea that in order to succeed in math or science, one must be inherently good at these subjects, i.e., there are some things that cannot be taught. This myth ignores the fact that no one emerges from the womb being knowledgeable at math or science and that learning and developing an understanding of these concepts requires growth and gaining competency through practice and error.

In their paper, Leslie, Cimpian, Meyer and Freeland (Leslie, S. J. & al., 2015) show that the numbers of women in various fields of academic study correlate strongly with perceived requirements for brilliance versus hard work in the field. This paper looks at both STEM and other academic fields and demonstrates how women are systematically discouraged from fields that are perceived to require innate brilliance.

*The authors suggest that academic fields that want to increase the representation of women “may want to examine the culture they have about how much brilliance influences success” and “emphasize to students the importance of working hard”. For example, faculty might share personal anecdotes of struggle and challenges they have faced as they pursued a career in the field.*

Another myth that is common in science is the idea of the ‘lone genius’ who, by themselves, makes the big discoveries that win awards. This myth ignores the fundamental fact of science that successful and innovative ideas and discoveries are nearly always enabled by bodies of work and research that have

*Joan Clarke*

Criptoanalista y Numismática Británica (1917-1991)

*“A veces es la gente de la que nadie se imagina algo la que hace las cosas que nadie puede imaginar”.*



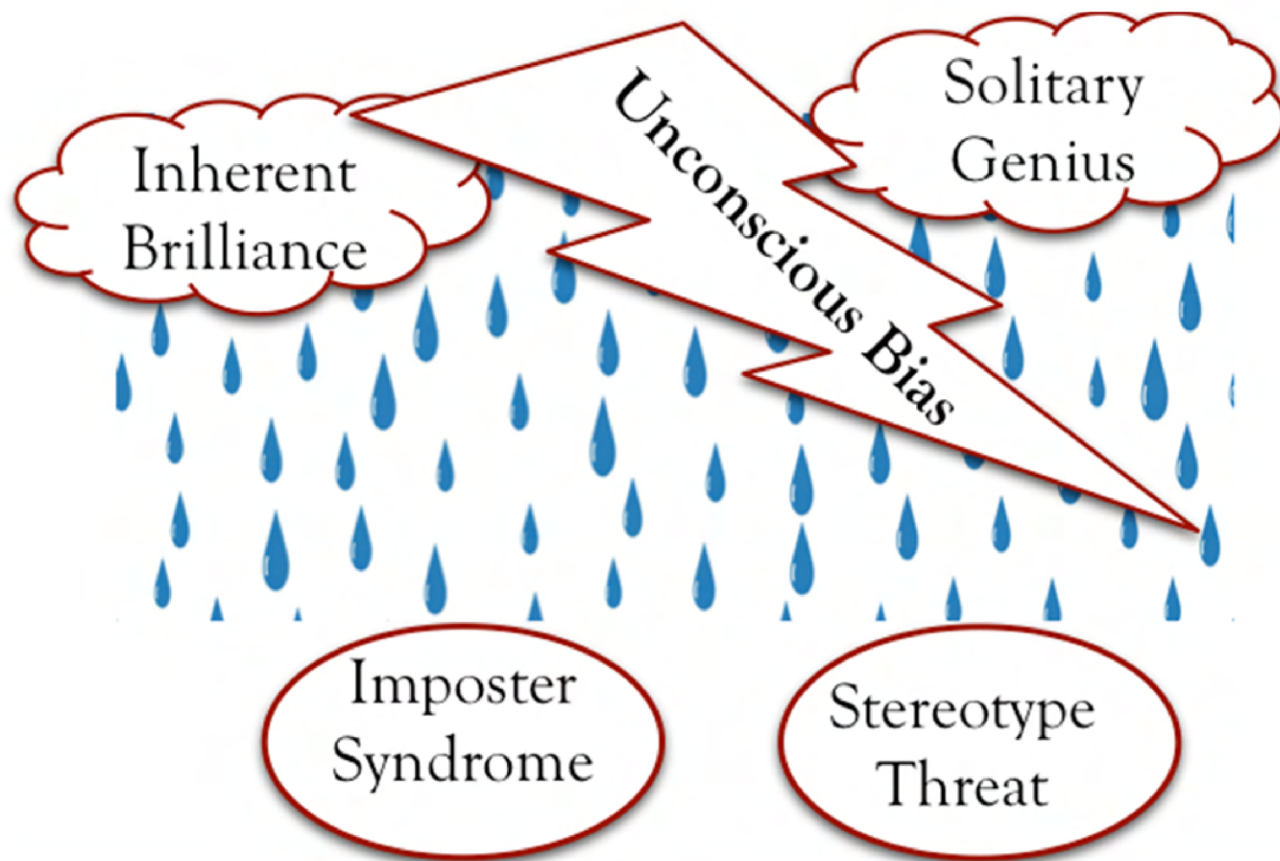


Figura 4.1

Myths that perpetuate in science culture are like a storm that fuels bias in subjective evaluations of field and career success. This hostile environment can lead to internal feelings of imposter syndrome and stereotype threat especially in already marginalized groups.

come before and often are the result of multiple collaborative or even competing ideas. These processes working together are the way in which big scientific discoveries are truly made.

It is the perpetuation and belief in these and other myths and stereotypes about scientific work, research and discovery that lead to schemas about who belongs in science. Schemas are nonconscious hypotheses, expectations and stereotypes of others based on their group membership that influence judgments (regardless of own group) (Nosek, Banaji, & Greenwald, 2002; Fiske, Cuddy, Glick, & Xu, 2002). Numerous studies show that schemas lead to unconscious bias which influences the judgment of others and affects the ability to make

evaluations of others (Goldin & Rouse, 2000; Moss-Racusin & al., 2002; Steinpreis, Anders, & Ritzke, 1999; Trix & Psenka, 2003). These studies demonstrate that in many situations requiring subjective assessments, women and minorities are often denied equal treatment and recognition for their achievements, because their work is either undervalued or demonstrated to be held to higher standards. Over time, these differences in treatment and perception can accumulate and lead to major differences in available resources, rewards, and workplace demographics. For example, differences in the numbers of women and URM hired can lead to differences in salary, promotion rates, and prestige, including advancement to leadership positions (Goldin & Rouse, 2000).

If we end up with a scientific culture that values the notion of inherent brilliance over hard work and keeps up the tradition of recognizing only solitary genius instead of acknowledging collaborative effort and support, those traditions and values make it possible for stereotyping and bias to run rampant in subjective processes like hiring, promotion and reward. Therefore, it is no surprise that in such an environment, symptoms of distress and self-sabotage are prevalent and manifest as imposter syndrome and stereotype threat.

The phenomenon of imposter syndrome was first described in the 1970's by Drs. Suzanne Imes and Pauline Rose Clance (Clance, P.R., & Imes, S.A., 1978). It is characterized by intellectual selfdoubt, attributing ones own accomplishments to luck rather than to ability and the fear that others will "find out you're a fraud". This phenomenon is shown to be more common among people starting a new endeavor, often occurs in high achievers who are unable to internalize and accept their success and is frequently felt by women and URM.

Studies done starting in 1995 by Claude Steele show that stereotype threat can result when (gender an/or racial/ethnic) minorities in a group are conscious of (and anxious about) their status within the group, widely held cultural stereotypes of that minority, their need to overcome those stereotypes and/or their need to combat the stereotype as a representative of their minority.

**As Dr. Steele notes in his book, 'Whistling Vivaldi' (Steele, C., 2010), "There exists no group on earth that is not negatively stereotyped in some way: the old, the young, Northerners, Southerners, WASPs, computer whiz kids, Californians and so forth".**

Thus, these subsequent studies have shown that stereotype threat can be demonstrated in performing all kinds of tasks (e.g., math tests, negotiation tasks, athletic abilities) by any group that is believed to perform poorly at that task and is reminded of their expected poor performance because of being part of a stereotyped group. An important finding is that the act of "reminding" an individual of their group status can be a subtle as asking them to acknowledge their membership in the group. That is, groups of women asked about their gender (as part of a demographic survey) before a math test perform statistically more poorly than matched women not asked about their gender (Steele, C. & J. Aronson, 1995; Steele, C., 1997).

Self-inflicted stress because of imposter syndrome and stereotype threat can lead to difficulty concentrating on tasks at hand, which can result in poor performance. Furthermore, this poor performance can also reinforce the proliferation of stereotype and discrimination, just as feared. This continued stress and anxiety has been shown to lead to immediate and long term health consequences for those experiencing it.

*Katherine Johnson*

Física, científica espacial y matemática estadounidense (1918-2020)

*"Investiga. Pregunta. Encuentra a alguien que haga aquello en lo que estás interesada. Sé curiosa".*



There are strategies to determine the stresses resulting from imposter syndrome and stereotype threat. The first is to recognize the occurrence of these phenomena in oneself and others, and acknowledge that feelings around these concerns are legitimate and common. Managing emotions and reaction around these concerns can include

talking with mentors, recognizing and living in one's own expertise through tutoring, outreach, etc., acknowledging the difficulty in challenging situations and taking stock of one's strengths. Additional suggestions to combat each phenomenon can be found in the references below.

### 4.3 CHANGING THE CULTURE

Ultimately, if we want to continue to achieve and innovate in scientific fields, we need to grow the fields. Thus, we must change our scientific culture to be more welcoming and supportive of the broad and diverse range of people who can contribute. Recruitment into the field is not enough. Supporting scientists includes being and promoting responsible role models and mentors, encouraging career path finding and empowerment through opportunities for access to data, resources, and leadership. Good mentors are hard

to find, and those of us in science fields need to educate ourselves on how to be GOOD mentors. We should be encouraging multiple mentors (including by peers) and supporting students attending 'mentoring' and networking conferences alongside scientific conferences. We must embrace strategies to deter imposter syndrome and stereotype threat and keep ourselves aware of the culture young women and URM are working. We must also acknowledge that there is more than one way to be a successful and productive scientist or engineer.

*As professional scientists, we (men and WOMEN) need to stop feeding the current unwelcoming science culture.*

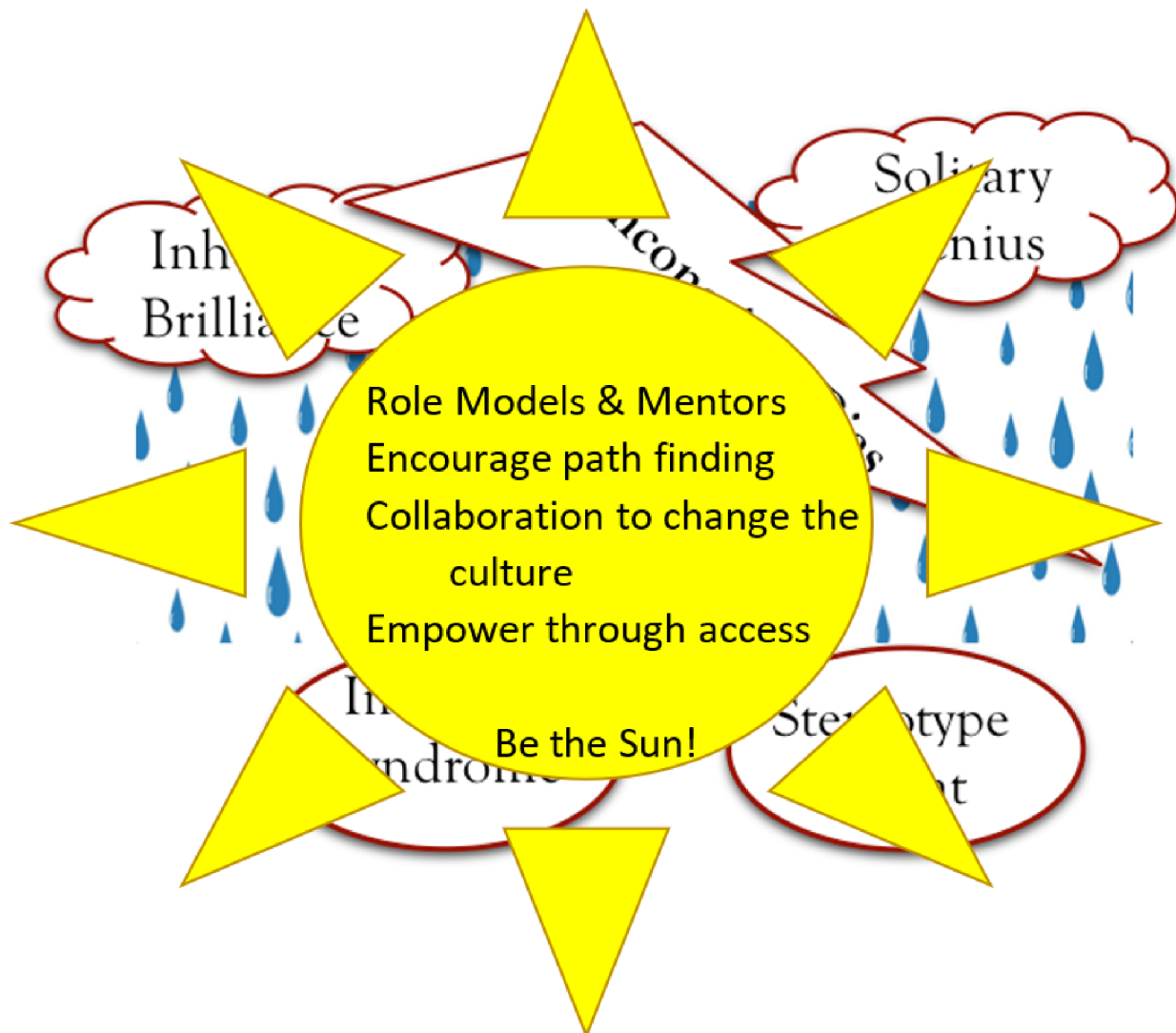


*Rachel Louise Carson*

Bióloga Marina (1907-1964)

*“Hay una belleza tan simbólica como real en la migración de las aves, en el flujo y reflujo de la marea, en los repliegues de la yema preparada para la primavera. Hay algo infinitamente reparador en los reiterados estribillos de la naturaleza, la garantía de que el amanecer viene tras la noche, y la primavera tras el invierno”.*





**Figura 4.2**

In order to change the negative (and stormy) aspects of our science culture, men and women in STEM fields must be more supportive of and welcoming to those early in their career. We must be the sun.

## 4.4 SUMMARY

We all must continue to inspire, encourage, and recruit young women and girls to pursue careers in Science, Technology, Engineering and Math. However, recruiting is not enough! We must make sure that our recruits are able to succeed and prosper in their chosen scientific careers. This suggests that we must examine our science culture (its traditions and values) and understand the ways in which is not welcoming to women and minority groups and change those ways and attitudes.

*All of us must strive to be more welcoming of the scientists that we recruit.*

## • Acknowledgment

Thanks to the organizers for inviting me to speak on this topic. Since my professional work is in astronomy, I have to thank all those who have pointed me to the scholarly works cited here, and especially all current and former members of the AURA workforce and diversity committee.

## • References

### Articles

Page, S. (2007). *The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies*. Princeton University Press.

Temm (2008). In L. Schiebinger (Ed.), *Gendered Innovation in Science and Engineering* (pp. 131-149).

Leslie, S. J., Cimpian, A., Meyer, M., & Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, 347(6219), 262-265. <https://doi.org/10.1126/science.1261375>

Nosek, Banaji, & Greenwald (2002). *Group Dynamics: Theory, Research and Practice*, 6, 101-115.

Fiske, Cuddy, Glick, & Xu (2002). *Journal of Personality and Social Psychology*, 82(6), 878-902.

Goldin & Rouse (2000) *The American Economic Review*, 90, 4, 715-741.

Moss-Racusin, Dovidio, Brescoll, Graham and Handelsman (2012) *PNAS* 1211286109

Steinpreis, Anders, & Ritzke (1999) *Sex Roles*, 41, 509, 23

Steele, C. & J. Aronson (1995). *Journal of Personality and Social Psychology* 69.5, 797-811.

Steele, C.M. (1997). "A Threat in the Air: How Stereotypes Shape Intellectual Identity and Performance" *American Psychologist* : 613-629.

Kray, L. J., Galinsky, A. D., & Thompson, L. (2002). Reversing the gender gap in negotiations: An exploration of stereotype regeneration. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 87, 386-409.

Clance, P.R., & Imes, S.A. (1978). The imposter phenomenon in high achieving women: Dynamics and therapeutic intervention. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice*, 15(3), 241.

### Books

Steele, Claude. *Whistling Vivaldi: And Other Clues To How Stereotypes Affect Us*. New York : W.W. Norton & Company, ©2010.

### Web Pages

<https://www.aura-astronomy.org/diversity/>

<http://theconversation.com/myth-of-the-genius-solitary-scientist-is-dangerous-87835>

<https://www.theguardian.com/science/occams-corner/2017/oct/04/myth-lone-genius-nobel-gravitational-waves-ligo>

University of Michigan STRIDE (Tools, best practices) <http://sitemaker.umich.edu/advance/home>

AAS CSWA <http://www.aas.org/cswa/unconsciousbias.html>

AWIS-AWARDS video series (Bias in award selection) <http://www.awis.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=415>

University of Washington (Interrupting Bias Video) <http://advance.washington.edu/>

<http://www.engr.washington.edu/lead/biasfilm/>

STSci Lecture series Hard Science/Soft Skills (especially Drs. Abigail Stewart (UMI), Peggy Macintosh (Wellesley College))

<http://www.stsci.edu/institute/conference/hsss>

<https://plantae.org/wp-content/uploads/2017/08/ImposterCredited.jpg>

<https://www.astrosociety.org/37RYL62T/astrobeat/ab2018-162.pdf>

**DRA. DARA J. NORMAN**

National Optical Astronomy Observatory - NSF  
dnorman@noao.edu

## 5

## GEOLOGÍA PARA ENAMORARSE: NUESTRA FASCINANTE LUNA

MARÍA GUADALUPE CORDERO  
TERCERO

INSTITUTO DE GEOFÍSICA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO



Fragmento de "Frontispiece for the Opere di Galileo Galilei"  
(Stefano Della Bella, 1656)

Fuente: Imagen de dominio público.

La Luna es el satélite natural de la Tierra y es el cuerpo planetario más cercano a nosotros, no sólo por su distancia, sino por su origen. De acuerdo con los resultados de numerosas investigaciones, la Luna se formó cuando un embrión planetario del tamaño de Marte chocó con la proto-Tierra hace unos 4,500 millones de años. Gracias a esta colisión, la Tierra adquirió más masa y se hizo de una compañera cuya presencia ha sido mucho más importante que inspirar a poetas.

*Gracias a la Luna, la vida en la Tierra ha podido sostenerse por miles de millones de años. Entender todo este proceso, ha sido una aventura que vale la pena contarse, así que ¡Contémosla!*



**Figura 5.1**

Dibujo de la Luna realizado por Galileo Galilei en 1609, tras observarla a través del telescopio construido por él (Galilei, 2007).

*Un pedazo de luna en el bolsillo  
es el mejor amuleto que la pata de conejo:  
sirve para encontrar a quien se ama,  
para ser rico sin que nadie lo sepa  
y para alejar a los médicos y las clínicas.  
Se puede dar de postre a los niños  
cuando no se han dormido,  
y unas gotas de luna en los ojos de los ancianos  
ayudan a bien morir.*

Fragmento del poema "La Luna" (Jaime Sabines)

## 5.1 LA LUNA

La Luna nos es tan familiar a los seres humanos como el aire, el agua, las nubes y las estrellas. Para los astrónomos, su presencia puede no ser muy agradable pues la luz de la Luna llena opaca la luz de las estrellas y de los meteoros débiles, pero ¿quién no se conmueve viéndola brillar con todo su esplendor en el cielo nocturno?

El 30 de noviembre de 1609, Galileo Galilei observó la Luna por primera vez a través del telescopio que acababa de construir. En su libro "La Gaceta Sideral",

Galileo escribe que tras observar nuestro satélite varias veces concluye que *“la superficie de la Luna y de los demás cuerpos celestes no es de hecho lisa, uniforme y de esfericidad exactísima, tal y como ha enseñado de ésta y de otros cuerpos celestes una numerosa cohorte de filósofos, sino que, por el contrario, es desigual, escabrosa y llena de cavidades y prominencias, no de otro modo que la propia faz de la Tierra”* (Galilei, 2007). Esta fue la primera vez, con base en observaciones, en la cual alguien consideró a los cuerpos planetarios como similares a la Tierra y susceptibles de presentar relieve (ver Fig. 5.1).

La Geología es la ciencia que estudia el pasado y el presente de nuestro planeta y da una posible proyección hacia el futuro a través del estudio de los procesos que han moldeado la superficie de la Tierra. La Geología también ha mostrado cuán estrechamente se relacionan los seres vivos con los procesos que modifican la superficie y la atmósfera del planeta (Leet y Judson, 1986). Esta definición tiene una característica interesante: está basada en la Tierra. Esto se debe a que es el único cuerpo planetario al cual podemos estudiar directamente y con gran detalle, por eso nos sirve como modelo, en

el sentido de que todas las estructuras observadas en otros cuerpos, primero tratan de entenderse comparándolas con las estructuras terrestres y con la manera en que éstas se forman, si esto no funciona, se buscan otras formas de explicarlo, pero siempre con base en la física, química y mineralogía que aplican en la Tierra.

Con el inicio de la era espacial, empezó también el estudio de la geología planetaria. A través de cámaras de video, fotográficas y de CCD, así como de distintos instrumentos y métodos geológicos y geofísicos, se han identificado siete procesos geológicos en los cuerpos planetarios: i) tectonismo, ii) vulcanismo; iii) procesos hidrológicos, iv) procesos eólicos, v) procesos glaciales; vi) movimientos de masa y vii) craterismo de impacto (Melosh, 2011; Rossi y Van Gasselt, 2018). El único cuerpo planetario que actualmente presenta estos siete procesos es la Tierra, en los otros planetas estos procesos se han presentado en el pasado en menor o mayor medida y actualmente sólo algunos de estos procesos se observan en ellos. En la Luna, los principales procesos geológicos han sido el tectonismo, el vulcanismo y el craterismo de impacto razón por la cual sólo escribiré sobre ellos.

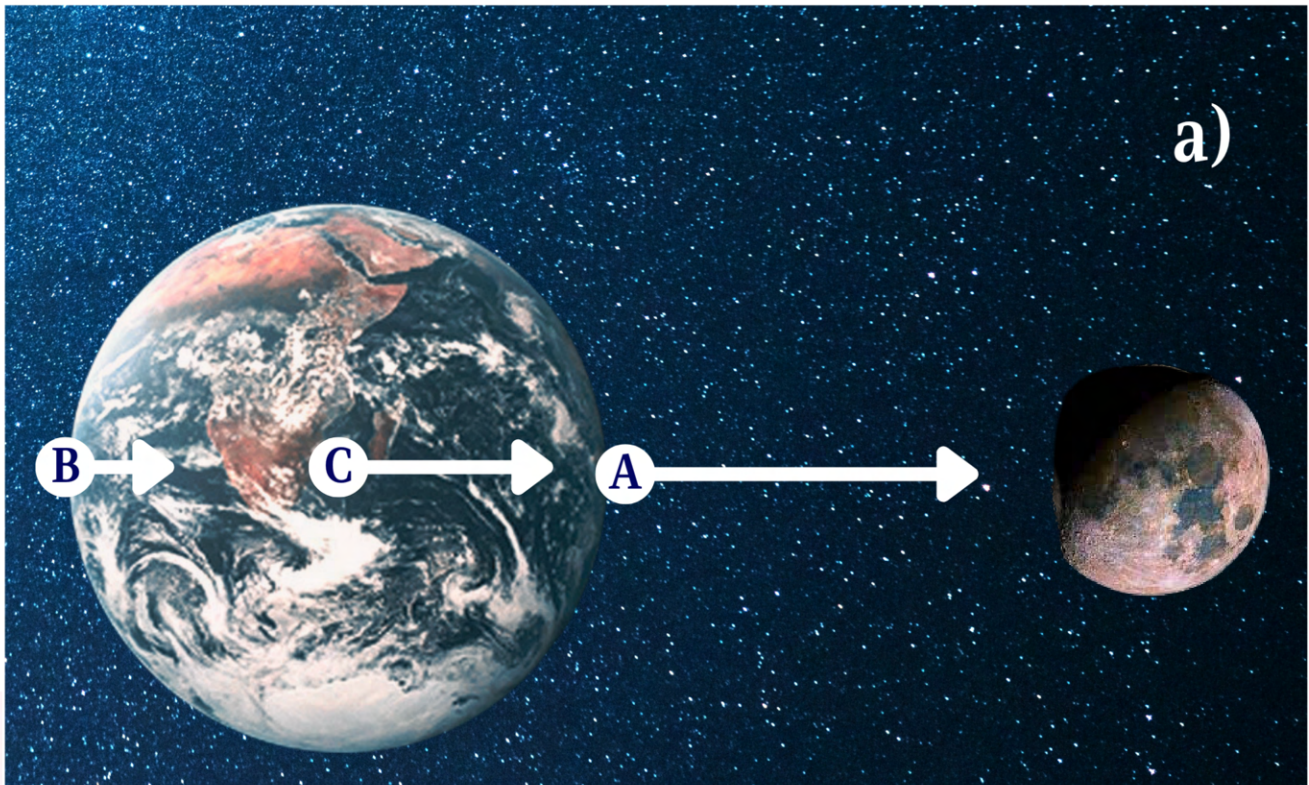
## 5.2 TECTONISMO

La palabra tectonismo viene de una palabra griega que significa *“constructor”* y estudia las causas por las cuales la corteza de la Tierra y de otros planetas se deforma o fractura.

En otras palabras, estudia la formación de montañas, valles, hundimientos, etc. Existen varios tipos de tectonismo: tectónica de placas, tectónica vertical, tectónica de marea y tectónica de impacto (Melosh, 2011 y consideraciones personales).

La Tierra tiene la forma de una esfera ligeramente achatada en los polos. El radio de esa esfera mide 6,371 km (Tarbuck y Lutgens, 2013), esto equivale a

21 veces la distancia de la Ciudad de México a Acapulco. Nuestro planeta está dividido en capas, la más interna es un núcleo de hierro sólido, después está un núcleo externo de hierro líquido, a esta capa le sigue un manto de roca y finalmente, la capa más externa la cual recibe el nombre de corteza. Existen dos tipos de corteza: la oceánica y la continental. La primera tiene un espesor aproximado de unos 7 km mientras que la segunda tiene un espesor promedio de 40 km (Tarbuck y Lutgens, 2013), lo que equivale a un poco más de la décima parte de la distancia de la Ciudad de México a Acapulco. Esta corteza no ha sido la misma desde el inicio de la historia de la Tierra. Debido a que el manto bajo la corteza se mueve de manera similar a las burbujas del agua hirviendo (aunque muy, muy lentamente), este movimiento



**Figura 5.2**

Esquema que representa las fuerzas que ejerce la Luna sobre la Tierra. El tamaño de las "flechas" representa la magnitud de la fuerza. a) fuerzas vistas desde un sistema de referencia fuera de la Tierra, b) fuerzas vistas desde un sistema de referencia con origen en el centro de la Tierra.



hace que la corteza se mueva y, al hacerlo, además de sismos y formación de volcanes se produce nueva corteza en algunos lugares y se destruye corteza en otras partes. Con el tiempo, una gran parte de la corteza de la Tierra se renueva, de hecho, sólo en pocos lugares de la Tierra se pueden encontrar rocas muy antiguas, las más antiguas que se conocen se encuentran cerca del lago Great Slave en Canadá y tienen una edad de 4,030 millones de años (Tarbuck y Lutgens, 2013), es decir, se formaron casi 500 millones de años después de que la Tierra se formó como planeta. Al proceso descrito anteriormente se le conoce como tectónica de placas, porque la corteza de la Tierra está “dividida” en varias partes como si fueran un gran rompecabezas cuyas piezas (placas) se mueven. En nuestro planeta este es el principal proceso por el cual se renueva la corteza.

En 1686 se publica uno de los libros más importantes de la historia de la física: *“Los principios matemáticos de la filosofía natural”* o *“Principia”* para los cuates. En este libro, Isaac Newton da a conocer la ley de atracción gravitacional, la cual dice que la fuerza con la que se atraen dos cuerpos es mayor conforme sus masas sean mayores y que, dadas dos masas, la fuerza entre ellas disminuirá conforme una se aleje de la otra (Udías, 2005). Los cuerpos planetarios no son puntos, son esferas (o casi), de tal manera que la fuerza ejercida, por ejemplo, por la Luna sobre la Tierra no es la misma en los puntos A, B y C de la Fig. 5.2 (a). Estas fuerzas provocan que el planeta se deforme de una manera similar a como se deforma una pelotita “antiestrés” cuando la aprietas con la mano (Fig. 5.2 (b)).

Estas fuerzas, conocidas como fuerzas de marea, deforman no sólo la corteza sino que hace que toneladas de roca del interior del planeta se muevan y al hacerlo se calienten, de manera similar a cuando tú frota tus manos para calentarlas en época de frío. Este calor puede llegar a ser una fuente de calor muy importante en los cuerpos planetarios, el ejemplo más impresionante es el satélite Io, uno de los cuatro satélites galileanos de Júpiter. Su cercanía al planeta produce grandes esfuerzos de marea y generan el calor suficiente como para que Io tenga un volcanismo muy activo haciéndolo uno de los objetos más geológicamente activos del sistema solar. Lo mostrado en la Fig. 5.2 para la Tierra, también aplica para la Luna. En el caso de nuestro satélite, las fuerzas de marea son la fuente de los sismos profundos. Las misiones Apolo 12, 14, 15 y 16 dejaron en la Luna sismómetros que tomaron datos entre 1969 y 1977. Se tienen registrados 12,558 sismos en los 7 años de operación de la red sísmica lunar (Fig. 5.3). Los sismos en la Luna, además de ser causados por las fuerzas de marea, también son causados por impactos con asteroides y meteoroides. En el tiempo de operación de la red sísmica lunar se registraron 1,742 sismos causados por impactos (Lognonné y Johnson, 2009).

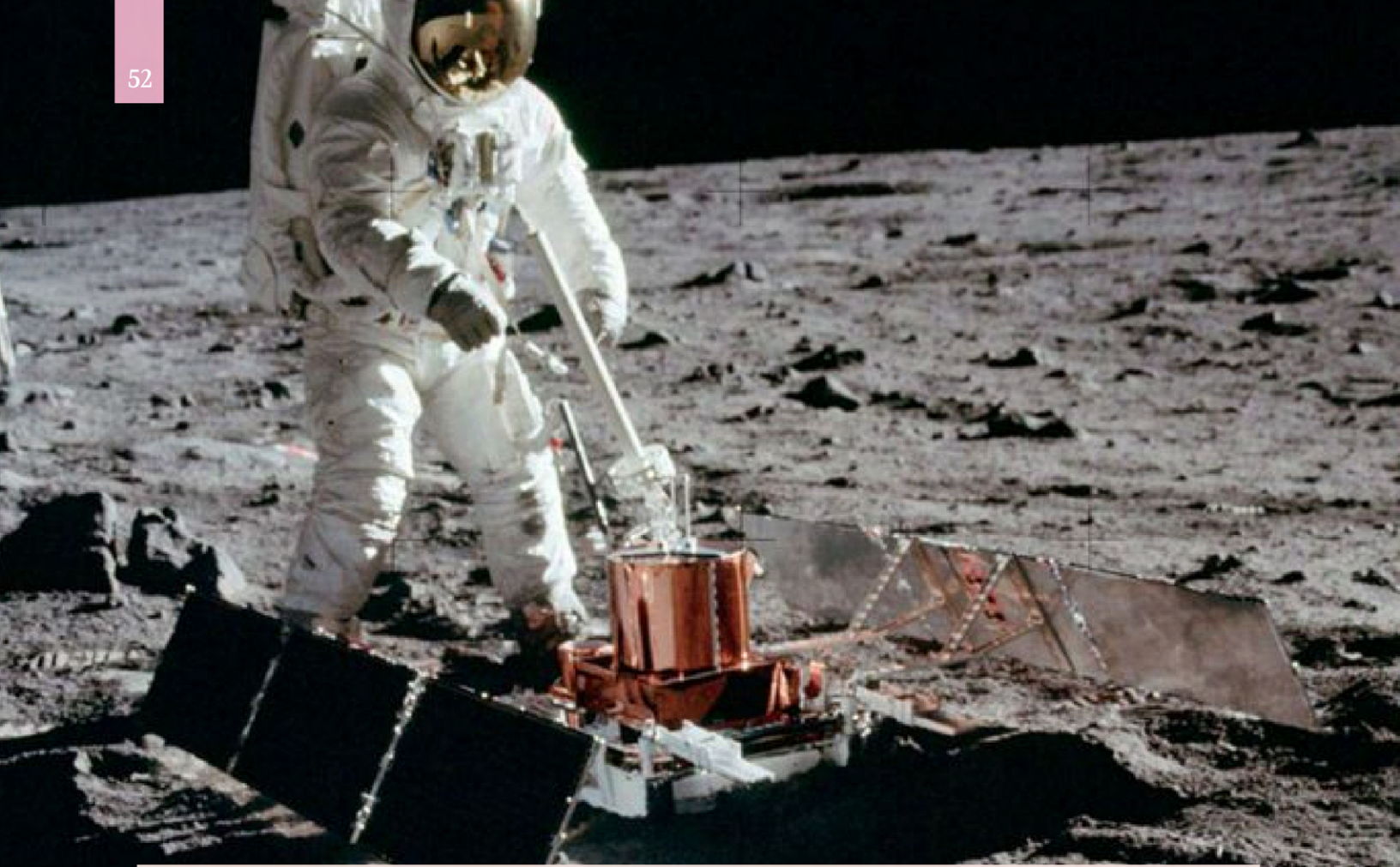
La tectónica vertical se relaciona con los movimientos de la corteza debido a que se le ponen o quitan cargas (glaciares, sedimentos, etc.). Si a una esponja se le pone un peso encima, ésta se hunde y si se lo quitamos poco a poco, va recuperando su tamaño, algo similar ocurre con la corteza. También se refiere a la deformación sufrida por la corteza debido a la salida de material proveniente del subsuelo. La tectónica de impacto se explicará más adelante.

*Cecilia Payne-Gaposchkin*

Astrónoma y Astrofísica (1900 - 1979)

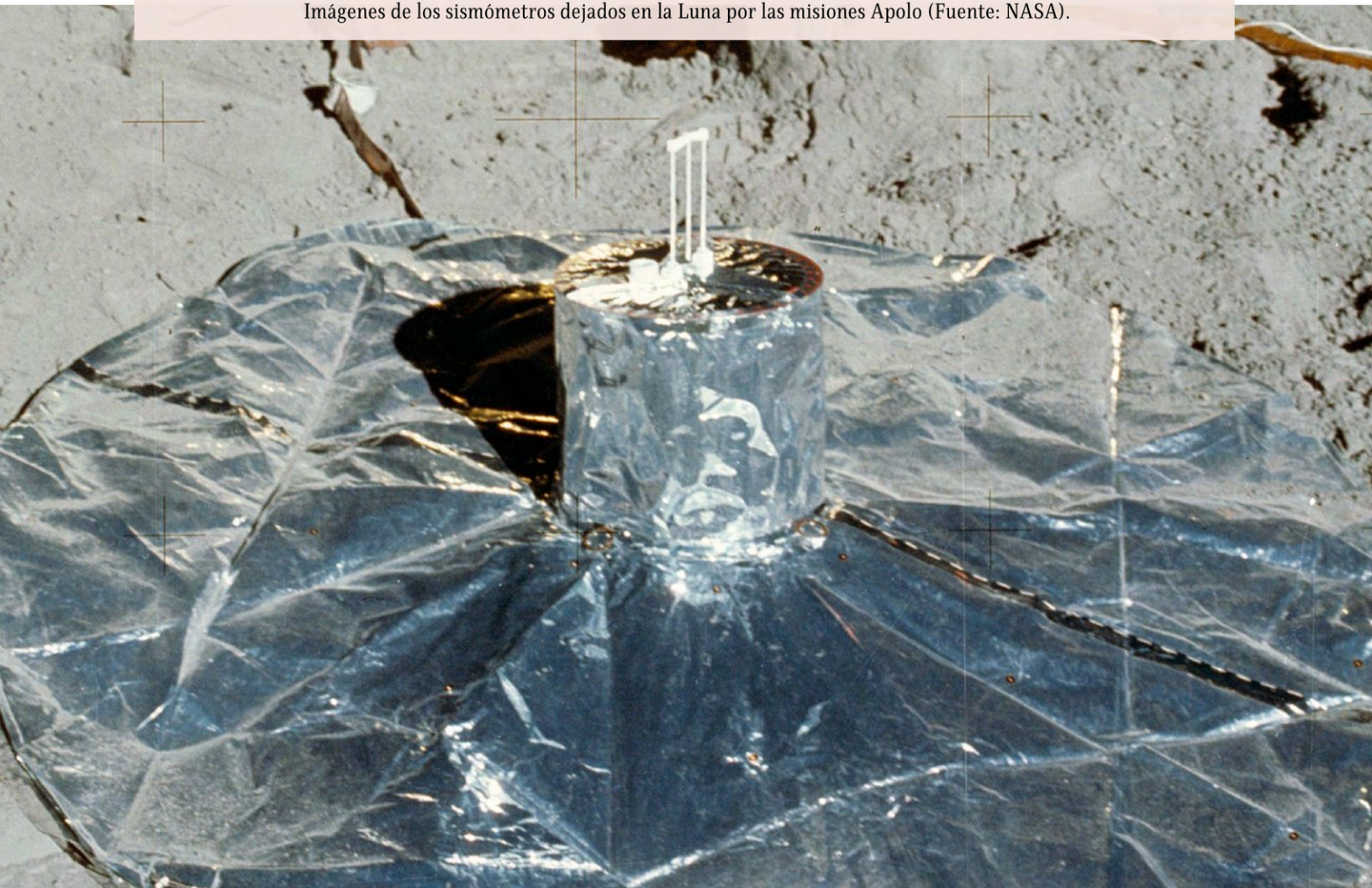
*“Tuve la culpa de no haber insistido en lo que creía. Me rendí cuando pensaba que tenía razón y ese es otro ejemplo de cómo no investigar. Un consejo para los jóvenes: si estás seguro, defiende tu postura”.*





**Figura 5.3**

Imágenes de los sismómetros dejados en la Luna por las misiones Apolo (Fuente: NASA).





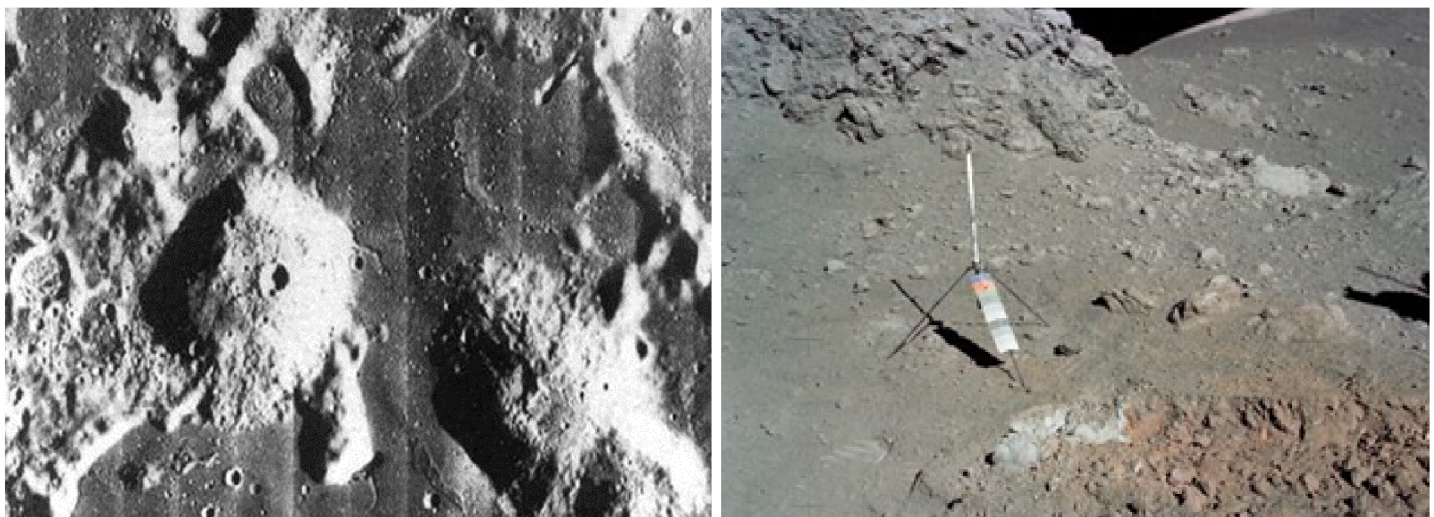
## 5.3 VULCANISMO

*El vulcanismo es el proceso por el cual las rocas del interior de un cuerpo planetario se funden y ascienden a través de la corteza (Vita-Finzi y Fortes, 2013). Al salir forman estructuras tales como volcanes, domos, canales de lava, etc.*

En la Tierra existen distintas estructuras volcánicas. Los volcanes escudo se originan por la acumulación de lavas basálticas (como las que originaron las rocas negras sobre las que se construyó la Ciudad Universitaria de la UNAM), las cuales forman una estructura en forma de domo. Estos nacen generalmente en el fondo del océano y pueden crecer lo suficiente como para sobrepasar el nivel del mar y formar islas. Los volcanes compuestos o estratovolcanes, se encuentran principalmente en el anillo de fuego del pacífico, asociado a zonas donde dos placas tectónicas chocan y una se hunde debajo de la otra. Los volcanes compuestos se forman por la acumulación de capas de cenizas con capas de coladas piroclásticas (mezcla de gases calientes con ceniza y fragmentos de lava incandescente) (Tarbuck y Lutgens, 2013).

En la Luna no existen grandes volcanes escudo ni estratovolcanes debido a que: a) las lavas lunares son muy fluidas y por tanto no es fácil su acumulación, b) la cantidad de lava que sale por unidad de tiempo es tan alta que el material no se enfría pronto y sigue fluyendo y c) la carencia de atmósfera y la baja fuerza gravitacional del satélite no retienen la lava ni las cenizas arrojadas de la fisura y por tanto no se forman estructuras. Sin embargo, en la Luna se observan unos 400 domos volcánicos pequeños y un número similar de pequeños volcanes escudo de 4 a 5 km de diámetro y algunos cientos de metros de altura (Fig. 5.4, izquierda) (Frankel, 1996).

En diciembre de 1972, durante la exploración de la superficie de la Luna por los astronautas del Apolo 17, Harrison H. "Jack" Schmitt, empezó a exclamar asombrado "*¡El suelo es naranja!*" (Fig. 5.4, derecha), él pensó que era una fumarola, pero estudios realizados posteriormente mostraron a ese material como proveniente de una "*fuentes de lava*", es decir, lava arrojada a lo largo de una fisura formando una especie de cortina, similar a la observada en los flancos del volcán Kilauea, Hawái (Frankel, 1996; Tarbuck y Lutgens, 2013).



**Figura 5.4**

A la izquierda se muestra una imagen de un domo volcánico en la Luna, a la derecha se observa el famoso suelo naranja visto por Harrison Smith durante la misión Apolo 17 (Imágenes de NASA).

La estructura volcánica más importante en la Luna son extensos flujos de lava conocidos como erupciones fisurales o basaltos de inundación debido a que emergen de largas grietas (fisuras), y son tan fluidas que son capaces de cubrir el relieve inundándolo. En la Tierra se observan estas llanuras de inundación al noroeste de estados Unidos, en Columbia, donde los basaltos cubren 200,000 km<sup>2</sup> de superficie y tienen un espesor de 1.5 km. Otros lugares donde hay extensas llanuras de inundación son los basaltos de Deccan, India, con una extensión de 500,000 km<sup>2</sup> y un espesor máximo de 2 km y en los grandes lagos donde fueron arrojados más de 1,000,000 km<sup>3</sup> de lava (Frankel, 1996; Tarbuck y Lutgens, 2013; Vita-Finzi y Fortes, 2013). En la Luna, este tipo de volcanismo se observa en los “mares”, es decir, el material obscuro que forma el famoso conejo de la

Luna, tan sólo Mare Imbrium tiene una extensión mayor a los basaltos de Deccan y pueden llegar a tener un espesor de 50 km, no hay nada en la Tierra que se le iguale. Los mares se produjeron tras la formación de las grandes cuencas de impacto que cavaron muy profundo y la lava aprovechó las fracturas para ascender y rellenar las cuencas.

La principal actividad volcánica en la Luna terminó hace dos mil millones de años (Greeley, 2013), pero recientemente se ha mostrado que en una región localizada entre los 40° y los 56° grados de latitud Oeste y los 16° y 26° de latitud Norte, la actividad volcánica continuó hasta hace unos mil millones de años (Zanetti et al., 2018).

## 5.4 CRATERISMO DE IMPACTO

De los siete procesos geológicos mencionados al principio de este manuscrito, el único que se ha observado en todos los cuerpos planetarios y que ha ocurrido a lo largo de toda la historia del sistema solar es el craterismo de impacto. Este proceso consiste en la formación de una gran cavidad (hoyo) en las superficies planetarias cuando un asteroide o núcleo cometario choca con ellas a una velocidad mayor a varios kilómetros por segundo. En la Tierra, la velocidad de impacto puede variar entre 11.2 km/s y 72 km/s, aunque la velocidad e impacto típica se considera de 20 km/s.

Como se mencionó anteriormente, el primero en observar estas cavidades en la Luna fue Galileo. Las astronautas las han observado en las superficies de Marte, Venus, Mercurio, asteroides, núcleos cometarios y todos los satélites de los planetas. A diferencia de los otros seis procesos geológicos listados arriba, el craterismo de impacto tuvo que verse primero en otros cuerpos planetarios para que volteáramos a buscarlo en nuestro propio planeta.

Gracias a la tectónica de placas, la corteza de la Tierra cambia y borra muchas cosas que pasaron, esa es la razón de no ver tantos cráteres de impacto en su superficie. A la fecha se han registrado solamente 190 cráteres de impacto en nuestro planeta<sup>1</sup>, mientras que en otras superficies planetarias hay decenas de miles.

El tamaño de un cráter de impacto depende de la energía cinética del asteroide o núcleo cometario cuyo impacto lo forme. La energía cinética es una combinación de la masa y la velocidad del objeto (ver ecuación en la parte superior de la fig. 5.5). También depende de si el planeta tiene una atmósfera o no y de qué tan dura es la superficie contra la que choca. La velocidad típica con la que chocan los asteroides con la Luna es de 16 km/s. La figura 5.5 muestra los resultados de calcular la energía que tendrían asteroides rocosos de distintos tamaños antes de impactar con la superficie lunar. Las unidades de energía están dadas en kilotones, energía equivalente a la explosión de mil

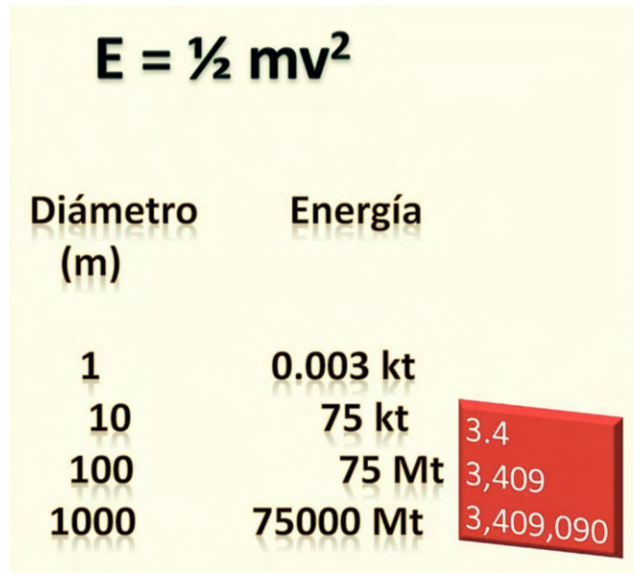
1. [http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website\\_05-018/Index.html](http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-018/Index.html)

toneladas de TNT (TNT significa trinitrotolueno y es un compuesto químico explosivo).

El 9 de agosto de 1945, durante la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos de América lanzaron una bomba de 22 kilotonnes sobre la ciudad japonesa de Nagasaki. Esta explosión causó la muerte de 38,000 personas y 21,000 sufrieron lesiones (Glasstone y Dolan, 1977). Como se puede observar en la Fig. 5.5, un objeto de 10 m choca con la superficie de la Luna con una energía equivalente a 3.4 bombas atómicas como la lanzada sobre Nagasaki, uno de 100 metros choca con una energía equivalente a 3,400 bombas atómicas y un objeto de 1 km choca con una energía de casi 3 millones y medio de bombas atómicas. Con estos números nos damos cuenta de las energías tan enormes involucradas en la colisión entre objetos cósmicos.

Otro ejemplo es la energía del impacto que originó el cráter de Chicxulub, México y a cuyas consecuencias se atribuye la extinción de los dinosaurios. Se piensa que la longitud del objeto que impactó fue de unos 10 km. Si seguimos con la secuencia de los datos en la Fig. 5.5, esto implica que el objeto impactó con una energía equivalente a 3,400 millones de bombas atómicas como la de Nagasaki. Para tener otra idea de lo que esto significa, consideremos que, según modelos y estimaciones, menos del 1% de la energía cinética del impacto se convierte en energía sísmica. Estas estimaciones sugieren que ese 1 % de la energía del objeto, tras cuyo impacto se originó el cráter de Chicxulub, produjo un sismo de 11 grados de magnitud (Hills y Gouda, 1993).

Los cráteres de impacto se clasifican, de acuerdo a su morfología, en cráteres simples o cráteres tazón (Fig. 5.6 (a)), cráteres complejos con pico central (Fig. 5.6 (b)), cráteres complejos con anillos de picos centrales (Fig. 5.6 (d)) y cuencas multianilladas (Fig. 5.6 (c)). En la Luna, los cráteres complejos tienen dimensiones mayores a 15 km de diámetro, cráteres menores son cráteres simples y las cuencas multianilladas tienen diámetros mayores a 200 km (Melosh, 1989; Osinski y



**Figura 5.5**

Energías probables de los objetos que chocan con la Luna. Los números en el recuadro muestran la equivalencia de esa energía en número de bombas atómicas como las lanzadas sobre la ciudad de Nagasaki el 9 de agosto de 1945.

Pierazzo, 2013). El tamaño de estos cráteres depende de su energía cinética, como ya se mencionó, así que si suponemos por un momento que todos los objetos chocan contra la superficie lunar a unos 16 km/s, entonces la masa (y el tamaño del objeto), determinará el tamaño del cráter. En primera aproximación, el tamaño del objeto es una décima parte del tamaño del cráter. Esto significa que una cuenca multianillada de unos 200 km de diámetro fue producida por un objeto de unos 20 km, esto equivale a 2.3 veces la altura del monte Everest.

**Para estudiar la secuencia de formación de capas de rocas, los geólogos emplean, entre otras cosas, el llamado “principio de superposición”.**

El principio de superposición dice que si una capa o estructura está arriba de otra, entonces ésta se formó después de la que queda debajo siempre y cuando no haya habido plegamientos. Aplicando este principio, Shoemaker y Hackman (1962) hicieron un estudio de las estructuras lunares conocidas en ese momento y dividieron la Luna en regiones de acuerdo a su edad relativa pues con es-

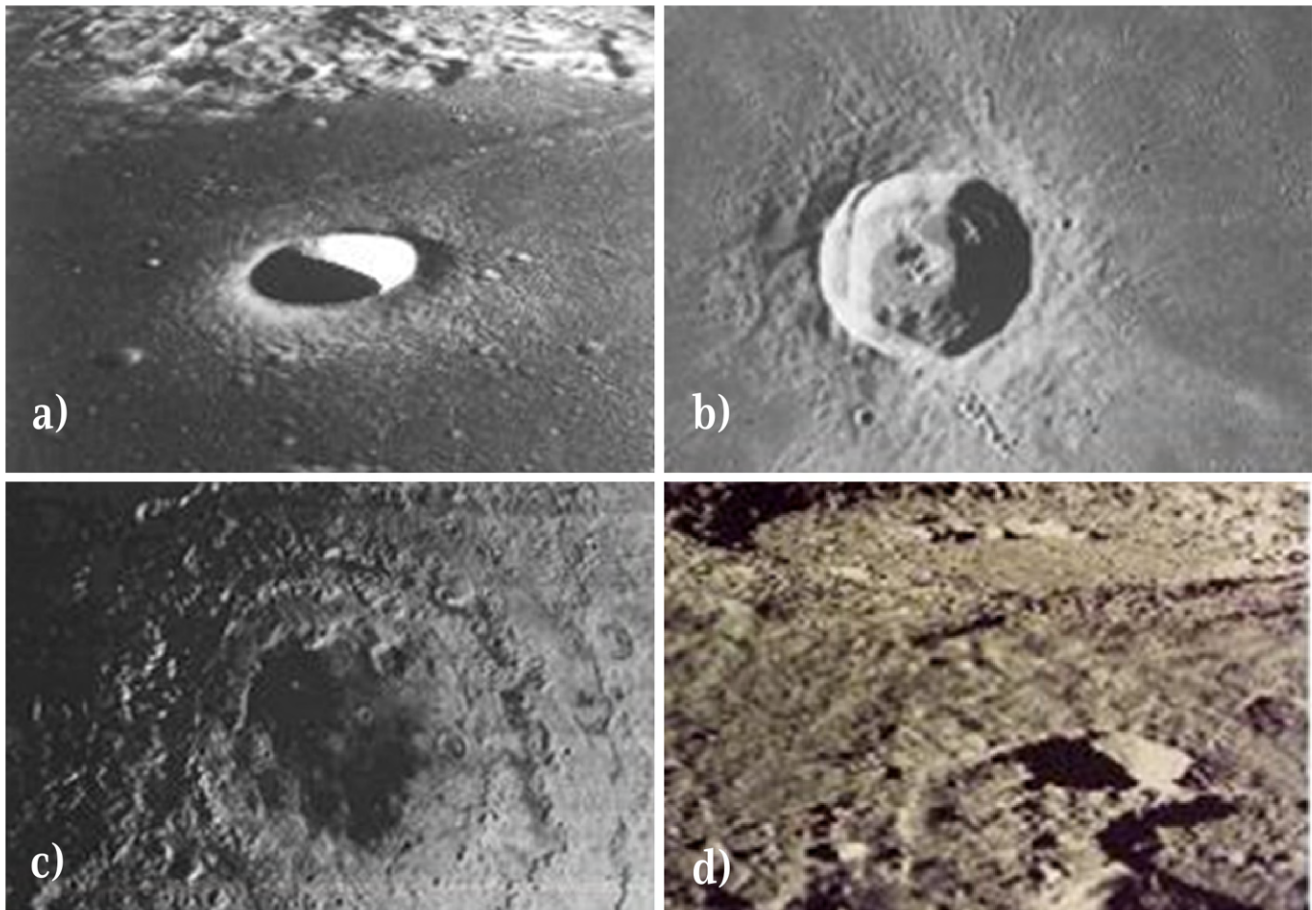


Figura 5.6

a) Cráter simple, b) cráter complejo con pico central, c) Cuenca multianillada y d) cráter complejo con anillo de picos central (Imágenes de NASA).

te método sólo se puede saber qué zona es más antigua o más reciente que otra, pero no su edad numérica. Con base en esto, hicieron una escala de tiempo geológico lunar y lo dividieron, de más antiguo a más reciente, en los periodos pre-Imbriano, Imbriano, Procelariano, Eratosteniano y Copernicano. Es decir, dividieron la historia geológica de la Luna, de acuerdo a la edad de formación de cuencas o cráteres de impacto bien definidos. Por esa época, también se dieron cuenta de que entre más antigua era una región más cráteres de impacto tenía por kilómetro cuadrado. Esto se puede entender con un ejemplo simple. Imaginemos que vas a quitar el polvo de 10 estantes y por razones de tiempo, sólo pudiste limpiar el polvo de 7 de ellos. A la semana siguiente, vuelves a quitar el polvo de los mismos 7 estantes más otros 2. En la tercera semana ¿Alguien notaría que el 10o estante no fue limpiado durante un tiempo mayor que los otros? seguramente la respuesta es sí, ¿por qué? pues porque tendrá una

gran capa de polvo acumulado cubriéndolo. Lo mismo pasa con los cráteres en las superficies planetarias: mientras no haya algo que renueve (limpie) sus cortezas, los choques con asteroides y núcleos cometarios van a seguir ocurriendo y formando cráteres de impacto. En la Tierra, esta limpieza la llevan a cabo la tectónica de placas y el intemperismo. En la Luna, la limpieza la realizan el tectonismo y el vulcanismo. Por eso, regiones con pocos cráteres representan superficies renovadas por vulcanismo (principalmente) y regiones con muchos cráteres representan superficies en donde no ha ocurrido algún proceso geológico capaz de renovar su corteza.

Cuando las rocas lunares fueron traídas a la Tierra por la misión Apolo, éstas fueron fechadas y sus edades asignadas a las zonas de donde fueron colectadas. Con esto, se pudo hacer una correspondencia entre el número de cráteres de impacto por kilómetro cuadrado y la edad absoluta de la región. De esta manera se supo que durante los primeros

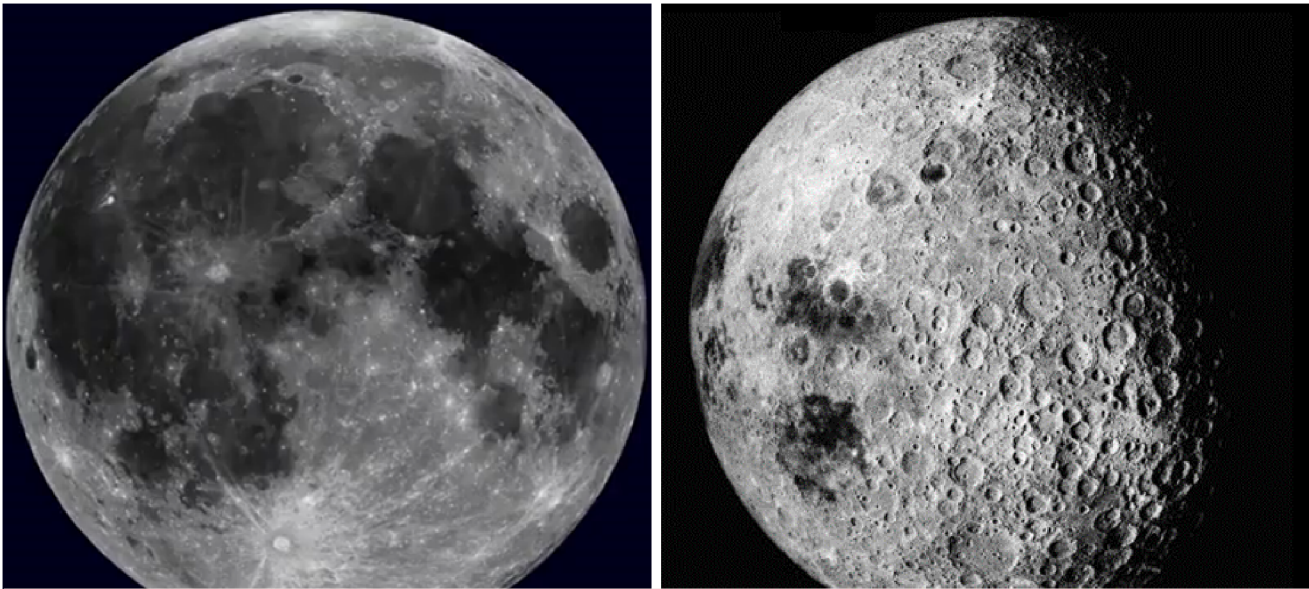


Figura 5.7

La imagen de la derecha muestra la cara visible de la Luna, mientras que la imagen de la izquierda muestra la cara oculta (Imágenes de NASA).

700 millones de años de vida de la Luna, ésta fue bombardeada severamente por los planetésimos y demás escombros que quedaron de la formación planetaria. También se mostró que desde hace 3,800 millones de años a la fecha, el número de asteroides o núcleos cometarios que chocan con la Luna durante cierto tiempo, no ha cambiado mucho. Es interesante recordar que los vestigios más antiguos de seres vivos en la Tierra datan de hace unos 3,700 millones de años, justo después de que terminó el intenso bombardeo temprano. Quizás la vida no podía prosperar por la continua formación de cráteres y sus consecuencias (energías muy altas capaces de evaporar las rocas, polvo en la atmósfera con disminución de la luz solar que llega a la superficie del planeta, destrucción de compuestos orgánicos, etc.).

La cronología lunar sirve de base a las cronologías de los demás cuerpos planetarios, hecho que nos ha servido para reconstruir las historias geológicas de los demás planetas. Esto es muy importante pues nos habla de cómo evolucionan geológicamente estos cuerpos.

Debido a las fuerzas de marea mencionadas arriba, el periodo de rotación de la Luna y de la Tierra ha disminuido con los años, además, y como consecuencia, la Luna rota en el mismo periodo de tiempo en que le da una vuelta a la Tierra, esta es la razón por la cual sólo podemos ver una cara. La ca-

ra opuesta, la cara oculta de la Luna (mal llamada cara oscura, pues en realidad sí le llega la luz del Sol), no es visible desde la Tierra (Fig. 5.7).

*Estudiar la geología lunar nos ha permitido conocer no sólo a la Luna sino su relación con la Tierra, cómo se afectan mutuamente y cómo tener idea de las historias geológicas de los demás cuerpos planetarios, entre muchas otras cosas.*

Aunque a lo largo del texto sólo se mencionaron a científicos varones, también ha habido mujeres involucradas directa o indirectamente en estos descubrimientos. Por ejemplo, los fechamientos por radioisótopos que se emplean para conocer la fecha de formación de las rocas lunares, no habrían sido posibles sin los trabajos sobre la radioactividad llevados a cabo por Marie Curie. Más recientemente, se produjo una película "Hidden figures" o "Talentos ocultos" en español donde se narra la vida de tres mujeres afroamericanas involucradas en la misión Apollo: las matemáticas Katherine Johnson y Dorothy Vaughan y la primera ingeniera aeroespacial, Mary Jackson. Katherine trabajó en el equipo dedicado a trazar las órbitas del Apollo 11. Si bien, ellas tuvieron que luchar además contra los prejuicios racistas de la época, no fueron las únicas mujeres

involucradas en el programa Apolo. Margaret Hamilton fue la directora de la división de ingeniería de software del laboratorio de instrumentación del MIT y dirigió el desarrollo del software de vuelo del programa Apollo. La célebre Catherine Osgood ingeniera aeronáutica, trabajó en el sistema de acoplamiento de las distintas partes de la astronave. Más recientemente, Dottie Lee e Ivy Hooks trabajaron en el diseño del transbordador espacial.

*Actualmente, hay muchas mujeres alrededor del mundo dedicadas a la ciencia básica y a la ingeniería.*

**¿ACEPTAS EL RETO DE UNIRTE A SU AVENTURA?**

### • Agradecimientos

A Margarita Rosado por la invitación a participar en el Congreso Internacional “El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas”. A todas las mujeres que han motivado mi interés por la ciencia y por explorar más allá de mi horizonte. A todas mis estudiantes, niñas y mujeres inteligentes, decididas y creativas que más de una vez me han fortalecido para creer en mí y hacerme ver que mi límite está un poco más allá de donde pensaba.

### • Referencias

#### Revistas

Hills, J.G., Goda, P., 1993, “The fragmentation of small asteroids in the atmosphere”, *The Astronomical Journal*, vol. 103, no. 3, pp.114-144.

Shoemaker, E.M., Hackman, R.J., 1962, “Stratigraphic basis for a lunar time scale”, *International Astronomical union*, pp. 289-300.

Zanetti, M.R., Jolliff, B., L., Hiesinger, H., Van der Bogert, C.H., Hamilton, C.W., 2018, “The Age of Lunar Mare Basalts South of the Aristarchus Plateau and effects of secondary craters formed by the Aristarchus Event, Icarus, doi: 10.1016/j.icarus.2018.02.030

#### Libros

Frankel, C., 1996, “Volcanoes of the Solar System”, Ed. Cambridge University Press. Australia.

Galilei, G., 2007, “La gaceta sideral”. Ed. Alianza, México.

Glasstone, S., Dolan, P.J., 1977, “The effects of nuclear weapons”, Ed. United States Department of Defense and the Energy Research and development Administration. EEUU.

Greeley, R., 2013, “Introduction to planetary geomorphology”, Ed. Cambridge University Press, EEUU.

Leet, L.D., Judson, S., 1986, “Fundamentos de geología física”. Ed. Limusa, México.

Lognonné, P., Johnson, C., 2009, “Planetary seismology”, en *Planets and moons*. Ed. Elsevier, ed. Spohn, T. *Treatise on Geophysics*, Vol. 10., España.

Melosh, H.J., 1989, “Impact cratering: a geologic process”, Ed. Oxford University Press, New York.

Melosh, H.J., 2011. “Planetary Surface processes”. Ed. Cambridge University Press.

Osinski, G.R., Pierazzo, E., 2013, “Impact cratering: processes and products”, en *Impact cratering: processes and products*, Ed. Wiley-Blackwell, eds. Osinski, G.R., Pierazzo, E., Malasia.

Rossi, A. P., Van Gasselt, S (Eds.), 2018, “Planetary geology”. Ed. Springer-Praxis.

Tarback, E.J., Lutgens, F.K., 2013, “Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física”, Ed. Pearson, 10ª ed., Madrid.

Udías Vallina, A., 2005, “Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein”. Ed. Síntesis, Madrid.

Vita-Finzi, C., Fortes, D., 2013, “Planetary Geology. An Introduction”. Ed. Dunedin, 2ª. ed., Polonia.

#### Páginas Web

Earth impact database (base de datos de los cráteres de impacto terrestres confirmados)  
[http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website\\_05-2018/Index.html](http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html)

Meet the women who put men on the Moon.  
[Refinery29.com](http://Refinery29.com)

## DRA. MARÍA GUADALUPE CORDERO TERCERO

Instituto de Geofísica - UNAM  
gcordero@igeofisica.unam.mx.

## 6

MODELO DE INVESTIGACIÓN,  
DOCENCIA E INGENIERÍA

Fragmento del Retrato de Émilie du Châtelet  
Maurice Quentin de La Tour (siglo XVIII)  
Fuente: Imagen de dominio público.

**CRISTINA VERDE RODARTE**

INSTITUTO DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Mucho se ha discutido sobre las razones de la desigualdad entre hombres y mujeres. En el ámbito académico y de investigación en ingeniería, el hecho de la existencia de menos mujeres que hombres en facultades, institutos de investigación en ingeniería y centros de desarrollo tecnológico es más evidente a pesar de que sus miembros tienen una preparación superior a la media, conviven con colegas de diversos países y niveles económicos y culturales.

*A continuación presento algunas reflexiones sobre el tema resultado de mi relación de más de 50 años con ingenieros con quien estudio, trabajo, distraigo e incluso divierto en un ambiente ingenieril.*

Existen diversas razones de la desigualdades producto de:

- La fuerza física requerida en la mayoría de las actividades prácticas de la ingeniería y que se han desvanecido con el pasar del tiempo. Pocas teníamos la fuerza para apretar la cabeza de un torno, mover vigas, o serruchar un árbol, sin las herramientas tecnológicas actuales.
- La maternidad y la vulnerabilidad por preservar la especie. El alto número de mujeres que perdían la vida durante el embarazo y a consecuencia del parto era muy alto. Así que la participación en el ejército y trabajos de alto riesgo como el marinerío, era mínima. Pocos ejemplos se conocen como el de Juana de Arco.
- La capacidad para observar, producto desde mi punto de vista del hecho de haber vivido durante siglos en entornos pequeños muy bien identificados como son la casa, el barrio por mencionar algunos. No era común desplazarse para trabajar. Las labores básicas eran domésticas, de educación, de partera, cuidadora de parcela y ganado, costurera. Es decir, siempre en ambientes controlados y cercanos al hogar. Salir a buscar fortuna más allá de cubrir las necesidades básicas, no era prioritario y por tanto no se desarrollaba la capacidad para observar y sobrevivir en medios ajenos a nuestro entorno.
- El poco interés por problemas técnicos, hecho vinculado de nuevo con el poco conocimiento del entorno y las herramientas que podían ser usadas en beneficios y bienestar de nosotras mismas. La máquina de coser de Isaac Singer diseñada por hombres a pesar del alto beneficio que trajo a las mujeres el invento. Una de las tareas que hicieron nuestras abuelas era el de coser ajeno como se decía, pues lo podías hacer en casa.
- El contexto de padres y sociedad que inhibe desde los cuatro años a las niñas a ciertas actividades y crea estereotipos femeninos no balanceados. Durante siglos en casi todas las sociedades a las mujeres no se les permitía elegir o decidir cabalmente.
- El ámbito religioso, es otro entorno que no acepta una jerarquía igualitaria entre hombres y mujeres. Un hecho que en el siglo XXI para muchos quizá es necesario analizar.

A pesar de lo dicho anteriormente, hay un antes y después en las oportunidades y roles que tenemos, la frontera puede ubicarse en la primera mitad del siglo XX. Producto de dos guerras mundiales entre sociedades desarrolladas y que hicieron que las mujeres se preparan rápidamente para operar centrales eléctricas, construir puentes, reparar redes de agua potable, manejar centrales de telefonía; ante la escasez de hombres sanos en condiciones de trabajar.



### Anne Easley

Programadora Informática, Matemática Y Científica Espacial (1933-2011)

*“Se hace creer que las mujeres son iguales que los hombres; ¿no estás convencido de que las hijas también pueden ser heroicas?”--“Cuando se habla sobre el aprendizaje y las ciencias, la gente no piensa en las mujeres”--“Las mujeres no sólo deberían cocinar y coser, y no se las debería de molestar por escribir artículos para publicarlos, estudiar historia, componer poemas o hacer caligrafía” --“Son personas, que tienen la misma razón para estudiar”.*





**Figura 6.1**

En esta imagen tomada el 30 de enero de 2008, durante la Expedición 16 a la ISS, puede verse a la comandante Peggy Whitson durante su participación en uno de los paseos espaciales. Durante la caminata espacial, que duró siete horas y diez minutos, Whitson y el astronauta Daniel Tani, ingeniero de vuelo, sustituyeron un motor en la base de uno de los paneles solares de la estación. Foto: NASA.

El desarrollo mundial de los últimos 40 años y quizá la guerra fría después de los años cincuenta nos abrieron las puertas para ser actrices, pioneras y mostrar nuestras capacidades de adaptación en muchos campos de la ingeniería. Una buena muestra de las capacidades técnicas y físicas es la astronauta norteamericana Peggy Whitson que estuvo más de 600 días en el espacio. Hecho que hubiera sido inconcebible ni realizable físicamente antes de los años cincuenta.

*Así hoy, nos encontramos ante un ambiente en donde hemos tomado importancia en el medio social, estamos al frente de instituciones con alto grado de ingeniería y tecnología como es la Comisión Nacional del Agua o en el ámbito de la ciencia como es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, aún debemos demostrar de manera más clara que somos capaces de llevar a cabo cualquier trabajo y responsabilidad realizada por un hombre.*

Uso la palabra demostrar, para denotar que debemos ganarnos la confianza de la sociedad y nuestros compañeros y no esperar que este hecho surja de forma automática o por decreto.

Tanto a hombres como mujeres nos corresponde evitar caer en actitudes de desigualdad en el ámbito laboral y debemos sancionar socialmente a todos aquellos que las tengan.

Cabe hacer notar que no hay una situación promedio para las mujeres en ingeniería. Hay un grupo importante de mujeres trabajando en entornos paritarios, y otro grupo que labora en un entorno de desigualdad.

A mi juicio tanto hombres como mujeres debemos generar el ambiente propicio de igualdad, lo cual seguramente tomará al menos dos generaciones y dependerá del entorno familiar y social en el que ambos grupos se desarrollen. Así que entre más rápido asumamos el reto y cambiemos de actitud, menos tiempo tomará llegar a la igualdad de género.

**En conclusión un paradigma de una sociedad igualitaria debe incluir:**

- Libertad y derechos de cada individuo a elegir responsablemente su entorno.
- Dejar ser, dejar hacer, y dejar estar, es decir en el caso de la ingeniería debemos ser multifacéticos abarcando la investigación, la docencia y el contacto con la vida profesional.

**ES DECIR, PARA LOGRAR ÉXITO Y EQUIDAD, UNA INGENIERA DEBE SER ESCUCHADA, RESPETADA Y LOGRAR INDEPENDENCIA EN SU ENTORNO DE TRABAJO Y FAMILIAR.**

**DRA. MARÍA CRISTINA VERDE RODARTE**

Instituto de Ingeniería - UNAM  
verde@unam.mx

# 7 ZOOMBERS: APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE VIDEOJUEGOS.

IVÁN LEONARDO PÉREZ CABRERA  
ILLUMINA EDUCACIÓN

*Se presenta el diseño de un portal en línea que promueve el aprendizaje de las Matemáticas a través de videojuegos.*

Actualmente el portal cuenta con 220 juegos distribuidos en toda la malla curricular de nivel primaria en México (Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011). La actividad diseñada en cada uno de los juegos promueve que los alumnos sean reflexivos, más allá de considerar sólo la memorización. Para la creación de los contenidos se identificaron previamente las subhabilidades asociadas a los aprendizajes esperados de nivel primaria, en particular, se identificaron 113 subhabilidades y la dependencia que existe entre estas. Esta red de subhabilidades permite ofrecer reportes más sensibles al personal docente para monitorear el desempeño ya que dos estudiantes con una misma calificación no necesariamente tienen las mismas habilidades.



*Fotomontaje por las editoras sobre la obra de "Gramática" Gentile Da Fabriano (1370-1427, Italy).*

*Para diseñar el modelo de evaluación cognitiva se tomó como base el Método de Espacio de Reglas, mientras que para diseñar reactivos paramétricos se consideró la Taxonomía de Modelos de Ítems. Finalmente, el conjunto de habilidades y sus dependencias permitió modelar una red bayesiana, la cual toma como evidencia la interacción de los alumnos y, con base en ella, infiere el nivel de sus habilidades. Con estas inferencias, el sistema recomienda a cada alumno juegos para reforzar las habilidades más relevantes.*

## 7.1 INTRODUCCIÓN

El desempeño en Matemáticas de los estudiantes en México, y en general en América Latina, se encuentra por debajo del promedio de la OCDE. Esto puede deberse a muchos factores, incluyendo el presupuesto que los gobiernos invierten en educación y la calidad de los contenidos que se presentan a los estudiantes durante su formación. Lo más importante es entender que el alumnado alfabetizado matemáticamente reconoce el papel que juegan las matemáticas en el mundo, esto le permitirá hacer juicios y decisiones bien fundamentados, lo cual favorece la formación de una ciudadanía constructiva, comprometida y reflexiva (PISA, 2015).

Para mejorar habilidades matemáticas se ha propuesto un portal de aprendizaje basado en juegos (GBL por sus siglas en Inglés). En este trabajo, los contenidos teóricos son presentados por medio de videojuegos. Las ventajas que se presentan con esta técnica son: a) mayor motivación al momento de enfrentarse a los contenidos, b) mejor retención y comprensión de los contenidos, c) experiencia divertida y, d) fomento de habilidades de pensamiento crítico y de toma de decisiones.

En este trabajo se describe el diseño de un portal que proporciona un aprendizaje activo por medio de la *gamificación* con calidad didáctica. En particular, es necesario capturar métricas más complejas que sólo comparar los puntajes del estudiantado; dos estudiantes con el mismo puntaje en la misma evaluación no necesariamente tienen las mismas habilidades y conocimientos. El enfoque inicial sigue un modelo de evaluación cognitiva basado en el Método del espacio de reglas (Tatsuoka, 2009) y el Método de jerarquía de atributos (Gierl et al., 2008).

La teoría subyacente en el desarrollo sigue el Diseño Centrado en Evidencia (ECD por sus siglas en Inglés), (Almond, 2015). ECD es un marco que puede ser utilizado para diseñar evaluaciones válidas para medir el conocimiento, las habilidades y otros atributos de los estudiantes. El marco está compuesto por tres modelos principales que funcionan juntos: el Modelo del estudiante, el Modelo de evidencia y el Modelo de tarea. En el trabajo actual, se han implementado estos modelos de la siguiente manera.



*Elizabeth Peabody*

Educadora Estadounidense (1804 - 1894)

*“No estudies para exhibir tus conocimientos, ni para ser admirado, ni para llamar atención. Estudia por el placer derivado del sentimiento de energía que surge en la mente al ejercitar sus poderes en el razonamiento metafísico, científico o matemático”.*

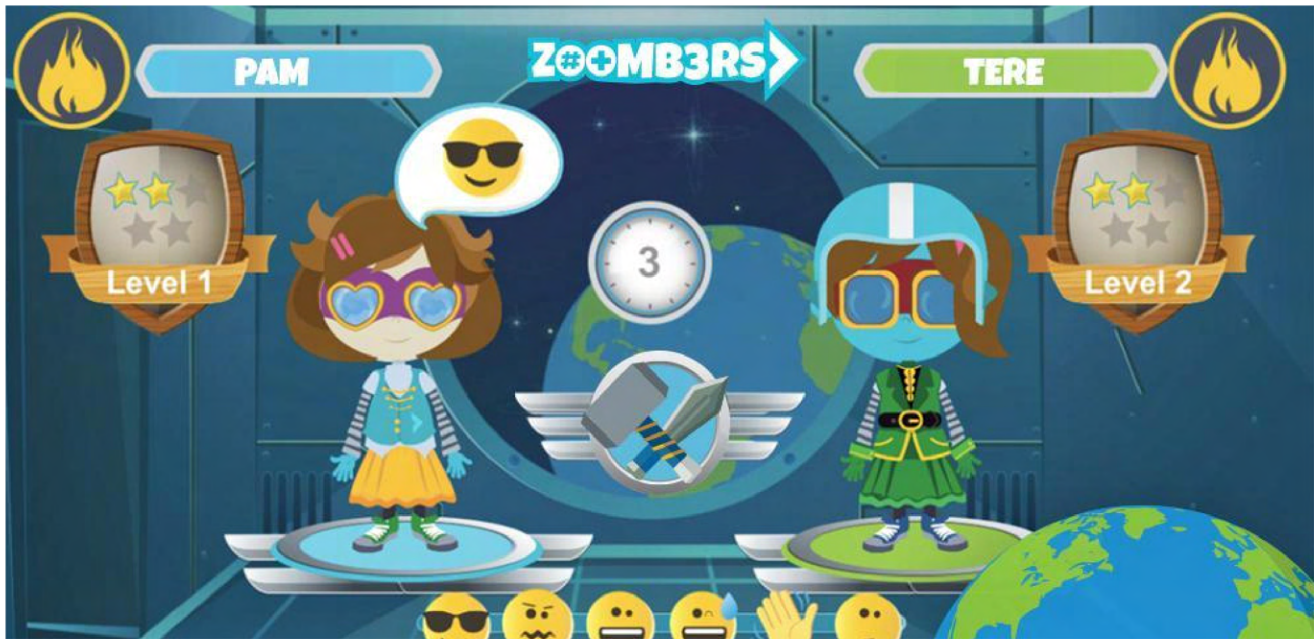


Figura 7.1  
Screenshot de la plataforma Zoombers

## 7.2 MODELO DEL ESTUDIANTE

El dominio considerado es Matemáticas en la Educación Básica (7 grados: un grado preescolar y seis grados de nivel primaria); para la propuesta de contenidos se tomó como base las habilidades y competencias propuestas por la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011) y el marco de trabajo usado por el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS, 2015). Se seleccionaron 8 temas principales en los que se han distribuido los contenidos.

Posteriormente, se han identificado 39 habilidades diferentes que son necesarias para dominar los 8 temas. Sobre cada habilidad, se encontraron las relaciones, incluidas las dependencias para comenzar a

a crear la red del conocimiento correspondiente. Después de identificar las habilidades principales, se descubrió que esta clasificación no era suficiente ya que estas habilidades contaban con diferentes niveles para dominar cada una. Por lo tanto, se han propuesto 119 subhabilidades y la relación de dependencia entre éstas.

Esta estructura (relación entre temas, habilidades y subhabilidades) es lo que se ha implementado para medir el dominio de las habilidades de los estudiantes, en la investigación actual se denomina Modelo de Competencias del Estudiante o Modelo del Estudiante (Almond et. Al, 2015).

## 7.3 MODELO DE EVIDENCIA

Para medir el dominio de las habilidades del estudiantado fue necesario diseñar ítems o actividades para todos los temas y habilidades. Dependiendo de los temas, diseñamos ítems específicos que varían según la naturaleza, incluyen: relación de columnas, opción múltiple (respuesta única y múltiple), respuesta construida, entre otros. Se consideró prevenir la sobreexposi-

ción de ítems, por esta razón se crearon modelos para generar elementos isomórficos para medir habilidades asociadas con niveles de dificultad similares. Para este enfoque, se consideraron las ideas de Gierl et al. (2008).

Actualmente se han diseñado 360 tipos de reactivo (IM, por sus siglas en Inglés) relacionados con 8 temas principales.

## 7.4 MODELO DE LA TAREA

Se crearon 220 juegos asociados a los 360 tipos de reactivo propuestos en el modelo de evidencia, estos juegos se distribuyen en el plan de estudios nacional actual (SEP, 2011).

Dependiendo del juego creado y el tema correspondiente, es necesario contar con un conjunto de subhabilidades para responder con éxito a los tipos de reactivo. Es importante mencionar que no todas las

subhabilidades involucradas se utilizan en la misma medida. Para atender esta observación, se creó una matriz que relaciona tipos de reactivo con subhabilidades involucradas y su impacto correspondiente. A partir de esta matriz fue posible crear un modelo gráfico probabilista (red bayesiana) para inferir el dominio de subhabilidades.

## 7.5 REDES BAYESIANAS

Con base en el modelo de estudiante implementado en Zoombers, fue posible aprovechar la estructura de subhabilidades (y la dependencia entre ellas) y usarla para especificar una Red Bayesiana (BN por sus siglas en Inglés). Consideramos este modelo probabilístico ya que ha sido utilizado con éxito en la evaluación educativa y en sistemas tutores inteligentes en las últimas tres décadas (Almond et. al. 2015).

El modelo propuesto aprovecha la información actual (datos de todo el estudiantado actual) para e

stimar el modelo de estudiante (un red bayesiana por edad). Cada vez (período) que una alumna o un alumno interactúa con los juegos, es posible tomar estos datos y usarlos como evidencia para inferir los niveles de habilidad y, con base en esto, recomendar un conjunto de juegos. Es importante considerar que las variables en nuestras redes bayesianas son sensibles al tiempo, por esta razón, es posible usar una variable temporal para actualizar estos modelos.

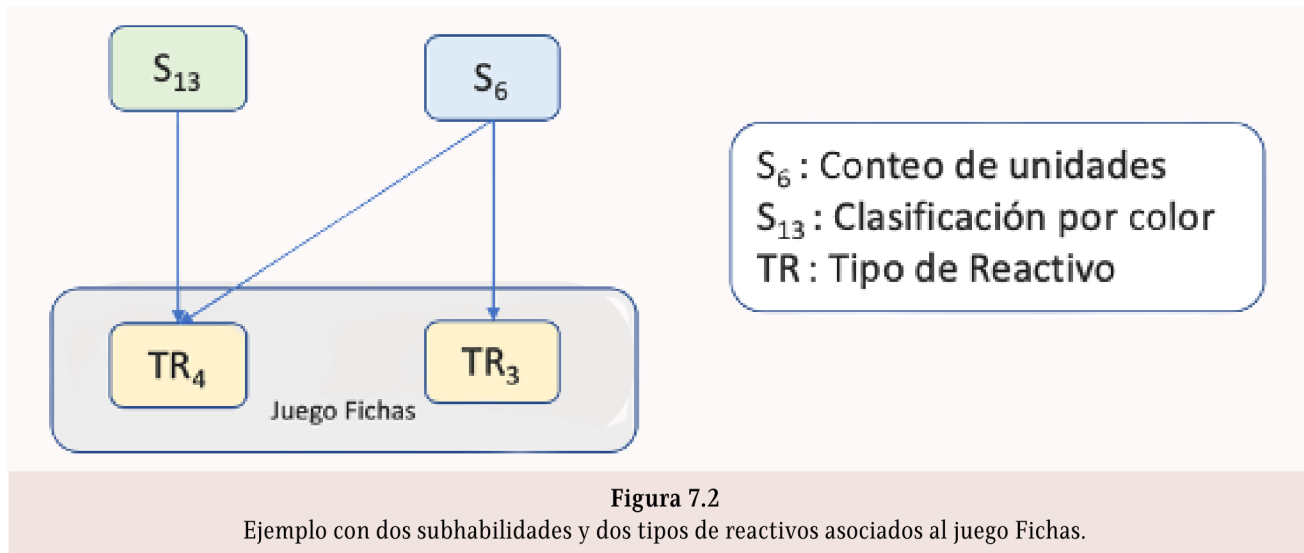
## 7.6 IMPLEMENTACIÓN

Dado que el alumnado de grados superiores en general es más ágil que la de los primeros grados, se ha propuesto generar un modelo por edad (de 5 a 13 años), en este trabajo se denominan: modelos genéricos. La red inicial cuenta con 119 subhabilidades y dependencias iniciales definidas entre ellas. Es posible usar los datos de interacción actuales para estimar los parámetros para cada red bayesiana.

Una vez que existen los modelos genéricos, es posible tomar la interacción de cada estudiante como evidencia para estimar las probabilidades posteriores utilizando el modelo correspondiente a su edad, esta inferencia se usará para determinar los niveles de sus subhabilidades. Con esta información, podemos obtener la recomendación de juegos que refuercen mejor las subhabilidades de cada estudiante.

Existen tres procesos distintos que se ejecutan en diferentes momentos pero que comparten la entrada/salida de datos:

1. Estimación de parámetros de las redes bayesianas (BN), que se ejecutará semanalmente. Para cada subhabilidad  $X_i$  se cuenta con un conjunto de parámetros que especifican las probabilidades de las subhabilidades de las cuales depende (variables padre),  $\theta(X_i|Pa(X_i))$ , es decir, sus tablas de dependencia condicional.
2. Niveles de subhabilidad de cada estudiante (la interacción actual se usa como evidencia para el modelo genérico asociado a su edad, para estimar las probabilidades posteriores del modelo).
3. Generación de una lista de juegos recomendados para el refuerzo de las subhabilidades identificadas.



Según las habilidades previas (S), la interacción de los alumnos con los juegos (O) y otras acciones posibles como retroalimentación (A), el sistema estimará nuevos parámetros para los modelos genéricos (por edad) utilizando el flujo detallado mencionado. Se propone ejecutar este proceso semanalmente, pero esta periodicidad podría cambiar dependiendo de la interacción del usuario.

El modelo completo actual contempla un total de 119 subhabilidades (S) y 360 tipos de reactivo (O). En la Fig. 7.2, se muestra un ejemplo con dos subhabilidades y dos tipos de reactivos asociados al juego

Fichas (en este juego el alumno debe contar las fichas de un conjunto siguiendo una instrucción).

Los tipos de reactivo asociados a los primeros niveles de este juego sólo requieren la subhabilidad de conteo. Por otro lado, los tipos de reactivo asociados a los últimos niveles consideran además la subhabilidad de clasificación por color.

$S_{13}$	$P(S_{13} TR_4=\text{Alto})$	$P(S_{13} TR_4=\text{Bajo})$
Si	0.91	0.28
No	0.09	0.72

$S_6$	$P(S_6 TR_3=\text{Alto}, TR_4=\text{Alto})$	$P(S_6 TR_3=\text{Alto}, TR_4=\text{Bajo})$	$P(S_6 TR_3=\text{Bajo}, TR_4=\text{Alto})$	$P(S_6 TR_3=\text{Bajo}, TR_4=\text{Bajo})$
Si	0.96	0.46	0.67	0.23
No	0.04	0.54	0.33	0.77

*Estos parámetros fueron aprendidos con 500 estudiantes que interactuaron con el juego de Fichas. La probabilidad de que los estudiantes tengan la habilidad 13 dado que tienen alto desempeño en el tipo de reactivo 4 es 0.91. Por otro lado, la probabilidad de que los alumnos tengan la habilidad 6 dado que tienen un desempeño bajo ambos tipos de reactivo (3 y 4) es de 0.23.*

*Linda Buck*

Microbióloga estadounidense (1946, 76 años)

*“Como mujer y científica, espero sinceramente que el haber recibido el Nobel envíe un mensaje a las mujeres jóvenes de todas partes: las puertas están abiertas para ellas y deben perseguir sus sueños”.*



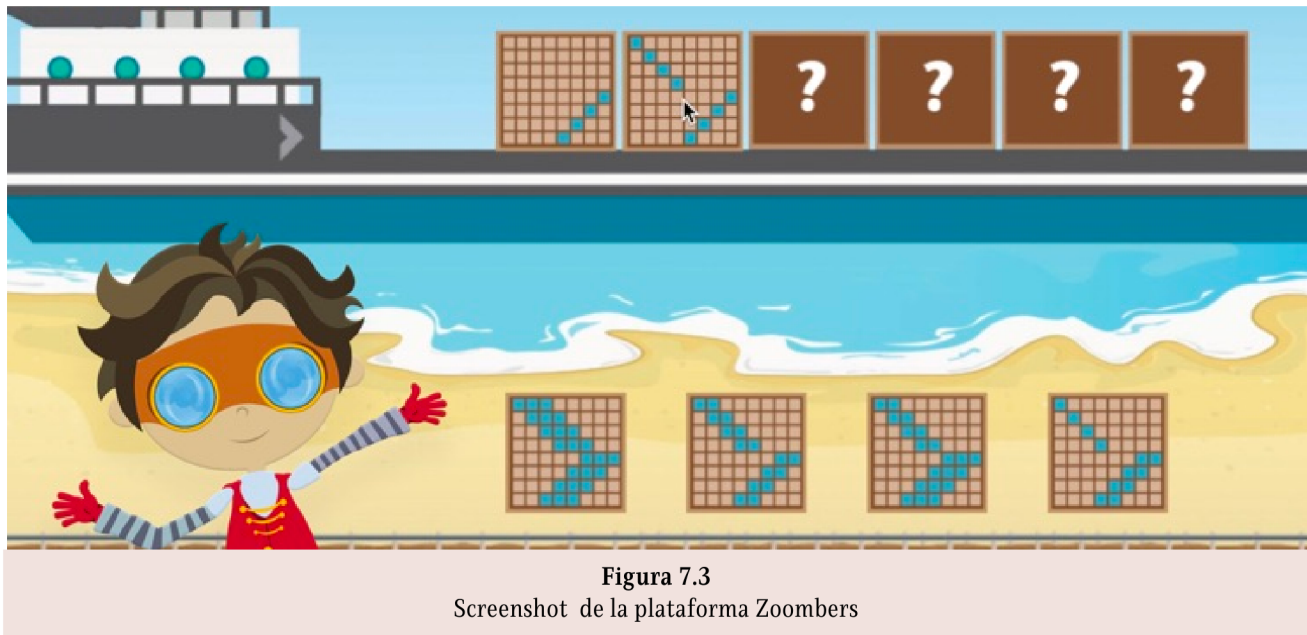


Figura 7.3

Screenshot de la plataforma Zoombers

## 7.7 CONCLUSIONES

Las redes bayesianas han sido útiles en una amplia variedad de herramientas que comparten características con videojuegos educativos, como evaluaciones basadas en simulación y sistemas tutores inteligentes en los que cada estudiante recibe realimentación y es posible que aprendan durante sus interacciones. (Almond, 2015). Estos modelos han sido utilizados con éxito ya que permiten el modelo cognitivo de los estudiantes tomando como base no sólo la interacción que estos tienen con el modelo de tarea, sino también con el juicio de expertos que los investigadores pueden agregar para crear un modelo más adecuado.

### • Referencias

Gierl, M. J., Zhou, J., & Alves, C. (2008). Developing a taxonomy of item model types to promote assessment engineering. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 7(2).

Haladyna, T. M. (1999). *Developing and validating multiple-choice test Items*, 2nd ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

SEP (2011). *Plan de estudios 2011. Educación básica*. México: SEP.

Vomlel, J. (2004). Bayesian networks in educational testing. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 12:83-100.

Almond, R., Mislevy R., Steinberg, Linda., Duanli, Yan., Williamson, David. (2015). *Bayesian Network in Educational Assessment*. Springer.

Tatsuoka, K. (2009). *Cognitive Assessment, An Introduction to the Rule Space Method*. Multivariate Application Series.

**M. C. IVÁN LEONARDO PÉREZ CABRERA**

ILLUMINA EDUCACIÓN

ivan@zoombers.com - www.zoombers.com



## 8

# LAS GALAXIAS Y LAS ASTRÓNOMAS



*Montaje fotográfico por las editoras.*

**MARGARITA ROSADO**

INSTITUTO DE ASTRONOMÍA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

*Durante siglos los logros y aportaciones de las mujeres en las ciencias “duras” se han visto invisibilizados por la comunidad científica e incluso plagiados por sus colaboradores hombres.*

En este trabajo se presentan las aportaciones de varias astrónomas al estudio de las galaxias poniéndolos en el contexto de su época y de sus implicaciones en otros descubrimientos. Asimismo, se da una breve descripción biográfica de cada una de ellas, en particular, de las dificultades que tuvieron para desarrollar una carrera científica, la discriminación y la falta de apoyo. Aún así se muestra la constancia, seguridad en sí mismas e interés por la ciencia que las llevó a superar estos obstáculos y a desarrollar sus carreras exitosamente. Se seleccionó este campo de las galaxias por ser relativamente joven (lleva apenas un siglo) y, por lo tanto, hay bastante información y es posible comparar con las aportaciones masculinas.

## 8.1 ¿DENTRO O FUERA DE NUESTRA GALAXIA?: LA VISIÓN MASCULINIZANTE DEL GRAN DEBATE ASTRONÓMICO

*El 26 de abril de 1920, en el Instituto Smithsonian, en la capital de Estados Unidos, hubo un Gran Debate Astronómico sobre la naturaleza de unos astros llamados en ese entonces “nebulosas”, algunas con estructura espiral, y su pertenencia o no a nuestra Galaxia, la Vía Láctea.*

Este fascinante debate fue protagonizado por dos reconocidos astrónomos: Harlow Shapley y Heber Doust Curtis. Shapley pensaba que estos objetos pertenecían a nuestra Galaxia y, por consiguiente, el universo observable tendría las dimensiones de la Vía Láctea. Por su parte, Curtis defendía que estos objetos estaban fuera de la Vía Láctea y formaban estructuras similares a nuestra Galaxia, es decir, su apariencia nebulosa se debía a que en realidad eran conjuntos de muchísimas estrellas pero vistas de tan lejos que no se podían resolver (algo así como en el caso de la Vía Láctea antes de verla con un telescopio como lo hizo por primera vez el ingenioso Galileo Galilei). De esta manera serían otras *galaxias* diferentes a la nuestra y el tamaño del universo observable crecía considerablemente.

Para poder discernir si estos objetos eran galácticos o extragalácticos era importantísimo conocer: a) el tamaño de la Vía Láctea y b) las distancias a estos objetos. Ni uno ni otro de estos elementos se conocían con precisión, e incluso, los resultados que se tenían eran erróneos, por lo que este Gran Debate no fructificó hasta que se tuvieron determinaciones menos erróneas del tamaño de nuestra Galaxia y de las distancias a otras galaxias.

Aquí es donde la narrativa se hace todavía más masculinizante. Se dice que fue Edwin Hubble quien, seis años más tarde, zanjó el debate al determinar que las distancias a la galaxia de Andrómeda (considerada una “nebulosa”) y a la galaxia NGC 6822 eran mucho mayores que las dimensiones de la Vía Láctea y, por lo tanto, eran sistemas extragalácticos, dando lugar a un nuevo campo de la Astronomía: las galaxias.

Pero, ¿cómo pudo determinar Hubble las distancias a Andrómeda y a NGC 6822?, y ¿qué permitió tener una mejor estimación del tamaño de nuestra propia Galaxia?

Veamos cómo quedó invisibilizado y opacado el gran mérito de una gran astrónoma: Henrietta Leavitt. Gracias a su descubrimiento se pudo, y se puede actualmente, determinar las distancias a estrellas y galaxias cercanas.

## 8.2 HENRIETTA LEAVITT Y LA MEDIDA DE DISTANCIAS A ESTRELLAS Y GALAXIAS

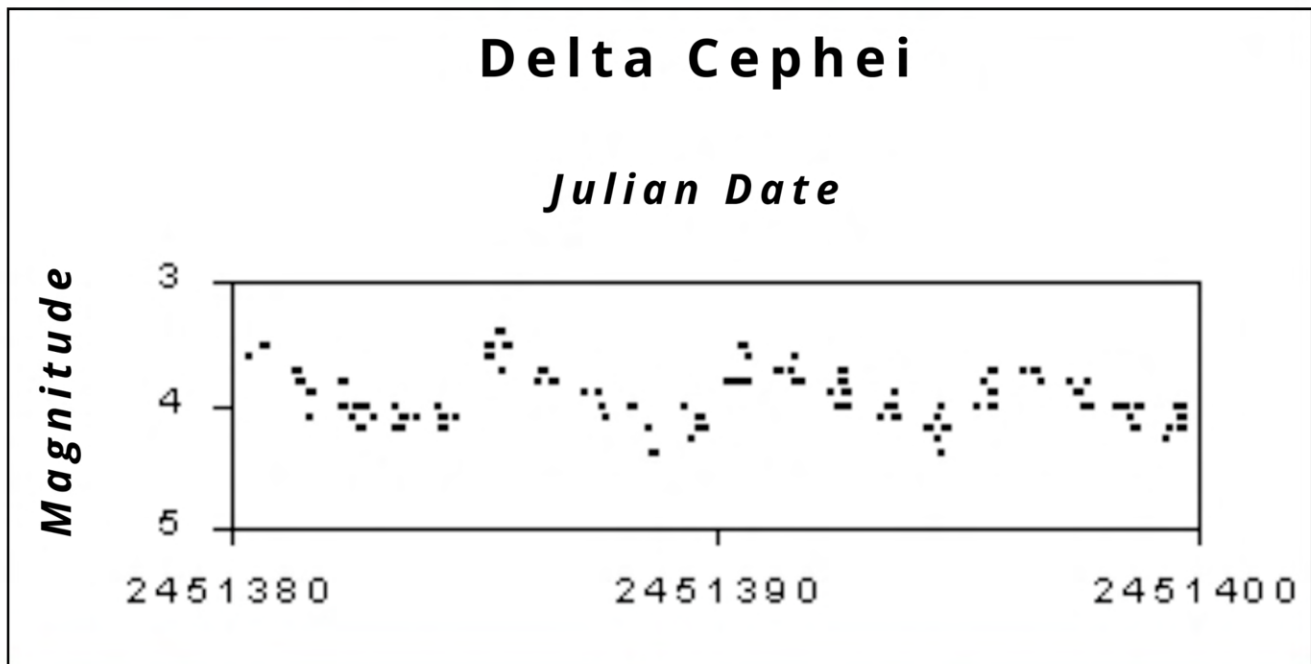
Henrietta Swan Leavitt (Massachusetts, Estados Unidos, 1868-1921) trabajaba en el Observatorio de Harvard, en Estados Unidos, pero no propiamente como astrónoma sino como “calculadora”, es decir, haciendo trabajos rutinarios de medición de placas fotográficas de campos en el cielo y/o espectros de estrellas (formaba parte de muchas mujeres que trabajaban así, discriminatoriamente por ser mujeres

y no por falta de méritos académicos, pues muchas de ellas tenían grados académicos similares a los de los hombres). Sus “jefes” eran Hubble y Pickering, ellos sí, contratados como astrónomos. La Fig. 8.1 nos muestra a esta gran astrónoma fundadora de la Astronomía Extragaláctica y de la Estructura Galáctica.



**Figura 8.1**

Henrietta Swan Leavitt (imagen mejorada de Wikipedia.)

**Figura 8.2**

Gráfica del brillo aparente, expresado en magnitudes, de la variable cefeida Delta Cefeí como función del tiempo, expresado en Días Julianos. Como se ve de esta “curva de luz”, el tiempo entre dos brillos máximos es de 5.4 días para esta estrella prototípica de las cefeidas.

A Henrietta Leavitt le dieron sus jefes, para medir y analizar, observaciones astronómicas de un cierto tipo de estrellas variables (las variables Cefeidas pues su prototipo es la estrella Galáctica Delta, de la constelación de Cefeo, es decir,  $\delta$  Cephei). Las variables cefeidas se caracterizan por tener variaciones periódicas de su brillo. La Fig. 8.2 muestra la llamada “curva de luz” (es decir, una gráfica del brillo de la cefeida Delta Cefeí como función del tiempo).

Estos periodos de pulsación son muy regulares y del orden de días. Hay muchas estrellas cefeidas en nuestra Galaxia y también Henrietta Leavitt encontró estas estrellas variables en dos de estas “nebulosas”: la Nube Mayor y la Nube Menor de Magallanes. La Figura 8.3 nos muestra a las Nubes de Magallanes vistas desde el Hemisferio Sur junto con la Vía Láctea.

Ahora se sabe que las Nubes de Magallanes son de las galaxias más cercanas a la Vía Láctea (se encuentran a 150 y 200 mil años luz de la Vía Láctea y, por estar tan cercanas, se ven a simple vista en el

Hemisferio Sur) y son de un tipo diferente a nuestra Galaxia. En su época, Henrietta no sabía que eran objetos extragalácticos estas Nubes. Lo que sí sabía es que las estrellas pertenecientes a estas Nubes están a la misma distancia.

*Henrietta Leavitt encontró varias cefeidas en las Nubes de Magallanes y descubrió una propiedad interesante: el valor del brillo aparente máximo de estas cefeidas dependía del período de dicha estrella. Esto se conoce ahora como la Ley de Leavitt y es de fundamental relevancia para la determinación de distancias a objetos astronómicos tales como las galaxias y para determinar el tamaño de nuestra propia Galaxia.*

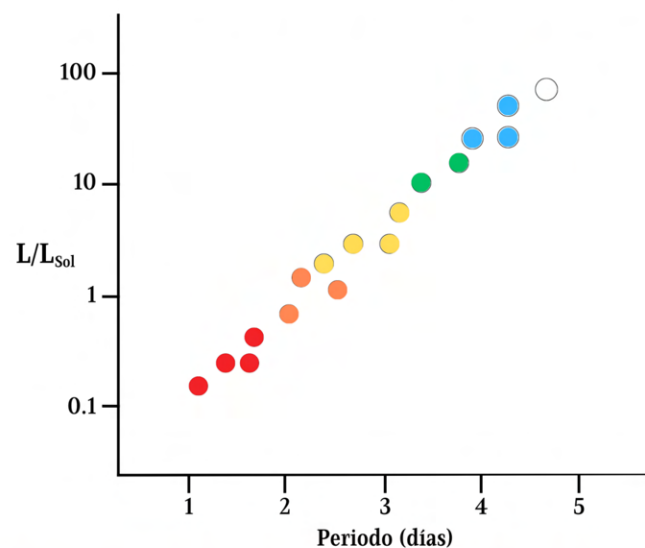


**Figura 8.3**

Imagen tomada por Nick Kwan de Pexels mostrando en el centro parte de la Vía Láctea vista como una faja vertical de estrellas y gas en el cielo. A la derecha, a la misma distancia de la Vía Láctea, la Nube Mayor de Magallanes (arriba) y la Nube Menor de Magallanes (abajo). Photo by Nick Kwan from Pexels.

¿Por qué nos sirve para determinar distancias? Porque podemos calibrar el brillo intrínseco en el máximo de una estrella cefeida cercana a nosotros, de un período determinado, por medio de otros métodos de determinación de distancia y luego usar esos resultados para conocer el brillo absoluto en el máximo. Midiendo el período y el brillo aparente de otra cefeida más lejana podremos deducir su distancia. Antes de este gran descubrimiento sólo se podían medir distancias a astros cercanos (cientos de años luz), con la **Ley de Leavitt** se pudo extender la medida de distancias a astros a decenas de millones de años luz. La figura 8.4 muestra la Ley de Leavitt, injustamente invisibilizada su autoría por alrededor de un siglo al citarla simplemente como “**Relación Período-Luminosidad**”.

**DIAGRAMA PERIODO- LUMINOSIDAD**



**Figura 8.4**

Ley de Leavitt para las estrellas variables cefeidas clásicas.

Más aún, aparte de la invisibilidad de la autoría de Leavitt en este gran descubrimiento, uno de sus jefes, Edward Pickering, lo publicó como suyo en una de las circulares del Harvard College en 1912. Se trata de las 25 cefeidas descubiertas por Leavitt en la Nube Menor de Magallanes y de la Ley de Leavitt.

Esta importante obra empezaba con la nota: *“este trabajo ha sido preparado por la Srta. Leavitt”*. Actualmente la autoría se ha corregido y Henrietta Leavitt aparece como primera autora de esa publicación (Leavitt et al. 1912).

## 8.3 LAS GALAXIAS Y SUS PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES

Una vez que quedó zanjada la cuestión sobre la naturaleza extragaláctica de esas “nebulosas”, algunas con estructuras espirales, se vió que en el Universo hay muchos de estos astros y que muchos de ellos serían similares a nuestra Galaxia (en griego significando camino de leche) o Vía Láctea (en latín), razón por la que se les llamó “galaxias”. Ahora se sabe que una galaxia es un conjunto autogravitante de estrellas, gas y polvo cuyas dimensiones varían entre los cientos a las decenas de miles de años luz. Las galaxias son los ladrillos del Universo pues constituyen las unidades fundamentales de los astros. Es así como las estrellas se forman dentro de una galaxia, al igual que las nebulosas gaseosas, los planetas, las nubes de moléculas, los cúmulos de estrellas y otros objetos cósmicos.

### Clasificación morfológica

Las galaxias se clasifican por su forma en cuatro grandes tipos: las galaxias elípticas (E), las galaxias espirales (S), las galaxias lenticulares (SO) y las galaxias irregulares (Irr). Las galaxias elípticas tienen forma “redondita”, como bolas de estrellas formando un esferoide que puede tener diferentes elipticidades. Las galaxias espirales tienen, aparte

de un núcleo de estrellas de forma esférica, un disco delgado de estrellas, gas y polvo donde se localizan los brazos espirales y un halo esferoidal de estrellas viejas concentradas en cúmulos globulares. Una gran proporción de las galaxias espirales contiene además otra componente en forma de barra (SB). Las galaxias lenticulares son una especie de transición entre las elípticas y las espirales pues tienen un disco estelar, pero sin brazos espirales. Las galaxias irregulares no entran en este esquema de clasificación. La Fig. 8.5 nos muestra esta clasificación morfológica de las galaxias.

En un principio se pensó que este diagrama podría corresponder a un esquema evolutivo: que las galaxias se formaban como elípticas, evolucionaban a lenticulares y terminaban como espirales. Ahora se piensa que o nacen con una forma que depende del entorno o, en dado caso que, mediante interacciones, evolucionan de espirales a elípticas.

Esta clasificación morfológica primitiva corresponde, sorprendentemente, a diferentes propiedades físicas de las galaxias. Es así como las galaxias espirales contienen estrellas jóvenes y viejas, gas y polvo y mientras su núcleo es de estrellas viejas, en los brazos espirales se siguen formando nuevas estrellas. Por otro lado, las galaxias elípticas casi no tienen gas ni polvo y contienen sólo estrellas viejas.



*Mae Jemison*

Astronauta, Educadora & Doctora (1956, 66 años)

*“Lo primero que hay que saber sobre el empoderamiento es comprender que tienes el derecho a participar. Lo segundo es que tienes algo importante con lo que contribuir. Y lo tercero es que tienes que arriesgarte para hacerlo”.*

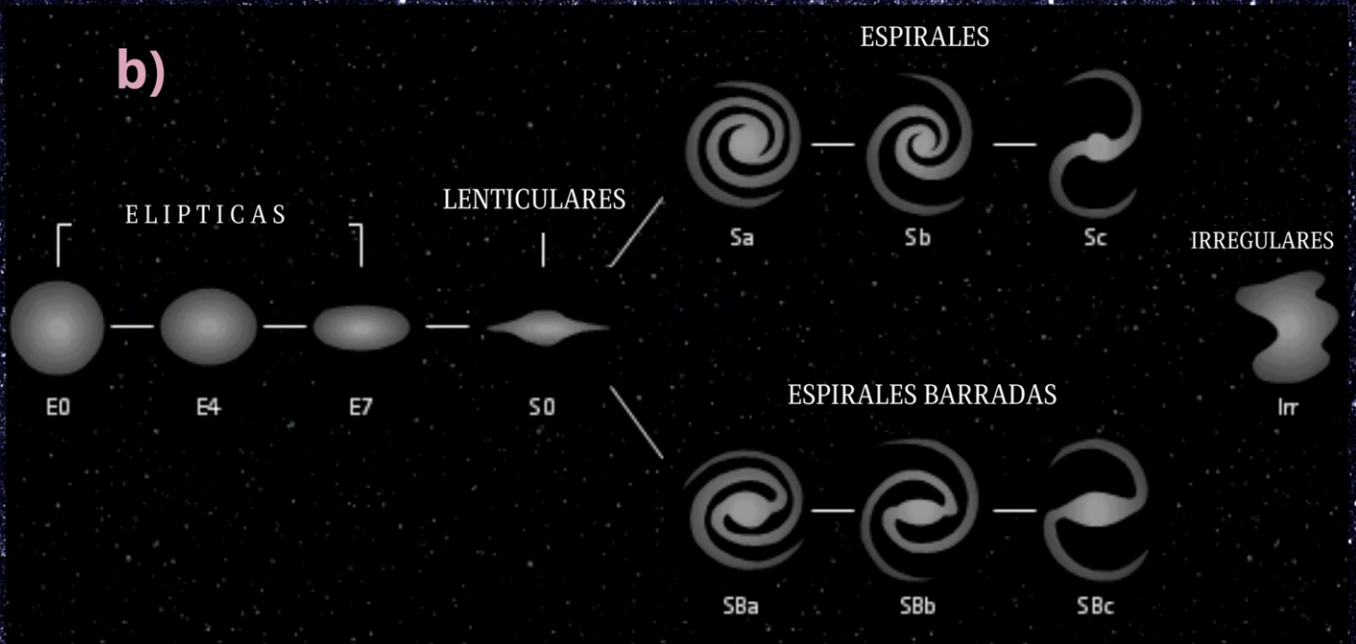
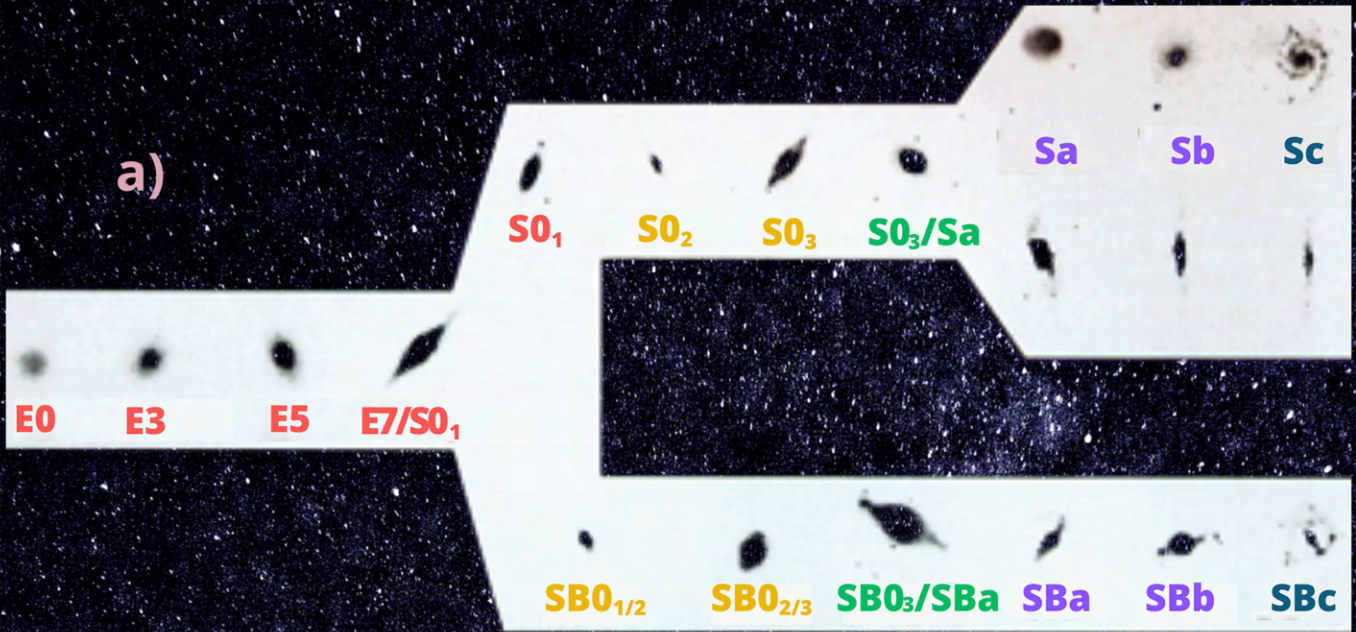


Figura 8.5

a) Clasificación morfológica de las galaxias o diagrama de tenedor. b) Clasificación morfológica de las galaxias. c) Ejemplos de los algunos tipos de galaxias



## 8.4 NUESTRA GALAXIA: LA VÍA LÁCTEA

El primer ejemplo de galaxia que tenemos es nuestra propia Galaxia, la Vía Láctea, en la que el Sol y todo el Sistema Solar, incluida la Tierra, están inmersos. La Figura 8.3 nos muestra en todo su esplendor una parte de ella. Como vemos, nuestra Galaxia es una galaxia con un disco y, más adelante llegaremos a que también tiene brazos espirales, por lo que es una galaxia espiral de acuerdo con la clasificación morfológica dada anteriormente. Esa forma espectacular, de un disco visto de canto es la que se denominó Vía Láctea (Camino de leche) aunque ahora se le llame así no sólo al disco sino al conjunto de nuestra Galaxia (incluyendo núcleo o bulbo y halo). En Mesoamérica fue bien conocida y formó parte de la cosmogonía por su forma peculiar semejando dos serpientes enroscadas (el dios Mixcóatl, “serpiente de nube”). En Europa fue distintiva de la ruta que debían seguir los peregrinos franceses para llegar en el viaje iniciático a Santiago de Compostela (“campo de estrellas”) en Galicia, España. Se le conocía como el “Camino de Santiago”. Tanto los mesoamericanos como los griegos (con Demócrito) sostenían que, aunque de apariencia “lechosa” (es decir, “nebulosa”), ese disco estaba formado por muchísimas estrellas. Esto fue confirmado en 1609 cuando Galileo Galilei apuntó con un telescopio hacia la Vía Láctea y la “resolvió” en multitud de estrellas.

*La vemos como un disco de estrellas, gas y polvo. A pesar de su cercanía, es difícil estudiarla globalmente como galaxia pues estamos inmersos en ella. Es por ello que en los estudios sobre las galaxias se usan esos dos enfoques diferentes: 1) el estudio de galaxias externas y 2) el estudio detallado de las diferentes propiedades y componentes de la Vía Láctea.*

Veamos las diferentes aportaciones seminales de varias astrónomas que se han dedicado a su estudio.

### Caroline Herschel y un modelo de nuestra Galaxia

La Fig. 8.6 nos da un retrato de Caroline Lucretia Herschel (1750-1848), diferente al estereotipado donde se le muestra como una vieja, poco atractiva y con un tocado poco favorecedor.

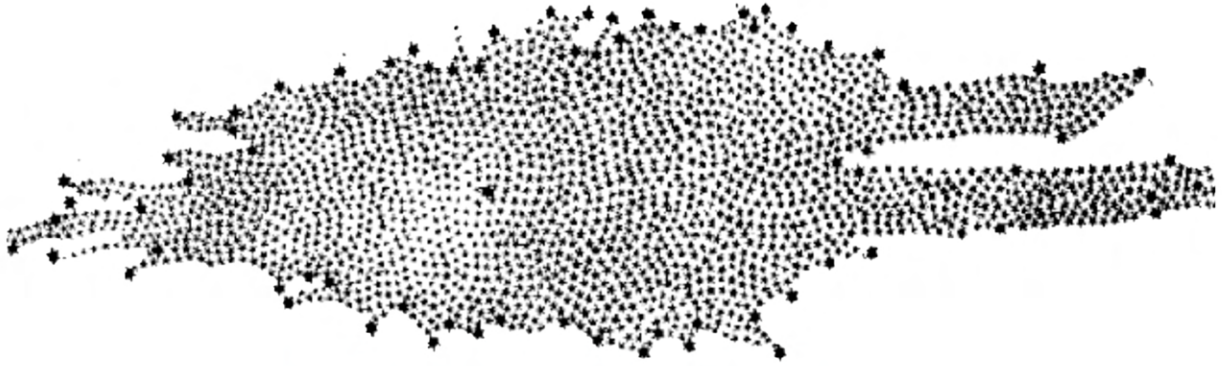
Nacida en Hannover, Alemania, estudió Astronomía de manera autodidacta, junto con su hermano William. Tanto William como Caroline fueron contratados por el rey Jorge III de Inglaterra como astrónomos. Desde luego, ella como ayudante de William... Es pues, la primera astrónoma profesional.



**Figura 8.6**

Retrato de la astrónoma Caroline Herschel observando con un telescopio de los que construía. Tomado de la página de Hortensia Hernández: <http://www.heroinas.net/2018/05/caroline-herschel-la-primer-mujer-que.html>





**Figura 8.7**

Modelo de nuestra Galaxia propuesto por los hermanos Herschel, con el Sol siendo la estrella luminosa cercana al centro de nuestra Galaxia. Fuente, dominio público.

Junto con su hermano estudió los movimientos propios de las estrellas de nuestra Galaxia y propusieron un modelo de la Vía Láctea como se muestra en la Fig. 8.7. Como se observa en esta figura, nuestra Galaxia tendría una forma de yunque y todavía se consideraba el Sol en el centro de la Vía Láctea. Fue hasta mucho después, al estudiar la distribución de los cúmulos globulares (esferas formadas por multitud de estrellas viejas) que se vió que nuestro Sol no estaba en el Centro de la Galaxia sino a varios miles de años luz de este centro.

Cabe enfatizar que el no considerar al Sol como centro del Universo tuvo menos repercusiones que el no considerar, siglos antes, a la Tierra como centro del Universo.

### Ivonne Georgelin y los brazos espirales de la Vía Láctea

Del estudio de varios tipos de estrellas y nebulosas en nuestra Galaxia y del estudio de otras galaxias espirales se tiene el modelo de nuestra Galaxia y sus diferentes componentes ilustrados en la Fig. 8.8.

*Nuestra Galaxia tiene un bulbo o núcleo esferoidal de estrellas viejas, posiblemente una barra, y un disco con varios grosores dependiendo de la juventud de las estrellas en él. Este disco, que está en rotación, contiene a los brazos espirales y al Sol que está a 26 000 años luz del Centro Galáctico y en uno de esos brazos. Nuestra Galaxia tiene un diámetro de 200 000 años luz y está formada por entre 200 000 y 400 000 millones de estrellas.*

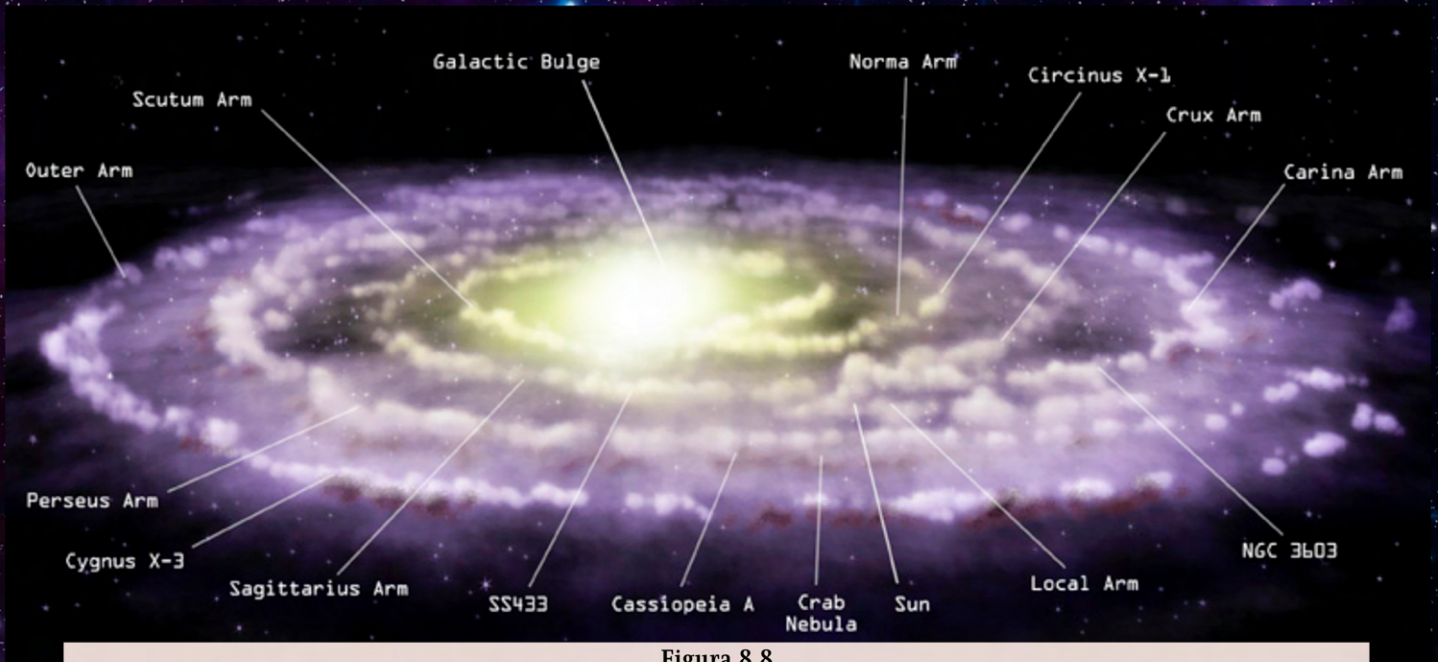
Veamos cómo Yvonne Georgelin hizo la importante aportación de delinear la estructura espiral en nuestra Galaxia.

*Marie Curie*

Física y Química (1867 -1934)

*"Fue como un nuevo mundo que se abrió para mí, el mundo de la ciencia, que por fin se me permitió conocer en plena libertad".*

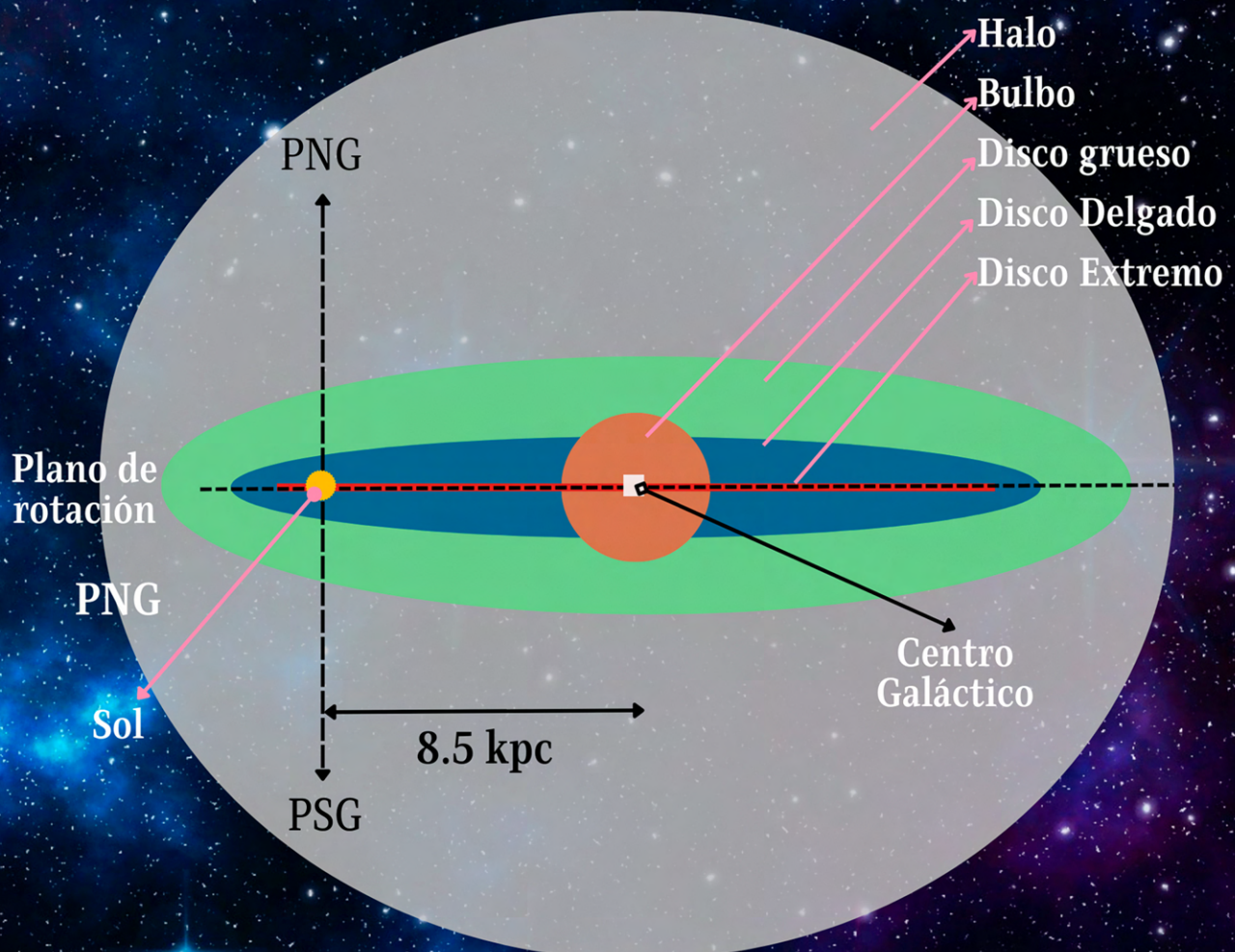


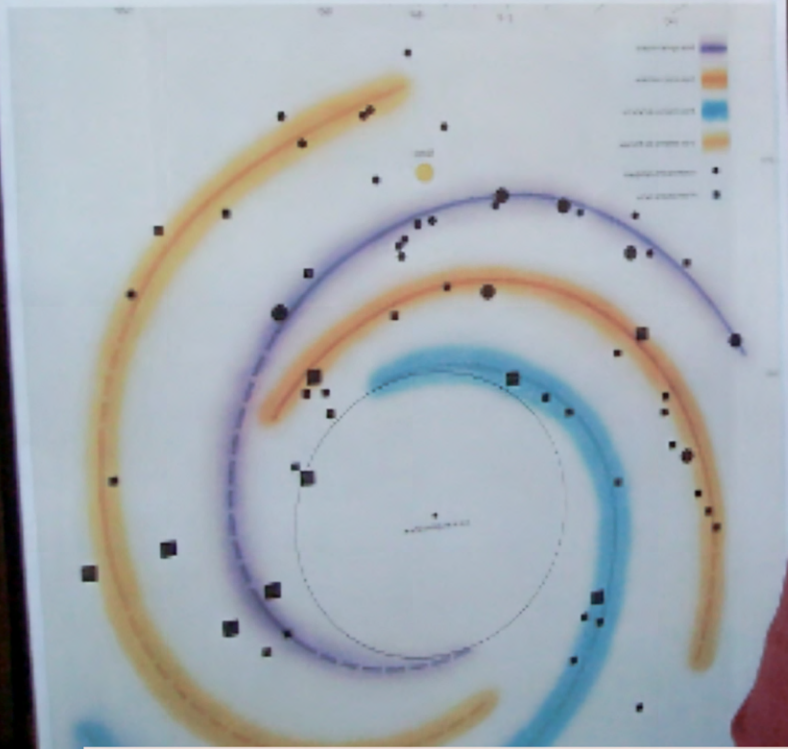


**Figura 8.8**

Arriba: Ilustración esquemática de la Vía Láctea, que muestra los brazos espirales prominentes, la protuberancia galáctica central, la ubicación del Sol y fuentes de rayos X (Credit: NASA/CXC/M.Weiss)

Abajo: Estructura de la Vía Láctea tal como se piensa que es en la actualidad, con sus diferentes componentes. Notar que nuestro Sol está a 8.5 kpc (equivalente a 26 000 años luz) de dicho centro. Los brazos espirales (no mostrados en esta figura) estarían en el disco delgado. Figura modificada de CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=512597>.





**Figura 8.9**

Yvonne Marie Georgelin y su modelo seminal de los brazos espirales de la Vía Láctea delineados al determinar las distancias a varias nebulosas de gas ionizado por estrellas jóvenes y masivas de nuestra Galaxia. Fuente: Philippe Amram, Laboratoire d'Astrophysique de Marseille.

Yvonne Marie Georgelin Jonkheere nació en Lille, Francia en 1940. Es hija de un astrónomo aficionado (Jonkheere) que estudiaba estrellas dobles. Hizo su doctorado en Ciencias en la Universidad de Aix-Marseille, Francia. Trabajó en el Observatorio de Marsella. En su trabajo doctoral descubrió la estructura espiral de la Vía Láctea. En la Figura 8.9 se muestra una fotografía de esta inspiradora mujer, quien fuera mi mentora, y de su modelo de estructura espiral de nuestra Galaxia que se publicó mucho antes que otros modelos similares. Para descubrirlo, pasó meses observando, en observatorios europeos localizados en Chile, las estrellas y nebulosas de hidrógeno ionizado y determinando sus distancias fotométricas (a las estrellas) como cinemáticas (a las nebulosas). Es así como descubrió los brazos espirales de nuestra Galaxia y determinó que nuestro Sol se encuentra en el Brazo Espiral de Orión que es el más cercano (Georgelin & Georgelin, 1970; Georgelin, Georgelin & Roux, 1973).

## El centro de nuestra Galaxia

Como se mencionó anteriormente, nuestro Sol está a 26 000 años luz del Centro de nuestra Galaxia, en el disco, y en particular, en el llamado “Brazo Espiral de Orión”. El Centro de nuestra Galaxia se encuentra en la dirección de la constelación de Sagitario. Desde la Tierra es difícil visualizarlo debido a que, además de las estrellas del Bulbo Galáctico, hay en abundancia nubes de gas y polvo que esconden su vista sobre todo en el visible.

Es por ello que para poder estudiarlo se observa en las ondas de radio y en el infrarrojo. Las Figuras 8.10 (en las ondas de radio) y 8.11 (en radio e infrarrojo) nos muestran la riqueza de objetos que se concentran en el centro de la Vía Láctea: varios remanentes de explosiones de supernova, regiones formadas por vientos de pulsares, filamentos saliendo de la fuente más cercana al centro, llamada Sagitario A\*.

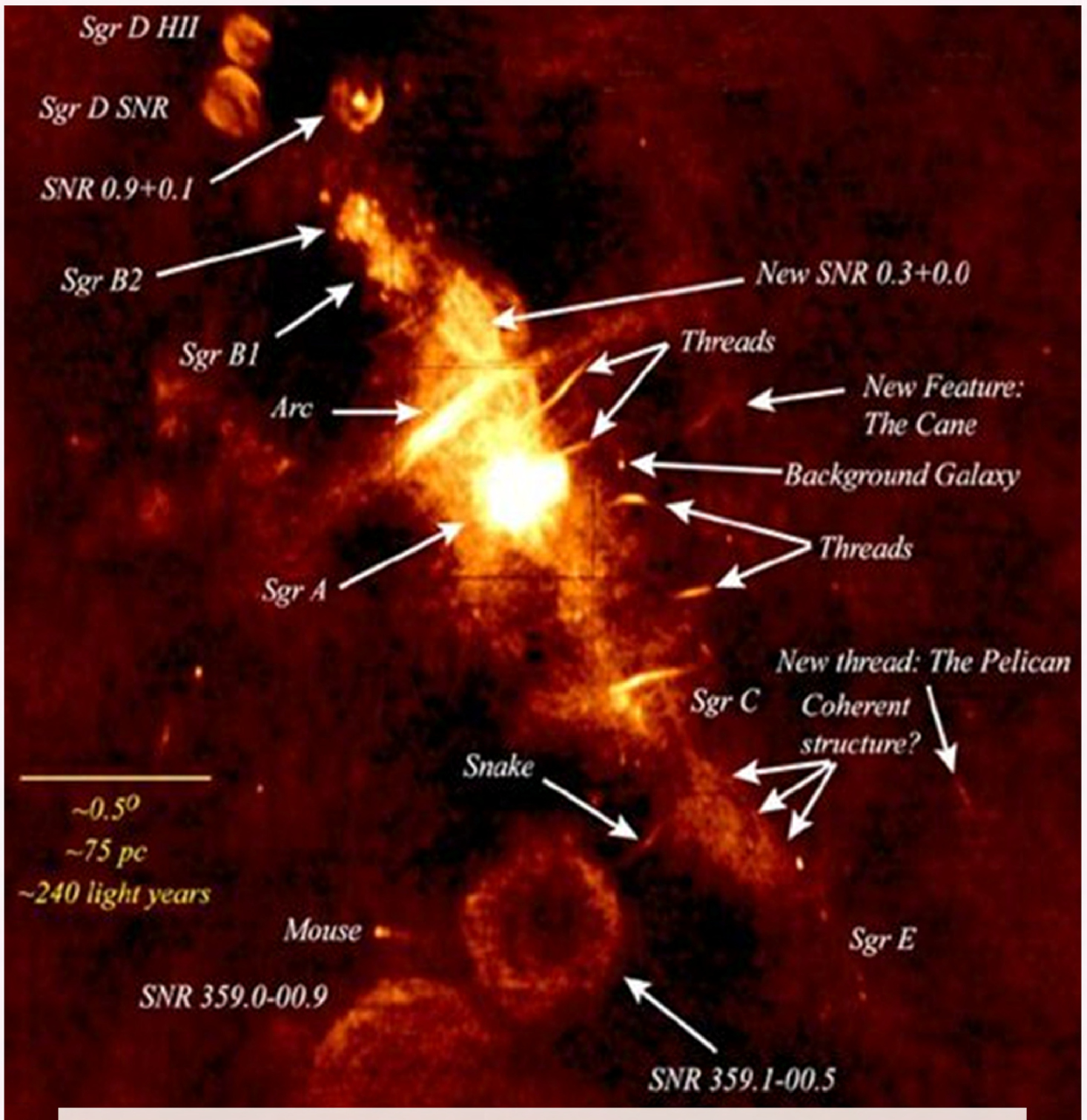
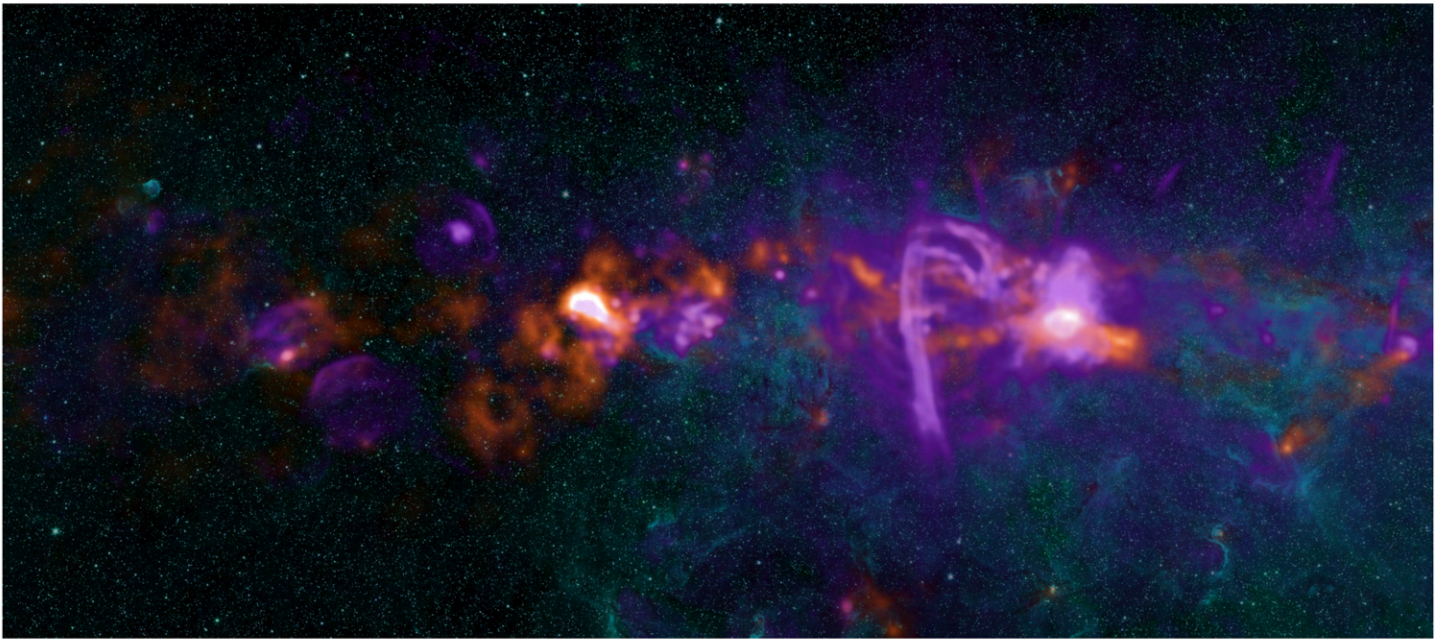


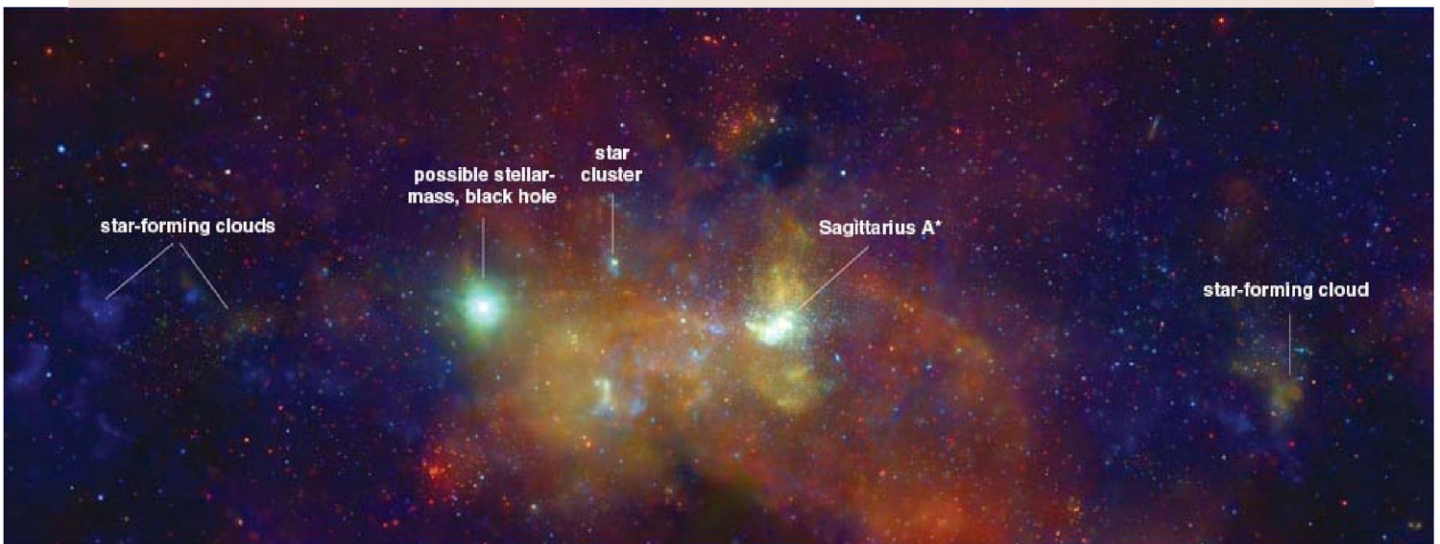
Figura 8.10

El Centro de nuestra Galaxia visto en las ondas de radio. La línea horizontal del extremo inferior izquierdo muestra la escala: 240 años luz. Se marcan diferentes remanentes de supernova (SNRs), filamentos, nebulosas formadas por vientos de pulsares y en el centro se observa la fuente más brillante marcada como Sagitarius A\* (Sgr A\*) que corresponde al Centro de la Vía Láctea. Fuente: Heino Falcke. MPI Radioastronomy (Bonn).



**Figura 8.11**

Imagen del Centro Galáctico de la Vía Láctea en las ondas de radio y el infrarrojo. Fuente: NRAO/AUI/NSF; Adam Ginsburg and John Bally (Univ of Colorado - Boulder), Farhad Yusef-Zadeh (Northwestern), Bolocam Galactic Plane Survey team; GLIMPSE II team. Telescopios: Spitzer Space Observatory's Infrared Array Camera; VLA; Caltech Submillimeter Observatory.



**Figura 8.12**

Otra imagen del centro de la Vía Láctea. Fuente: NASA, ESA, S. Baum and C. O'Dea (RIT), R. Perley and W. Cotton (NRAO/AUI/NSF), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

En la Figura 8.12 se aprecia, además de la fuente de radio luminosa Sagitario A\*, cúmulos de estrellas y nubes donde se forman nuevas estrellas.

*El Centro de nuestra Galaxia está lleno de electrones que se mueven con velocidades cercanas a la de la luz (se les llama velocidades relativistas) y campos magnéticos que hace que emitan poderosamente en las ondas de radio.*

## Andrea Ghez y el Agujero Negro en el Centro de la Vía Láctea.

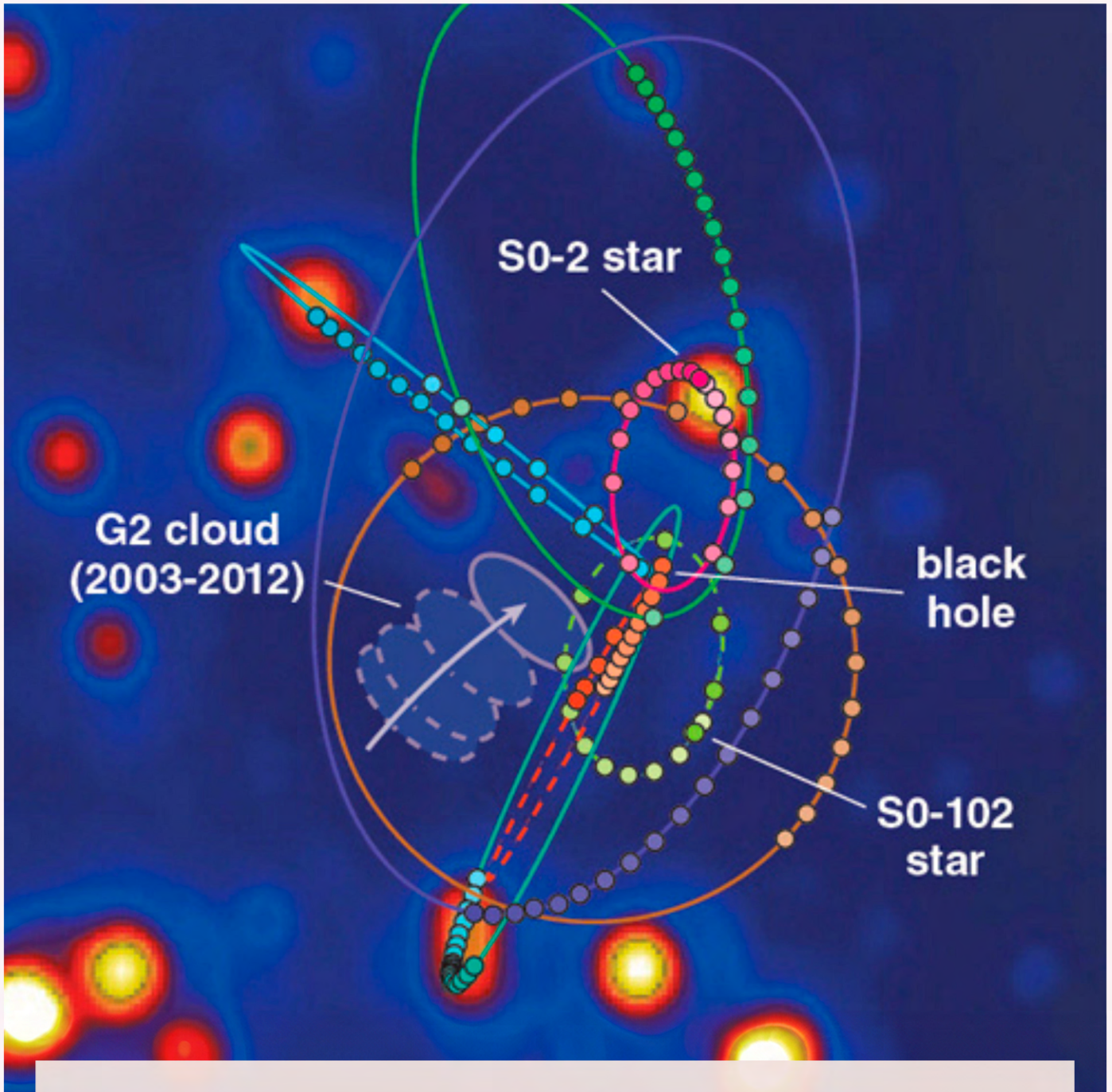
Desde finales del siglo pasado se empezó a sospechar que en el centro de nuestra Galaxia había un objeto muy masivo e invisible: *un agujero negro*. Sin embargo, las evidencias que se tenían no involucraban movimientos de estrellas cercanas a ese objeto compacto central sino sólo movimientos de gas (más fácil de acelerar por ser más liviano) había qué estudiar los movimientos de las estrellas. A diferencia de los agujeros negros supermasivos que se encuentran en los centros de las llamadas “galaxias activas” y que absorben gran cantidad de materia al igual que logran expeler jets de alta energía, el agujero negro del centro de nuestra Galaxia pareciera algo flojo por lo que no se tiene esa gran actividad nuclear observada en otras galaxias.

*Pero, ¿Qué es un agujero negro?  
Ahora sabemos que es una  
consecuencia de la Teoría General de  
la Relatividad desarrollada por  
Einstein y que predice que puede haber  
concentraciones de materia tan densas  
que la luz no pueda escapar de ellas.  
Los agujeros negros llamados  
“estelares” pueden tener masas de  
decenas de masas solares y se piensa  
que se forman por el colapso  
gravitatorio de estrellas masivas.*

Muchos de ellos se observan porque tienen una estrella compañera (sistema binario de estrellas) que no colapsó y que le va cediendo gases de su atmósfera al agujero negro, los cuales, antes de desaparecer en el agujero se calientan a millones de grados Kelvin, emitiendo rayos X. Sin embargo, los agujeros negros de los centros de las galaxias tienen masas de millones de masas solares y no se sabe cómo se forman éstos.

Andrea Ghez y Reinhard Genzel, por separado, se pusieron a estudiar los movimientos de las estrellas cercanas a Sagitario A\* y lograron demostrar que todas orbitaban a grandes velocidades alrededor de un punto fijo e inmóvil: Sagitario A\* que es el agujero negro central. Esto lo hizo Andrea Ghez usando los telescopios de 10 m Keck que se encuentran en Hawaii y que son los telescopios más grandes del mundo. Necesitaba estos potentes telescopios para poder estudiar en el visible y cercano infrarrojo las estrellas cuya luz es absorbida por las nubes de gas y polvo del centro de la Vía Láctea. La Fig. 8.13 reproduce los resultados de los estudios de Andrea donde muestra las diferentes órbitas de las estrellas y, a partir de sus velocidades, puede deducir la masa del agujero negro que resultó de millones de masas solares. Por este descubrimiento se le dio el Premio Nobel de Física 2020 junto a Reinhard Genzel y Roger Penrose. Andrea Ghez es una de las pocas mujeres (cuatro) que ha sido galardonada con el Premio Nobel de Física, de un total de 200 premiados.

Es importante hacer notar que parte importante de su descubrimiento pudo ser posible debido a que Andrea Ghez consiguió tiempo de telescopio en los telescopios Keck (en Hawaii), los telescopios en el visible/infrarrojo más grandes del mundo. Usualmente los telescopios son instrumentos de uso general para los astrónomos. Los astrónomos que los usan no los construyeron, sino que pertenecen a algún país que aportó dinero para esta infraestructura y por eso tienen derecho a usarlos (de hecho, para eso paga el país el desarrollo de un telescopio y/o de un observatorio). Por eso pudo obtener Andrea Ghez acceso a los telescopios Keck. Esto no hubiera podido ser posible en los 50's del siglo XX. En efecto, a otra gran astrónoma inglesa, Margaret Peachey Burbidge, le fue denegado tiempo de telescopio debido a que en los observatorios de Carnegie el tiempo de telescopio era exclusivo para hombres (la “razón” que dieron fue que no había baños para mujeres en los observatorios...).



**Figura 8.13**

Imagen creada por la Prof. Andrea Ghez y su equipo de investigación de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) basada en los datos colectados por ellos con los Telescopios W. M. Keck en Hawaii. En esta imagen se muestra cómo alrededor del agujero negro central Sagitario A\* orbitan las estrellas cercanas a él con velocidades tan altas que permiten estimar la masa de este agujero negro en millones de masas solares. Sólo un agujero negro puede concentrar una masa tan grande en un espacio tan pequeño (el campo de esta imagen es de alrededor de 1 segundo de arco). Se aprecia también la nube de gas G2 que está cayendo hacia el agujero negro y que es lo que se observa en radio como Sagitario A\*.

## Más sobre Andrea Ghez

Esta gran astrónoma nació en Nueva York en 1965. Se interesó en la astronomía cuando buscó su sueño de ser astronauta, impactada por el prometedor programa espacial estadounidense Apolo. Ya para su época, sí tuvo acceso a las mejores universidades (50 años antes estaban reservadas sólo a hombres). Es así como estudió Física en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y obtuvo su doctorado en el CALTECH (California Institute of Technology). Actualmente trabaja como profesora en UCLA (University of California at Los Angeles). La Figura 8.14 nos muestra una imagen de esta científica.



**Figura 8.14**  
Andrea Mia Ghez. Imagen tomada de TecReview

## 8.5 LA ROTACIÓN DE LOS DISCOS DE LAS GALAXIAS ESPIRALES Y LA MATERIA OSCURA

Como mencionamos en la Sección 8.3, en el apartado de "Clasificación morfológica", un conjunto importante de las galaxias tiene forma espiral. En la Sección 8.4, dentro del tema "Ivonne Georgelin y los brazos espirales de la Vía Láctea" hablamos sobre las diversas componentes de las galaxias espirales (S); como se aprecia en la Fig. 8.8 para el caso de la Vía Láctea que es una galaxia espiral. Las componentes de una galaxia espiral son: a) un bulbo de estrellas viejas, esférico y pe-

queño (dependiendo de qué tan pequeño es, se clasifica a los diversos tipos de espirales), b) la posible existencia de una estructura estelar oblonga llamada "barra" (para el caso de las espirales barradas), c) un disco delgado de estrellas, gas y polvo, que alberga a los brazos espirales que es donde se están formando nuevas estrellas y d) un halo esférico de estrellas viejas agrupadas en estructuras llamadas "cúmulos globulares".



*Mileva Marić*

Física y Matemática (1875-1948)

Una brillante mujer investigadora que se quedó a la sombra de un gran genio:

*"¡Triste época la nuestra! Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio".*

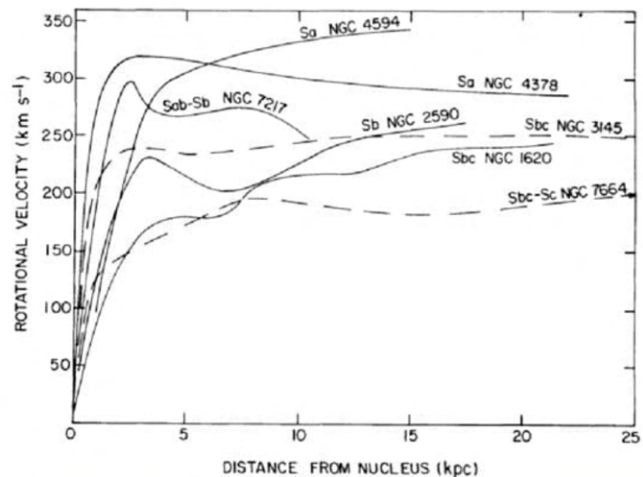
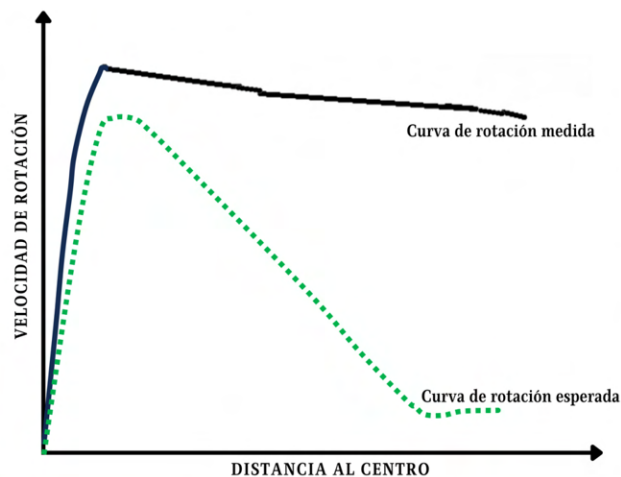


## Vera Rubin y las Curvas de Rotación de las galaxias

Los discos delgados de las galaxias espirales están formados por estrellas, gas y polvo y se sabe que están en rotación. El estudio de esta rotación nos da claves importantes sobre la distribución de masa tanto en el disco como en las otras componentes (bulbo, halo, posible barra) de la galaxia espiral. Esto porque estos movimientos están gobernados por el potencial gravitatorio de la galaxia. De hecho, suponiendo que la atracción gravitatoria es debida a la materia que vemos en una galaxia (materia brillante como son estrellas, nebulosas, nubes de hidrógeno neutro y nubes moleculares) la rotación de esa galaxia tendría una forma dada por la “curva de rotación” (gráfica de la velocidad de rotación de estrellas y nebulosas en función de la distancia al centro de la galaxia de estas estrellas y nebulosas) como aparece en la Fig. 8.15, panel Izquierdo. En este panel se presentan dos posibilidades de curva de rotación: 1) la curva en verde (con velocidades de rotación decrecientes al aumentar la distancia al centro) es la que se predice si se considera sólo la atracción gravitatoria de la materia “visible” (estrellas, gas, polvo y

moléculas). Y, 2) la curva en negro que representa esquemáticamente, de acuerdo con las medidas directas en varias galaxias, como la velocidad de rotación no decrece con la distancia al centro de la galaxia (curva de rotación “plana”). Entonces, ¿cuál es la fuerza que retiene a las estrellas muy lejanas a continuar dentro de la galaxia sin que ellas escapen?

En el panel derecho de la Figura 8.15 se reproduce una figura del artículo de Rubin, Ford & Thennard (1978) donde se muestran las curvas de rotación de 7 galaxias espirales medidas por Vera Rubin mostrando cómo esas curvas de rotación son “planas” implicando que posiblemente una atracción adicional que hace que las estrellas lejanas no se escapen. Durante todo el siglo XX y principios del siglo XXI se ha pensado que ésta es la mejor prueba de la existencia de Materia Oscura en una galaxia pues se necesitaría un halo al menos 10 veces más grande que las dimensiones “brillantes” de la galaxia y mucho más masivo para confinar a las estrellas lejanas dentro de la galaxia.



**Figura 8.15**

Izquierda: Curva de Rotación de una galaxia espiral (es decir, gráfica de la velocidad de rotación de estrellas y nebulosas de una galaxia en función de su distancia al centro de la galaxia). En verde se presenta la curva de rotación esperada, si la atracción gravitatoria se debiera exclusivamente a la materia visible (estrellas, gas ionizado, gas neutro y gas molecular). En negro se presenta una curva de rotación típica medida (se le llama “curva de rotación plana”) Créditos: elaboración de la autora. Derecha: Curvas de rotación medidas por Vera Rubin de 7 galaxias espirales, figura tomada del artículo Rubin, Ford & Thennard (1978). Como se ve, todas las curvas de rotación son “planas” a grandes distancias del centro.



Figura 8.16

Vera Rubin con el espectrómetro que usó para medir la velocidad de rotación de estrellas en diferentes galaxias espirales. Foto: Astronomy Magazine.

Este descubrimiento seminal por parte de Vera Rubin fue de varias maneras banalizado y se le escatimó el Premio Nobel dando como pretexto que no se conocía todavía la partícula de Materia Oscura responsable de esa atracción suplementaria. Esta actitud de banalización no se tuvo en el caso de los “descubridores” de la Energía Oscura. Aún no se sabe qué es, pero eso no impidió que a estos señores se les diera el Premio Nobel de Física.

*Lo cierto, es que el descubrimiento de Vera Rubin implicaría que la mayor parte de materia en el Universo es Materia Oscura y que sólo un pequeño porcentaje es visible. Como la espuma de una ola de mar, comparada con la misma ola. O bien, que las leyes de la Física conocidas hasta ahora, se modifican a las aceleraciones involucradas en las galaxias.*

## Vera Cooper Rubin la observadora astronómica.

*Vera Cooper Rubin (1928-2016) fue una astrónoma norteamericana/de origen judío, nacida en Filadelfia, USA. De adolescente construyó un telescopio para explorar el cielo.*

Trató de entrar a Princeton pero en su época no admitían mujeres, por lo que hizo su doctorado en la Universidad de Cornell donde tuvo como maestros a Feynman y Bethe (dos premios Nobel de Física). Toda su vida trabajó en el Carnegie Institute de Washington, USA. Conoció a la pareja de astrónomos Margaret y Geoffrey Burbidge quienes la animaron a seguir con sus estudios sobre la rotación de las galaxias. Esto no fue fácil para Vera. Los observatorios “nacionales” de los Estados Unidos (como Kitt Peak National Observatory y Cerro Tololo Inter-American Observatory), a pesar de ser infraestructura indispensable para las investigaciones astronómicas como las de Vera, estaban vedados para las astrónomas mujeres. Eso a pesar de que los astrónomos hombres no contribuyeron mayormente, en su construcción y desarrollo. A los hombres se les daba tiempo en el telescopio de manera “normal” (con todas las implicaciones económicas sobre lo injusto de que los impuestos de las trabajadoras y trabajadores norte-

americanos sólo sirvieran para los hombres). A las mujeres astrónomas se les negaba el tiempo a pesar de que las mujeres, como trabajadoras, pagan impuestos.

*El pretexto que le dieron a Margaret Burbidge y a Vera Rubin para negarles el uso de esos telescopios, fue que NO HABÍA BAÑOS PARA MUJERES y otra, más velada, de que eran espacios masculinos que causarían problemas con las esposas de los astrónomos hombres.*

Mientras que Margaret Burbidge puso como “responsable” de las observaciones a su esposo que era teórico, y ella era su “ayudante”, Vera Rubin insistió en que los baños para mujeres no eran tan importantes y fue así como fue la primera mujer en obtener tiempo de telescopio en Palomar (el telescopio más grande del mundo en ese tiempo), en 1965, improvisando un baño para mujeres. En este punto, me gustaría contrastar la diferencia en el acceso a infraestructura básica entre Vera Rubin y Andrea Ghez para quien, afortunadamente, ya permiten a las mujeres poder usar la infraestructura más grande actual (2023) con telescopios de más de 10 m de diámetro (los telescopios Keck en Hawaii)

## Conclusiones

Con este estudio, limitado a las astrónomas que he incluido pero que, por supuesto, muchas otras más hemos contribuido en el campo de las galaxias, podemos llegar a algunas conclusiones que nos ayudan a entender el quehacer femenino en la creación astronómica:

1. Las galaxias son los ladrillos del Universo. Incluso las estrellas se forman en estos núcleos fundamentales de agregación de materia.
2. El estudio de las galaxias es bastante reciente (únicamente desde el siglo XX) y, por consiguiente, es más fácil analizar las contribuciones de las mujeres astrónomas.



Figura 8.17

Collage de algunas astrónomas mexicanas y de otros países que se dedican o dedicaron a las galaxias. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: Françoise Combes (Francia), Maritza Lara, Isaura Fuentes Carrera, Lourdes Verdes Montenegro (España), Paris Pişmiş, Lia Athanassoula (Francia), Chantal Balkowski (Francia) y Margarita Rosado (la autora)



**Figura 8.18**

Collage de algunas astrónomas mexicanas y de otros países que se dedican o dedicaron a las galaxias. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: Ascención del Olmo (España), Patricia Ambrocio Cruz, Déborah Dultzin; Lorena Arias y Josefa Masegosa (España) y algunas de las astrónomas de Morelia: Susana Lizano, Rosa Amelia González Lira, Paola D'Alessio, Adriana Gazol y Yolanda Gómez No es fácil conseguir imágenes de astrónomas, en Google cuando se teclea astrónomas salen puros hombres...

3. Las astrónomas han contribuido de manera muy relevante en el tema de las galaxias desde su inicio al lograr la determinación de sus distancias y de sus tamaños, comenzando por nuestra Galaxia, en el descubrimiento de los brazos espirales de la Vía Láctea, en el descubrimiento del agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea y en la evidencia de la Materia Oscura dentro de las galaxias espirales o alguna nueva ley de la Física.

4. *Las astrónomas aquí reseñadas tienen una característica en común: dedicaron años de su vida a adquirir los datos astronómicos, a analizarlos, y tuvieron la visión necesaria para darse cuenta de la relevancia de sus descubrimientos. No por ello los presentaron prematuramente, sino que prosiguieron sus estudios hasta tener todos los elementos de prueba.*

5. Hay otros puntos comunes: a) se interesaron en la Astronomía desde niñas/jóvenes ya sea porque sus padres eran astrónomos aficionados, o porque construyeron telescopios o porque querían ser astronautas, b) participaron activamente en el análisis de las observaciones astronómicas de su interés y c) sus familias (esposos e hijos) las apoyaron en sus trabajos y sus progenitores no hicieron distinción sexual para motivarlas, interesarlas y apoyarlas en sus estudios científicos.

### • Agradecimientos

La autora agradece el apoyo económico de CONACyT (ahora CONAHCyT) mediante el proyecto C-258/2018 y el proyecto CF-86367, a los Institutos de Astronomía y de Matemáticas y la Facultad de Medicina de la UNAM.

### • Referencias

Georgelin, Y. P., & Georgelin, Y. M. (1970). Galactic Rotation from H II Regions. *Astronomy and Astrophysics*, 8, 117.

Georgelin, Y. M., Georgelin, Y. P., & Roux, S. (1973). Observations of new galactic H II regions and exciting stars. *Observatoire, Marseille*.

Ghez, A. M., Salim, S., Weinberg, N. N., Lu, J. R., Do, T., Dunn, J. K., ... & Naiman, J. (2008). Measuring distance and properties of the Milky Way's central supermassive black hole with stellar orbits. *The Astrophysical Journal*, 689(2), 1044.

Leavitt, H. S., & Pickering, E. C. (1912). Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud. *Harvard College Observatory Circular*, vol. 173, pp. 1-3, 173, 1-3.

Rubin, V. C., Ford Jr, W. K., & Thonnard, N. (1978). Extended rotation curves of high-luminosity spiral galaxies. IV-Systematic dynamical properties, SA through SC. *Astrophysical Journal, Part 2-Letters to the Editor*, vol. 225, Nov. 1, 1978, p. L107-L111., 225, L107-L111.

## DRA. MARGARITA ROSADO

Investigadora Nacional Emérita; Instituto de Astronomía - UNAM  
margarit@astro.unam.mx

# 9 SOBRE EL AVANCE DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LAS ÁREAS STEM: CONTRIBUCIONES DEL GRUPO MUJER Y CIENCIA DE LA UNAM.

ELIA MARTHA PÉREZ  
ARMENDARIZ

FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Fotomontaje por las editoras:  
Imagen original de dominio público tomada de Wikipedia:  
"Sofonisba Anguissola, Self-Portrait, 1554".

A finales del milenio anterior, surge el movimiento de las mexicanas en las ciencias, impulsado inicialmente por un grupo de estudiantes de posgrado de las áreas STEM o antes conocidas como las ciencias de la vida y exactas, quienes, organizadas en la Asociación Mexicana de Mujeres en las Ciencias, generamos y difundimos las primeras políticas científicas con perspectiva de género en México durante los 80's y principios de los 90's. Ya como investigadoras hemos dado continuidad a estas acciones a través del Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM, fundado en el 2006, que es una agrupación de investigadoras de las diferentes áreas de las ciencias y de otras instituciones del país. En este trabajo se presentan las principales políticas científicas con perspectiva de género que ha impulsado el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

*El Grupo Mujer y Ciencia ha transformado la infraestructura de género en la UNAM, a través de crear espacios para el desarrollo de la perspectiva de género en las áreas STEM y otras no clásicas de los estudios de género que hasta hace pocos años se mantenían rezagadas.*

## 9.1 INTRODUCCIÓN

En México, el movimiento de mujeres en las ciencias a favor de lograr una igualdad de oportunidades entre los sexos en el desarrollo científico surge durante las últimas décadas del milenio anterior (Pérez Armendariz, 1984, 2008, 2010). En particular su primera manifestación se da en las ciencias naturales y exactas, ahora conocidas como áreas de las Ciencias, Ingenierías, Tecnologías y Matemáticas o CTIM por sus siglas en español, o STEM por las mismas en inglés, cuando un grupo de estudiantes de posgrado nos organizamos en la Asociación Mexicana de Mujeres en la Ciencia o AMMEC por sus siglas. La AMMEC, tuvo sus antecedentes inmediatos en la Asociación Mexicana de Mujeres del Área Fisiológica (AMMAF) y del Grupo Por la Mujer en la Ciencia (GpMC), que fundamos a principios de los años 80's, siendo estudiantes del posgrado del área biológica del CINVESTAV, IPN. Con estas agrupaciones dimos inicio a una serie de acciones dirigidas a cerrar las brechas en la representación y participación de las mujeres en la ciencia nacional y alcanzar una igualdad de oportunidades entre los sexos en el quehacer científico. Entre éstas y por vocación innata, comenzamos a diseñar las primeras políticas científicas con perspectiva de género en la ciencia nacional que publicamos y difundimos en los boletines de la AMMEC, primeros en su género en el país (Boletines AMMEC) así como en un artículo en revista y un capítulo en las memorias de un congreso de científicas mundial (Pérez Armendariz et al, 1991).

Ya como investigadoras, dimos continuidad a estas acciones a través de fundar el Grupo Mujer y Ciencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), organización integrada por investigadoras de las diversas áreas de las ciencias, incluyendo una alta participación de las de áreas naturales y exactas ahora llamadas CTIM o STEM por sus siglas en inglés (Science, Technology, Engineering, and Math).

*El Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM tiene como objetivo principal, la creación de políticas científicas con perspectiva de género a fin de fortalecer la infraestructura científica nacional y que ha realizado diversas aportaciones considerables al avance de la perspectiva de género en las ciencias tanto a nivel de la UNAM como del ámbito federal como se resume en este capítulo.*

En la UNAM, las primeras acciones a fin de reglamentar las investigaciones y docencia de género en la institución, surgen en 1992, cuando el Rector en turno, Dr. José Sarukán, crea el Programa Universitario de Estudios de Género (PUEG) de la UNAM, en respuesta a la demanda de ampliar la cultura feminista en la academia, impulsada por las académicas de la Facultad de Ciencias Políticas, la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL) y la Facultad de Psicología durante el Congreso Universitario convocado por los estudiantes y desarrollado en los años 1990 (Banda et al, internet, y portal del CIEG). El PUEG fue inicialmente dirigido por la doctora Graciela Hierro, profesora de la Facultad de Filosofía y Letras. A su deceso en el 2003, en el proceso de selección de la nueva dirigente de ese programa, pude constatar que además de las integrantes del PUEG y de grupos de la FFyL, se manifestaron colegas del Centro de Investigación y Estudios de Género y del Centro de Estudios en Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), así como de la Facultad de Psicología, todas de las áreas de las humanidades y ciencias sociales y evidenciando la ausencia de la participación de las investigadoras de las ciencias naturales y exactas en dicho proceso y la falta de una política institucional a fin de ampliar la participación en este proceso en el eje horizontal de las áreas de las ciencias.



## 9.2 RESULTADOS: EL GRUPO MUJER Y CIENCIA, UNAM, Y SU PROGRAMA DE ACCIÓN (2006-2023).

A fin de superar la falta de participación de las investigadoras de áreas STEM en la dirección de la política de género en la UNAM, quién escribe y como coordinadora por la UNAM de la Conferencia Internacional Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida en el 2006, (figura 9.1-I) (Meza et al, 2008), invité en paralelo a un grupo de colegas a formar el Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM (Grupo Mujer y Ciencia, UNAM) agrupación interdisciplinaria que se plantea el generar políticas científicas con perspectiva de género que fortalezcan a la comunidad nacional, para lo cual nos trazamos las siguientes metas: 1) La investigación sobre la participación de las mujeres en el ámbito académico y científico y en particular en la UNAM, 2) El desarrollo de un programa pionero de

difusión sobre las contribuciones de las científicas mexicanas, incluyendo a las de las áreas CTIM o STEM, 3) La organización de foros académicos de científicas, tanto universitarios como nacionales e internacionales (ver adelante) tanto de difusión científica como de vinculación, 4) La discusión y generación de políticas científicas con perspectiva de género y dar continuidad al proyecto a este respecto iniciado en la AMMEC, y 5) La divulgación de las recomendaciones de políticas científicas que generamos a través de los primeros boletines, artículos en revistas y números monográficos de género y páginas web de género y de la ciencia nacional, así como capítulos de libros y libros que hemos editado, a fin de transferir estas experiencias y avances a las nuevas generaciones.

### I) Foros internacionales, nacionales y universitarios de Ciencia y Género organizados.

Entre los congresos que hemos organizados están:

1. *La Conferencia de Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida* (Figura 9.1J), en el 2006 (Meza et al, 2008),
2. El Foro Regional “*Las Mujeres y el Bicentenario: X Ciclo Mujer y Ciencia*” en el 2010 (Figuras 9.1G y 9.1H),
3. El Taller Nacional “*Impulsando la equidad: Acciones para impulsar y reconocer las investigaciones de ciencia y género en México*” en el 2015 (Figura 9.1.F) (Pérez Armendariz y Franco, 2015, Inzunza 2016),
4. El “*Primer Congreso Internacional en Ciencia, Salud y Género*” celebrado en el 2018 (Figuras 9.1A, 9.1C 9.1D) (Pérez Armendariz et al, 2021a),
5. El congreso que dio origen a esta memoria, el “*Congreso Internacional el Despertar de la Vocación Científica en las Niñas*” en el 2018 (Figura 9.2) en este volumen (Rosado et al, 2023)
6. Los quince Simposios anuales universitarios “*Ciclo Mujer y Ciencia*” (Figura 9.3 superior), iniciados en el 2006, en los cuales han participado más de 220 científicas (videos en canal del Grupo Mujer y Ciencia en YouTube, en proceso),
7. Nuestra participación en la co-organización de diversos foros de género universitarios, nacionales o internacionales, a los cuales hemos sido amablemente invitadas como entidad académica co-organizadoras (i.e, Dutrenit, 2013, Martínez, T, 2020).



Figura 9.1

Imágenes de libros publicados y Foros de Ciencia y Género Organizados por el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

A) Libro Ciencia, Salud y Género. Pérez Armendariz et al., 2021, Facultad de Medicina, UNAM. B. C. D) Primer Congreso Internacional Ciencia, Salud y Género, (1er CICSG-2018) realizado en la Facultad de Medicina, UNAM, el 10-11 de septiembre, 2018. E) Memoria del 1er CICSG-2018. F) Taller Nacional Superando la Inequidad: Acciones para impulsar y reconocer los estudios de ciencia y género en México, 27 octubre, 2015. G, H) Fotos del Foro Regional las Mujeres y el Bicentenario: X Ciclo Mujer y Ciencia, Palacio de Minería, Foro de CyT convocado por el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, 2010. I) Libro Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida. Facultad de Medicina UNAM ver texto para cita completa. J) Segunda Conferencia Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida, CDMX 3-5 mayo, 2016.

Para el desarrollo de los Foros nacionales e internacionales que hemos organizado, gestionamos el apoyo de la UNAM a través de la Facultad de Medicina, la Facultad de Química, el Instituto de Astronomía y/o del Instituto de Matemáticas, así como de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC). También del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y/o del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, así como el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), entre otros (Figura 9.1).

Estos congresos, simposios, acciones e ideas compartidas con la comunidad han sido pioneras al interior y exterior de la UNAM, adelantándose por más de una década a la disposición de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) y de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) en la acción de convocar a las celebraciones del 11 de febrero como el Día Internacional de la Mujer y las Niñas en la Ciencia en el 2015.

*En todos estos Foros de Ciencia y Género que hemos organizado, y en particular en el Congreso internacional sobre el despertar de la vocación científica en las niñas, se ha enfatizado la importancia de acercar a las niñas (os) a las ciencias, y el presentarles modelos de científicas mexicanas en activo que les comuniquen lo apasionante que es la ciencia para su emprendimiento profesional y los beneficios potenciales que tiene la ciencia en la comunidad (Figura 9.2A y 9.2B).*

También, en la mesa “Las Mujeres y la Divulgación científica”, desarrollada en este congreso, expuse a la comunidad la necesidad de crear mecanismos institucionales y federales de apoyo a estos objetivos, ya que su ausencia entre el 2006 y el 2018, nos implicó una cuarta jornada o excesiva sobrecarga de trabajo, sobre la ya muy extensa inversión de tiempo que implica la investigación en las áreas

de tiempo que implica la investigación en las áreas CTIM o STEM (Pérez Armendariz, 2018a). Afortunadamente, la recientemente creada Coordinación para la Igualdad de Género, ha creado el medio digital “La boletina” que permite la difusión de la participación de las mujeres en la comunidad universitaria como detallamos más adelante.

## II) Resultados sobre la representación académica.

Como fundadora y dirigente del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM así como responsable del programa de Servicio Social en Ciencia y Género que dirijo en la Facultad de Medicina, UNAM, hemos realizado investigaciones que han contribuido a la ampliación de los estudios institucionales sobre la representación de las académicas en la UNAM, elaborados a través del PUEG (Buquet et al, 2006, Buquet 2013, Buquet et al, 2013). En particular, documentamos por primera vez en México y América Latina que la promoción en el Sistema Nacional de Investigadores depende del área de in-

vestigación (Pérez Armendariz y Ruiz Azuara, 2012). En la UNAM, hemos encontrado que a la fecha las mujeres continúan estando menos representadas que los hombres en todas las figura académicas, a excepción de la figura de técnico académico (Pérez Armendariz et al, 2023 a, b). También, que la representación de las académicas tienen una distribución diferencial en las diferentes dependencias de la UNAM que realizan investigación en las áreas STEM, y que ésta no se correlaciona directamente con la tasa de egresos de las mismas (Pérez Armendariz et al, 2003 d).



A



B



C



D



E



F



G

Figura 9.2

Imágenes del Congreso internacional el Despertar de la Vocación Científica en las Niñas (DVCN), 2018. Instituto de Astronomía e Instituto de Matemáticas, UNAM. A) Panorámica de la inauguración, B) Mesa de divulgación científica, C) Conferencia del Dr. William Lee, Coordinador de la Investigación Científica, UNAM, D) Dra. Martha Yoko Takane Imay, E) Dra. Anna Hurst, F) Imagen de la clausura, G) Jóvenes participantes del Congreso internacional el DVCN-2018.

Lo anterior, ha documentado la necesidad de generar políticas específicas con perspectiva de género que consideren las diferencias entre las diversas áreas de las ciencias y por lo mismo hemos llevado a cabo encuentros nacionales con este foco de interés (ver puntos III.3). Los resultados de estas investigaciones los hemos publicado en artículos de revistas, capítulos de libros especializados, libros editados, videos así como documentos que compartimos con la Rectoría y con la CIGU (citas en el texto), la Coordinación de las Humanidades (CH)

(gaceta de la UNAM vol. 5182, 2021), retomados y recomendado en el Grupo Asesor del área STEM de la CIGU-UNAM (2020-2023) (ver sección III). Del mismo modo, en cursos de docencia impartidos para las Comisiones Internas para la Igualdad de Género de las dependencias, o CInIGs (tres cursos 2021, ver citas) y comunidades en su conjunto (Pérez Armendariz, 2010, Pérez Armendariz y Ruiz Azuara, 2012, Pérez Armendariz y Franco, 2015, Inzunza 2016, Pérez Armendariz et al, 2021 a-c, Pérez Armendariz et al, 2023a-d).

### III) Principales políticas científicas con perspectiva de género y contribuciones a la ampliación de la estructura de género institucional legadas por el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

Otro de los legados principales del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM a la fecha ha sido el ampliar la infraestructura institucional de género en nuestra máxima casa de estudios, a fin de crear espacios para la investigación y la docencia con perspectiva de género de las áreas STEM y las áreas sociales y de las humanidades no tradicionales de los estudios de género. Lo anterior ha implicado meses de negociación con diferentes instancias de toma de decisión formadas por grupos a los cuales la institución les ha asignado la responsabilidad de la docencia e investigación en materia de género. También hemos generado más de una centena y media de políticas científicas con perspectiva de género. A continuación resumimos las principales aportaciones de nuestro grupo a estos aspectos:

**1** **La primera propuesta de creación de Comisiones de Género al interior de las dependencias de la UNAM y de las IES.** Esta propuesta emerge de la reflexión y análisis del desarrollo del Taller Nacional *“Superando la inequidad: Acciones para impulsar y reconocer las investigaciones de Ciencia y Género en México”*, celebrada en el Museo Universum, el 27 de octubre de 2015, convocado por el Grupo Mujer y Ciencia, el FCCyT, el CONACyT, así como la colaboración de la Facultad de Medicina de la UNAM, la Dirección General de

Divulgación Científica, DGDC, la UAM, IPN y de la FEMU (ver antes) (Figura 9.3). Como resultados se desarrollaron lineamientos con perspectiva de género organizados por áreas de las ciencias, así como generales (Inzunza, 2016, Pérez Armendariz y Franco, 2015). Dentro de estos últimos, quién escribe, propuse la creación de las Comisiones de Género al interior de todas las dependencias de la UNAM, a partir de su elección democrática en las comunidades respectivas, a fin de impulsar el análisis y desarrollo de la perspectiva de género en las mismas. Estos lineamientos, fueron publicados en colaboración con el Dr. José Franco, titular en turno del FCCyT en el portal de este organismo, y entregados tanto al CONACyT como al Rector de la UNAM, el Dr. Enrique Graue Wiechers, a inicios de su gestión (Pérez Armendariz y Franco 2015) (Figura 9.3). El Rector, los turna a la comisión de política institucional del PUEG-UNAM, quien a su vez los turna a la Secretaría de Desarrollo Institucional, y llegan posteriormente a la Comisión Especial de Género del Consejo Universitario, quién los recomienda para su creación en las dependencias. De tal manera,

que a partir del 2016 comienzan a crearse las primeras **Comisiones Internas para la Igualdad de Género en las dependencias o CInIGs**, como en la FFCyL. Las CInIGs son definidas por la institución como órganos auxiliares de las entidades académicas o dependencias universitarias cuyo objetivo es impulsar la implementación de la política institucional en materia de igualdad de género de la Universidad y prevenir cualquier tipo de discriminación y violencia por razones de género, a través de acciones sistemáticas y profundas diseñadas con la participación de las autoridades y la comunidad. Actualmente las CInIGs se desarrollan en la gran mayoría de las dependencias de la UNAM. También, ante la manifestación masiva de las jóvenes universitarias del 2019 y 2020 para poner un alto a la violencia de género, el rector Dr. E. Graue Wiechers, crea en el 2020 la Coordinación para la Igualdad de Género o CIGU (Hernández Mirta, 2020, 2021), misma que entre otras funciones, coordina a las CInIGs. Además, las CInIGs, participan en la organización y articulación de los diversos eventos académicos y científicos generados en las dependencias en las fechas emblemáticas designadas por la ONU para reconocer a las mujeres como son el *Día Internacionales de la Mujer y la Niña en la Ciencia* y el *Día Internacional de la Mujer*, con lo cual se ha ampliado importantemente la realización y diversidad de estos eventos, iniciados por Grupo Mujer y Ciencia, UNAM en el 2006 (ver antes).

**2 La propuesta de creación de una Comisión de Género en la Coordinación para la Investigación Científica.** La necesidad de la creación de una comisión de género en la Coordinación Científica fue presentada al doctor William Lee, por la autora, por la Dra. Margarita Rosado Solís y la Dra. Martha Yoko Takane Imay, en el Congreso internacional sobre el *Despertar de la Vocación Científica de las Niñas* (Rosado et al, 2018), así como a través de las recomendaciones emanadas del *Primer Congreso Internacional*

*de Ciencia, Salud y Género*, publicadas en el capítulo uno, en el libro *Ciencia, Salud y Género* (Pérez Armendariz, 2021b). Interesantemente, aunque en sus momentos no obtuvimos respuesta a la misma, actualmente la creación de esta comisión está siendo considerada en la citada Coordinación, lo cual sería otro importante acierto.

**3 La creación de una comisión de género en la Coordinación de Humanidades.** Esta iniciativa está incluida en los lineamientos de las recomendaciones emanadas del *Primer Congreso Internacional de Ciencia, Salud y Género* (Pérez Armendariz, 2021). Esta gestión se lleva a cabo directamente con la Coordinadora de Humanidades, la Dra. Guadalupe Valencia, en mi proceso de candidatura a la dirección del CIEG-UNAM (Gaceta UNAM, 2021). Coincidentemente este año se crea esta comisión en la Coordinación de Humanidades, que hasta antes de este año no existía.

**4 La creación de un Área o División de Ciencia, Salud y Género en la Coordinación para la Igualdad de Género.** Esta iniciativa está incluida en los lineamientos de las recomendaciones emanadas del Primer Congreso Internacional de Ciencia, Salud y Género, publicadas en el capítulo uno, de acuerdo con las diferentes evidencias que documentan la importancia de la aplicación de una medida de esta naturaleza para la salud de las mujeres (Pérez Armendariz, 2021b y Pérez Armendariz et al, 2021). A este respecto no hemos tenido ninguna reacción a la fecha por parte de la institución.

**5 La creación de una dirección de área STEM en la Coordinación para la Igualdad de Género de la UNAM.** A inicios de la pandemia, en el 2020, y a través de una carta entregada al Rector, el Dr. Enrique Graue Wiechers y a la Dra. Tamara Martínez, quien escribe, en colaboración con las doctoras Martha Yoko Takane Imay y Margarita Rosado Solís, propusimos la creación de una dirección de área STEM en la Coordinación para la igualdad de Género de la UNAM (Pérez Armendariz et al, 2020b). Lo anterior,



A

## TALLER Superando la inequidad

### ACCIONES PARA IMPULSAR Y RECONOCER LAS INVESTIGACIONES DE CIENCIA Y GÉNERO EN MÉXICO

27 de octubre de 2015  
Museo Universum, Centro Cultural Universitario, CU, UNAM

El taller busca analizar la mejor forma de evaluar y estimular la investigación en materia de ciencia y género en México, considerando las diferentes áreas del conocimiento a fin de elaborar, y poner en marcha acciones específicas que permitan superar las brechas de género.

[www.genero2015.foroconsultivo.org.mx](http://www.genero2015.foroconsultivo.org.mx)

Mujer enseñando geometría, siglo XIV, tomada del libro de Geometría de Euclides. Dibujo: Martha Takane y Francisco Meza (FCCyT).

B

**RECTORIA**

01 ABR 2016

**RECIBIDO**

Dr. Enrique Graue Wiechers  
Rector  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Presente

Estimado Dr. Graue Wiechers:

Adjunto a la presente encontrará las conclusiones y lineamientos generales generados en el taller **"SUPERANDO LA INEQUIDAD: ACCIONES PARA IMPULSAR Y RECONOCER LOS ESTUDIOS DE CIENCIA Y GÉNERO EN MÉXICO"**, convocado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), los grupos Mujer y Ciencia, UNAM, de expertas de género de la UAM, del IPN y la Federación Mexicana de Universitarias el pasado 27 de octubre, en las instalaciones de Universum, Museo de las Ciencias en Ciudad Universitaria.

Este encuentro transdisciplinario de carácter nacional, contó con cerca de 80 participantes, la mayoría expertas de género, representantes de 21 instituciones de educación superior tanto públicas como privadas, incluyendo a 18 dependencias de la UNAM y tres planteles de la UAM, provenientes de 9 estados de México y 22 diferentes redes de género de académicas del país.

Estos lineamientos generales y sus anexos con recomendaciones específicas, serán exhibidos en el portal del Foro Consultivo Científico y Tecnológico próximamente.

Este es el segundo foro nacional en materia de políticas científicas con perspectiva de género organizado por el FCCyT, y estamos seguros que los lineamientos serán de su interés.

Agradecemos de antemano su atención y comentarios a la presente y aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

**Atentamente**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 16 de marzo de 2016.

Dr. José Franco  
Director General de Divulgación  
de la Ciencia UNAM.  
Coordinador del Foro Consultivo Científico y

*[Signature]*  
Dra. E. Martha Pérez Armendariz  
Profesora e investigadora  
Facultad de Medicina, UNAM.  
Coordinadora General del Taller

C

Figura 9.3

A) Simposio universitario II Ciclo Mujer y Ciencia, UNAM, 2 de marzo 2006, donde se analiza por primera vez la Ley de Ciencia y Tecnología (CyT) con perspectiva de género en México, 2 de marzo 2006, Torre de Ingeniería, UNAM. B) Portada de los lineamientos de políticas científicas con perspectiva de género generados del desarrollo del Taller Superando la Inequidad: Acciones para impulsar y reconocer las investigaciones de Ciencia y Género en México. A la derecha, carta enviada a la Rectoría de la UNAM comunicando estos lineamientos recomendados, que incluyen la creación de Comisiones de Género al interior de las dependencias de las Instituciones de Educación Superior.

derivó en que la CIGU, a través de su *Dirección de Políticas de Igualdad y No Discriminación*, creara el *Grupo Asesor del área STEM*, en la cual quienes emitimos esta propuesta fuimos invitadas a participar. Uno de los primeros impactos positivos de esta iniciativa, ha sido el vincular la necesidad de dirigir acciones hacia el área STEM, con la creación de las CInIG, ambas iniciativas generadas por nuestro grupo. Su articulación por la CIGU ha resultado en un proyecto muy exitoso para nuestra máxima casa de estudios, ya que se ha amplificado mucho la participación de las mujeres de áreas STEM, aspecto que, como he citado, propiamente no existía en nuestra institución hasta antes del 2006 cuando fundamos del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

**6** **La ampliación de la investigación hacia las áreas STEM del proyecto de creación del Centro de Investigación y Estudios de Género de la UNAM.** Este proyecto fue impulsado por quien escribe en colaboración con las doctoras Martha Yoko Takane Imay, Margarita Rosado Solís, Luz Ma. Moreno Tetlacuilo de los Instituto de Matemáticas y de Astronomía y de la Facultad de Medicina, respectivamente (Muciño, 2017). Como logro, esta ampliación quedó registrada en su acta constitutiva (Documento de creación mes de diciembre 2016). No obstante, a la fecha no se conduce ninguna investigación o curso dirigido parte de investigadoras (es) del área STEM.

**7** **La ampliación para el registro de las investigadoras (es) de las áreas STEM con experiencia documentable en perspectiva de género, para su registro como tutoras (es) del Programa de Posgrado de Estudios de Género de la UNAM.** Esta iniciativa, impulsada por la Dra. Martha Yoko Takane Imay, la Dra. Margarita Rosado Solís y quien escribe, fue presentada en el 2021, de manera verbal a la Coordinadora en turno, de este Posgrado, y enviada a través de carta al Comité de Posgrado de Estudios de Género (Pérez Armendariz et al, 2022 c), quienes inicialmente, las rechazaron bajo el argumento que sólo recibirían alumnas (os) de las dependencias que

habían creado este posgrado. No obstante, este antecedente llevó al comité científico del mismo a su reflexión y meses después, meses después se rectificó a este respecto, creándose así un nuevo polo de desarrollo para los estudios de género en la UNAM.

**8** **La creación de un programa de sensibilización en perspectiva de género dirigido para los comités de evaluación académica.** Esta iniciativa, la propusimos en la clausura del Primer Congreso Internacional en Ciencia, Salud y Género, al cual convocamos en el 2018 (Pérez Armendariz, 2018) así como en la publicación de sus lineamientos en el capítulo uno (Pérez Armendariz, 2021) del libro *Ciencia, Salud y género* (Pérez Armendariz et al, 2021). También fue propuesta por el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM, en la mesa de *“Políticas de igualdad de género para la comunidad académica durante y después del confinamiento”*, en el marco del simposio internacional titulado *“La investigación y la docencia, en tiempos de pandemia. Una reflexión con enfoque de género”*, desarrollada del 1, 8, 15, 22, 29 de octubre del 2020, convocada por la CIGU (Martínez T. 2020). En esta Mesa, hicimos hincapié en su recomendación a fin de prevenir, que por el inédito distanciamiento social derivado de la pandemia COVID19, se pronunciaran más los sesgos en la promoción y estímulos académicos del PRIDE que han prevalecido por décadas en nuestra institución en detrimento de las académicas, y con base a las respuestas emitidas por las académicas en la encuesta titulada *“Impacto del distanciamiento social por la COVID-19 en la productividad de las y los académicos de la UNAM”*, aplicada a 1500 investigadores de ambos sexos de la institución incorporados al SNI de las diferentes áreas de las ciencias y que contó con más cerca de 150 respuestas. Esta encuesta la elaboré en colaboración con las doctoras Martha Yoko Takane y Aurora Farfán, integrantes del Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM, junto con alumnos del servicio social de ciencia y género del laboratorio de Sinapsis Eléctricas bajo mi dirección (Pérez Armendariz et al, 2023 a,b).



Lo anterior también se ha propuesto a las máximas autoridades del CONACyT. Esta iniciativa ha sido también retomada y recomendada por el Grupo Asesor de área STEM de la CIGU, por lo que esperamos próximamente la CIGU presente a la comunidad estas guías de lineamientos. No obstante, la CIGU priorizó la edición de lineamientos con perspectiva de género para la contratación, y continúa siendo un reto el generar un lineamiento institucional que desglose cómo atender los sesgos de género en la promoción.

**9** **La creación de una sección sobre el trabajo de cuidados en los informes anuales y del PRIDE.** También, en el marco de la importancia de la valoración social sobre el cuidado de otros, predominantemente a cargo de las mujeres, en la misma Mesa citada en el punto 7, propusimos la creación de una sección en los informes anuales así como del PRIDE, de una sección que informe sobre el trabajo derivado del cuidado de otros (infantes, adultos mayores, o familiares con alguna discapacidad) y consideraciones en la evolución para quienes los han tenido a su cargo (Pérez Armendariz, 2020b, y Pérez Armendariz et al, 2023a,b). Estos elementos han sido retomados y analizados en la agenda de trabajo del Grupo Asesor del área STEM y recomendados para su inclusión en una serie de lineamientos que serán presentados a la comunidad por la CIGU. No obstante, al 2023, los informes anuales no incluyen a la fecha una sección al respecto. Por su parte, la convocatoria vigente del PRIDE, cita por primera vez en su historial que la evaluación se realizará con perspectiva de género. No obstante, la misma no aclara qué experiencia deberán tener quienes apliquen esta perspectiva de género y como la aplicarán.

**10** **El reconocimiento del campo de ciencia y género en el eje horizontal de las ciencias por la UNAM y otras IES.** Esta propuesta ya había sido emitida por nuestro grupo tanto en el artículos como en Foros académicos desde el 2010 (Pérez Armendariz, 2010 y 2015; Pérez Armendariz y Ruiz Azuara, 2012; Pérez Armendariz et al, 2013 y 2016). Más aún, a fin de profundizar en su análisis convocamos al Taller Nacional: *Hacia el reconocimiento y estímulo de las investigaciones en ciencia y género en México*, en octubre del 2015 (ver antes, e Inzunza, 2016). Los lineamientos generales de este encuentro incluyeron el reconocimiento de las investigaciones y productividad en materia de ciencia y género en el eje horizontal a las diferentes áreas de las ciencias, incluyendo a las de las áreas STEM y a las de las no tradicionales de las humanidades y ciencias sociales, por ser instrumentos clave para el avance la perspectiva de género en las ciencias. Estos fueron entregados a nuestras máximas autoridades (Pérez Armendariz y Franco J., 2015; Inzunza 2016). Esta iniciativa fue incorporada en el plan de Desarrollo de la UNAM (Graue Wiechers, 2015-2019). Adicionalmente, esta propuesta se ha llevado a los “*Cursos de género*” que hemos impartido para las CInIGs, organizados por la CIGU (Pérez Armendariz, 2021 f - h). Asimismo, retomamos este aspecto en el Grupo Asesor del área STEAM de la CIGU, en los cuales se ha ampliado la importancia de reconocer la productividad en esta materia por parte de los Comités de Evaluación (Pérez Armendariz et al, 2020 b, c). Este aspecto ha sido considerado por el Grupo Asesor del área STEAM de la CIGU y recomendado, por lo que nos mantenemos a la espera de que la CIGU informe próximamente a este respecto.

*Rita Levi-Montalcini*

Neuróloga Italiana (1909 - 2012)

*“El futuro del planeta depende de la posibilidad de dar a todas las mujeres el acceso a la instrucción y al liderazgo”.*



**11** **La política de realizar foros para acercar a las niñas a las ciencias y difundir modelos de científicas mexicanas.** Ya en la UNAM, retomamos la iniciativa de la AMMEC, de hacer simposios de científicas. De esta forma desde el 2006 iniciamos con los Simposios Universitarios Ciclos Mujer y Ciencia, UNAM. En adición, integrantes de nuestra organización han impulsado y generado cursos específicos para jóvenes y niñas en las ciencias (Takane Imay, 2018), así como la promoción a través de entrevistas en revistas de divulgación

como CNN (García, 2018). También organizamos dos mesas redondas, una en el Museo de la Mujer y otra en la Facultad de Medicina de la UNAM en el 2018, a fin de discutir como acercar a las niñas a las ciencias. Más aún se desarrolló el *Congreso Internacional el Despertar de la Vocación Científica en las Niñas*, llevado a cabo en el 2018 dentro del Instituto de Astronomía y del Instituto de Matemáticas de la UNAM, a fin de atraer a las niñas (os) a las ciencias y desarrollar acciones al respecto (Rosado Solís, 2018 y la presente memoria).

#### IV) Contribuciones del Grupo Mujer y Ciencia de la UNAM al Sector de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación.

*El movimiento de mujeres en las ciencias impulsado por la AMMEC en el milenio pasado, se extendió en forma directa a la UNAM, a través de ex-integrantes de esta organización que se incorporaron a la Facultad de Medicina UNAM y fundaron el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM (Pérez Armendariz, 2006, 2008 y 2010, Meza et al, 2008), así como a la Facultad de Ciencias, donde crean el grupo de Supercuerdas. También, este movimiento se extendió a diversas IES del país. Esto último como quedó evidenciado en la Segunda Conferencia de Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida, 2006 (Meza et al, 2008) y de cuyo registro estimamos que para el 2018, éste se había extendido a cerca de dos terceras partes de los estados del país (18 de 32) (Pérez Armendariz y Rodríguez, 2008).*

En este contexto, en el marco del II Ciclo Mujer y Ciencia, UNAM, convoqué a la mesa titulada “*La opinión de las científicas sobre el documento Hacia una Política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación propuesto por el FCCYT*” el 7 de marzo del 2007, en el auditorio de la Torre de Ingeniería de la UNAM. En esta mesa se analizó por primera vez con perspectiva de género la Ley de Ciencia y Tecnología y en esta revisión participaron nueve investigadoras reconocidas de diferentes disciplinas. Su análisis mostró que ésta carecía totalmente de esta perspectiva, por lo que lo propusimos junto con otras 8 acciones afirmativas para su aplicación (ver tabla 1; Pérez Armendariz 2010; Pérez Armendariz y Ruiz Azuara, 2012). A partir del 2017,

propusimos a las autoridades científicas competentes y al Congreso Federal el reformar la Ley de Ciencia y Tecnología vigente a fin de incluirla. Lo anterior fue aprobada por el Congreso Federal en el 2013, mediante la creación de dos artículos y la reforma a otros dos que señalan la obligatoriedad de la Ley sobre la no discriminación entre géneros para el acceso a la educación y el quehacer científico nacional en su eje horizontal (Diario oficial de la Nación, 2013). Lo anterior, abrió la puerta por primera vez a la legislación nacional en materia de ciencia y género nacional, y fomentó el inicio de acciones por el propio sector gubernamental (Dutrénit 2013).

También, entre las acciones afirmativas que recomendamos para su incorporación a la Ley de CyT desde el año 2010, están (Pérez Armendariz, 2010):

- a) La creación de cuerpos académicos de género en el CONACyT (ahora CONAHCyT),
- b) El reconocimiento de las investigaciones y productos de género generados en las áreas STEM por parte del sector de CyT,
- c) El acercamiento de las niñas y los niños a las ciencias,
- d) El estímulo a las instituciones de educación superior (IES) que adopten políticas de género, y
- f) El apoyo a la ciencia básica.

Después de la primer reforma para la inclusión de la perspectiva de género a la Ley de CyT el 2013 (ver antes), en el 2013 y 2015, y a fin de ampliar la reglamentación a este respecto colaboramos con la autoridades competentes del sector en turno mediante el desarrollo de dos foros nacionales de ciencia y género. Específicamente, a través de coordinar y emitir lineamientos sobre la Mesa titulada: *"Una mirada a la investigación con perspectiva de género"*, desarrollada dentro del Foro nacional titulado *"Una mirada a la ciencia, tecnología e innovación con perspectiva de género: Hacia un diseño de políticas públicas"* convocado por la Dra Gabriela Dutrénit (Dutrénit, 2013), titular en turno del FCCyT, y en cuya organización tuvimos una importante participación.

Asimismo, persistiendo en lograr la incorporación de nuestras iniciativas, organizamos el Taller Nacional *"Superando la Inequidad: Acciones para impulsar y reconocer las investigaciones de ciencia y género en México"*, el 27 de octubre, del 2015, encabezada por el Grupo Mujer Ciencia UNAM en colaboración con el FCCyT y el CONACyT y en cuya organización, también participaron científicas

(os) de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y del Instituto Politécnico Nacional (IPN) así como de otros grupos de académicas como la FEMU (Figura 9.3).

Este último foro nacional, fue sumamente innovador ya que se planteó como objetivo en emitir lineamientos con perspectiva de género específicos para las diferentes áreas de las ciencias hasta entonces reconocidas por el CONACyT. Además, tuvo una representación regional y alta calidad científica, ya que contó con más de 80 expertas (os) de género de un total de siete estados del país y 21 instituciones de educación superior (IES). Aunados a los lineamientos específicos por área, emití, en colaboración con el Dr. Jose Franco, los lineamientos generales que incluyeron:

- a) La creación de Comisiones de género en las dependencias de las IES (ver arriba),
- b) La creación de comisiones de género al interior del CONACyT (ahora CONAHCyT), incluyendo a las del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) (ahora SNII),
- c) La sensibilización de género de las comisiones de evaluación del SNI (ahora SNII), y
- d) La valoración de los productos de investigación en materia de género en todo el eje horizontal de las ciencias, incluyendo las áreas STEM, previamente solicitadas (Pérez Armendariz, 2010 y Pérez Armendariz et al, 2013).

Estos lineamientos generales y particulares a las áreas específicas de las ciencias fueron entregados al Rector de la UNAM y al CONACyT para su difusión. En la UNAM, como varias de estas políticas científicas con perspectiva de género se han ido incorporando a la política institucional como hemos resumido en la sección anterior. En contraste, en la reglamentación del CONACyT y en el FCCyT, estas políticas no se incorporaron y por consecuente tampoco fueron incluidas en la Ley de CyT.

No obstante, hemos persistido en nuestra iniciativa de ampliar esta regulación, para lo cual representando a un grupo de trabajo del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM, participe en diversas mesas de análisis del proceso para la generación de la actualmente ya aprobada Ley General de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, (LGHCTI). Entre otras, en la primera mesa de análisis sobre *"La Iniciativa de Ley General de HCTI y la necesaria renovación del Marco Jurídico Nacional"*, en el Seminario permanente de la Ciencia es tu Derecho, convocada por el actual Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT). En otros aspectos, en mi participación (Pérez Armendariz, 2023d) resumí como la LGHCTI, amplía la reglamentación de género sustancialmente con respecto a la anterior, así como esta incorpora aspectos de las políticas científicas con perspectiva de género que hemos venido presentado como Grupo Mujer y Ciencia UNAM, desde el 2010 (ver Pérez Armendariz 2010; 2018; Pérez Armendariz, y Franco J, 2016; y Pérez Armendariz y Ruiz Azuara, 2012; Pérez Armendariz, et al, 2022 a,b; 2023 b, c, d; Rosado Solís, 2018; Ruiz Azuara, 2018; Takane 2018, 2021). Entre estas:

- a) El papel rector del estado de coordinar el desglose por género de la infraestructura humana del sector HCTI,
- b) El acceso libre a esta información,
- c) El acercamiento a la ciencia de las (os) niñas (os) a las ciencias a través de la educación,
- d) Buscar la paridad en la contratación científica, por primera vez,
- e) La creación de órganos de consulta paritarios, y órganos consultores permanentes en materia de género en las federaciones del sector HCTI (en Pérez Armendariz et al. 2024 en proceso).

Los cambios anteriores constituyen un avance en materia de legislación sobre perspectiva de género en la ciencia nacional. Mas aún, sientan las bases para su mayor ampliación, para el bien de todas las mexicanas.

## • Agradecimientos

A todas y todos los colegas y agrupaciones con los que han interactuado y colaborado con el Grupo Mujer y Ciencia, UNAM y al proyecto No. IN231120. de la DGAPA UNAM así como al proyecto y programa de Ciencia y Género a mi cargo en la Facultad de Medicina, UNAM.

## • Referencias

Banda Bustamante Norma, Maru de la Garza Campero, Carmen Espinosa Rafful, Leticia Murúa Beltrán Aragón y Lorenia Parada Ampudia. Un legado de GAMU en la UNAM. La jornada, internet, y <https://debatefeminista.cieg.unam.mx/include/pdf/un-legado-gamu.pdf>

Buquet Corleto A, Cooper Jeniffer, A, Rodríguez Loredó Hilda, Botello Lonngi Luis. 2006, Presencia de mujeres y hombres e la UNAM una radiografía. Comisión de seguimiento a las reformas de la equidad de género de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.

Buquet, Ana, 2013. Sesgos de género en las trayectorias académicas universitarias: orden cultural y estructura social en la división sexual del trabajo (tesis doctoral,

Universidad Nacional Autónoma de México).

Buquet, Ana, Cooper, Jennifer, A. Mingo, Araceli, Moreno, Hortensia. 2013, *Intrusas en la Universidad*. Programa Universitario de Estudios de Género, Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.

Asociación Mexicana de Mujeres en las Ciencias, Boletines, número 1, 2, y 3, Edición: E. Martha Pérez Armendariz, 1987-1991, [www.mujiencia.unam.mx](http://www.mujiencia.unam.mx)

Decreto por el que se reforman y adicionan los artículos 2, 12, 14 y 42 de la Ley de Ciencia y Tecnología Diario Oficial de la Nación» Diario Oficial de la Federación. 2013. Recuperado de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lct/LCT\\_raf07\\_07jun13.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lct/LCT_raf07_07jun13.pdf)

Dutenit G. Foro una mirada a la ciencia y tecnología con perspectiva de género: Hacia una política pública, Foro consultivo científico y tecnológico, octubre, 2013. Dutrénit, Gabriela (Ed) descargable en:

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YL3NnRD7OhAJ:https://www.foroconsultivo.org.mx/eventos\\_realizados/mirada\\_ciencia\\_tecnologia\\_e\\_innovacion/equidad\\_genero\\_documento.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YL3NnRD7OhAJ:https://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/mirada_ciencia_tecnologia_e_innovacion/equidad_genero_documento.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d)

García Dina, 2018 La mujer en la sombra de la ciencia: de los 7,8 millones de investigadores en el mundo, solo el 28 % son mujeres. 2018, CNN, 22 de mayo. Entrevista a la Dra. Elia Martha Pérez Armendariz

Gaceta UNAM, 2021, Lista de candidatas al CIEG, 2021, Num. 5182, pp. 24 y 25, 2021

Graue Wiechers, Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019. [http://www.dict.unam.mx/PDD/PDI\\_UNAM\\_2015-2019.pdf](http://www.dict.unam.mx/PDD/PDI_UNAM_2015-2019.pdf)

Hernández Mirtha, 2020, Se crea la Coordinación para la Igualdad de Género en la UNAM, Gaceta UNAM, 2 de marzo

Hernández Mirtha, 2021, 80% de la Universidad cuenta con comisiones para igualdad de género. Gaceta UNAM Nov 29,

Inzunza, Anayansin. Acciones para impulsar las investigaciones sobre ciencia y género en México. Revista Fórum Noticias del FCCyT, (14), pp. 64 - 69. (2016). Entrevista, E.M. Pérez Armendariz, <http://www.foroconsultivo.org.mx/forum/2016.julio/mobile/index.html#p=64>

Libro DGEI, SEP, 2020, Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y migrantes. Seres vivos y astronomía desde los conocimientos de los pueblos originarios. Cuaderno del alumno. Educación primaria indígena y de la población migrante Ciclo III (5° y 6°). Dirección General de Educación Indígena de la Subsecretaría de Educación Básica de la Secretaría de Educación Pública. (ver: Dra. Rosado M).

Martínez Tamara, La investigación y la docencia en tiempos de pandemia. Una reflexión con enfoque de género. 1, 8, 15, 22 y 29 de octubre 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=RJAjWv45zIA>

Meza, Lilia, Martínez, Amalia; Xoconostle, Beatriz; Pérez Armendariz, Elia Martha (Eds.). (2008). *Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida*. Vol.1 y Vol. 2. México: Facultad de Medicina, UNAM.

Ver: Declaratoria de políticas científicas recomendadas (Editoras prólogo). ISBN 978-970-32-5449-1, Volumen 1, 978-607-2-00035-3, 978-607-2-00036-0.

Muciño R. Las doctoras Martha Pérez y Luz María Moreno participaron en el desarrollo del área cinco del Centro de Investigaciones y Estudios de Género. Autora: Lic. Rocío Muciño, Gaceta de la Facultad de Medicina, UNAM, enero 2017, [http://www.facmed.unam.mx/gaceta/gaceta/feb102k17/g\\_feb102k17.pdf#page=8](http://www.facmed.unam.mx/gaceta/gaceta/feb102k17/g_feb102k17.pdf#page=8)Naciones Unidas CEPAL.

Pérez-Armendáriz, E. Martha; Blazquez, Norma; Cordero, Ana Silvia; García Mitla; Guzmán, Luz María; Noguero, Isabel; Sierra, Ana María y Sierra, Rocío. (1984). "La mujer y la creatividad intelectual". México: Nueva Sociedad. 74, pp. 141-145.

Pérez-Armendáriz, Elia Martha; Noguero, Isabel y Meza, I. (1991). Asociación Mexicana de Mujeres en la Ciencia. A descriptive Study. 9th International Conference of Women Engineers and Scientists. Reino Unido, pp. 77-80, 1991.

Pérez Armendáriz, EM. y Yamilé Rodríguez Ruiz, F. (2009). La agrupación espontánea de mujeres en las ciencias exactas y de la vida en México, ¿Qué nos está enseñando? En: Libro Latinoamericanas en las Ciencias Exactas y de la Vida. Artículo en Memorias de Congreso. Eds: Meza Montes L. Martínez A, Xoconostle B y Pérez-Armendariz, E.M., Facultad de Medicina, UNAM, Ciudad de México, Vol 1, pp. 159-165. ISBN: 978-970-32-5449-1, Vol 1, ISBN: 978-607-2-00035-3, Vol 2, ISBN: 978-607-2-00036-0 pp 159-165.

Pérez-Armendáriz, Elia Martha. (2010). Hacia la inclusión de la equidad de Género en la Política de Ciencia y Tecnología en México. Investigación y Ciencia. Descargable de: <http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista46/Articulo%206.pdf>

Pérez Armendáriz, Elia Martha y Ruiz Azuara, Lena. (2012). Equidad de género en la ciencia en México. Ciencia, 63 (3), pp. 62-71.

Pérez Armendariz, E. Martha, Melgar Lucía y Muñoz Sevilla Norma Patricia. 2013. Declaratoria de Mesa de recomendaciones con perspectiva de género en la investigación. En: Foro una mirada a la ciencia y tecnología con perspectiva de género: Hacia una política pública, Foro consultivo científico y tecnológico, octubre, 2013. Dutrénit, Gabriela (Ed) descargable en: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YL3NnRD7OhAJ:https://www.foroconsultivo.org.mx/eventos\\_realizados/mirada\\_ciencia\\_tecnologia\\_e\\_innovacion/equidad\\_genero\\_documento.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YL3NnRD7OhAJ:https://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/mirada_ciencia_tecnologia_e_innovacion/equidad_genero_documento.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d)

Pérez Armendariz, EM, (2015). Acerca del Reconocimiento del Campo de Ciencia y Género Por Los Sistemas De Evaluación., pg 371-377 en: Evaluación académica: sesgos de género, CEIICH-UNAM, CYTED, Blazquez N. Coordinadora, México, ISBN: 978-607-02-5894-7 y 978-607-02-5900-5, versión electrónica.

Pérez Armendariz, E. Martha, Lena Ruiz Azuara, María Valdés Ramírez, Margarita Rosado, Gabriela del Valle, Antonieta Pérez Armendariz, Martha Takane, Mirella Feingold, Isaura Meza, (2016). Acciones del grupo mujer y ciencia, UNAM para impulsar la inclusión de la perspectiva de género en la ley de ciencia y tecnología e innovación de México. Proceedings del 11 Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Género, ISBN: ISBN978-9968-527-39-2

Pérez Armendariz, E. Martha, Franco, José. 2015, Declaratoria de políticas científicas con perspectiva de género emitidas del desarrollo del Taller, Superando la Inequidad, acciones para reconocer y estimular el campo de ciencia y género en México., 27-28 octubre, 2015. descargable en: <http://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/eventos/taller-superando-la-inequidad-acciones-para-impulsar-y-reconocer-las-investigaciones-de>

Pérez Armendariz, EM 2016. "Acciones del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM, para impulsar en México la inclusión de la perspectiva de género en la Ciencia", Tecnología e Innovación de México. Conferencia en Simposio. 11 Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Género, 26-28 de Julio, Costa Rica, 2016.

Pérez Armendariz E. Martha, "Sobre las investigaciones en ciencia y género en América Latina y el Caribe". Hacia el fomento de la participación de la mujer en la investigación en América Latina, 17y 18 de mayo, 2018.

Pérez Armendariz, E. M., Políticas públicas en la ciencia con perspectiva de género, contribuciones de la ciudad de México, pp. 187-201, 2018a en: Género, políticas públicas en ciencia y educación superior en México. Rebeca Guereca, Ed, Universidad Autónoma Metropolitana. 2018, ISBN, 9786072812703.

Pérez Armendariz, 2018b. Clausura del 1er Congreso Internacional de Ciencia, Salud y Género, 2018, Facultad de Medicina, UNAM. [https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch\\_permalink&v=239573733401365](https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=239573733401365)

Pérez Armendariz, E. M. Participación en la Mesa Redonda: Mujeres en la Divulgación de la Ciencia. Congreso El Despertar de la Vocación Científica de las Niñas, 30 de octubre, 2018c. <https://www.youtube.com/watch?v=rWcalcDzFuo&list=PLiD-IJzweXR-lpvOyCgz9po0-68ZeL4gk&index=15>

Pérez Armendariz, E. Martha, 2020a, participación oral en la Mesa: Políticas para la igualdad de género para la comunidad académica durante y posterior a la pandemia. La investigación y docencia en tiempos de pandemia: una visión con perspectiva de género. Coordinación para la Igualdad de Género en la UNAM y Grupo Mujer y Ciencia, UNAM, 29 de octubre, <https://www.youtube.com/watch?v=ugEfdW1aAd4>

Pérez Armendariz E. Martha, Rosado Solís M, y Takane Imay Martha Y. 2020b. Carta al Rector de la UNAM. Enrique Graue Wiechers y a la Dra. Tamara Martínez, proponiendo la creación de una área STEM en la Coordinación para la Igualdad de Género de la UNAM. [www.mujiencia.unam.mx](http://www.mujiencia.unam.mx)

Pérez Armendariz, E. Martha, Margarita Rosado Solís, Martha Yoko Takane Imay. 2020c, Carta a la Rectoría solicitando la creación de una área STEM en la Coordinación para la Igualdad de Género.

Pérez Armendariz, E. Martha, Irene Durante Montiel y Mariana I. Figueroa Pérez (eds.), Ciencia, Salud y Género, 2021a, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, ISBN: 978-607-30-4497-4.

Pérez Armendariz, E. Martha, Políticas públicas con perspectiva de género para las Ciencias de la Salud en México, 2021b, pp. 21-36, en: Ciencia, Salud y Género, E. Martha Pérez Armendariz, Irene Durante Montiel y Mariana I. Figueroa Pérez (eds.), Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, ISBN: 978-607-30-4497-4.

Pérez Armendariz, E. Martha, 2021 c, STEM-Mujeres en las Ciencias, Sesión 1, Programa Integral de Capacitación para las Comisiones Internas para la Igualdad de Género de las dependencias de la UNAM. Descargable de: videos YouTube.

Pérez Armendariz, E. Martha, 2021d, STEM-Mujeres en las Ciencias, Sesión 2, Programa Integral de Capacitación para las Comisiones Internas para la Igualdad de Género de las dependencias de la UNAM. 2021g. Descargable de videos YouTube.

Pérez Armendariz, E. Martha, 2021e, STEM-Mujeres en las Ciencias, Sesión 3, Programa Integral de Capacitación para las Comisiones Internas para la Igualdad de Género de las dependencias de la UNAM. 2021h. Descargable de YouTube.

Pérez Armendariz, E. Martha, 2022a, Encuesta impacto del distanciamiento social por la COVID-19 en la productividad de las y los académicos de la UNAM del Grupo Mujer y Ciencia, presentada en la Mesa IV: Participación de las comunidades y las instituciones de educación superior en las actividades de HCTI, de los "Foros Temáticos Nacionales "Hacia La Primera Ley General En Materia de HCTI. En México", CONACyT.

Pérez Armendariz E Martha, 2022b. Participación con el tema “Avances y propuestas para la inclusión de la perspectiva de género en el anteproyecto de iniciativa de Ley General de Humanidades, Ciencias y Tecnologías e Innovación”. Presentado en las Mesas de diálogo “Los derechos y garantías de las y los trabajadores del Sector de HCTI, dentro de la mesa denominada y “Derechos de las mujeres trabajadoras de la ciencia acciones afirmativas en materia de HCTI” 17 de agosto, CONACYT. <https://www.youtube.com/watch?v=9OmWjK2Pp00>

Pérez Armendariz, E. Martha, Takane Imay Martha Yoko, Rosado Solís Margarita. 2022c. Carta enviada al Comité Académico del Posgrado de Estudios de Género de la UNAM. [www.mujiencia.unam.mx](http://www.mujiencia.unam.mx)

Pérez Armendariz, E. Martha, Takane Yoko, Orozco Lorena, del Ángel Hugo, Barrenco Marco y Farfán Márquez, Aurora. Políticas científicas con perspectiva de género para el periodo de y posterior a la pandemia COVID-19. en: 2023a, en: El impacto de la pandemia en la vida de las mujeres. Galeana Patricia (Ed.), 2021, Federación Mexicana de Universitarias y Museo de la Mujer, Universidad Nacional Autónoma de México. en prensa.

Pérez Armendariz, E. Martha, Takane Yoko, Orozco Lorena, del Ángel Hugo, Barenca Marco, Rodríguez Ibarra y Farfán Márquez, Aurora. 2023b Impactos de la pandemia COVID-19 en la academia, recomendaciones con perspectiva de género. Dr. Javier Aguilar (editor), Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. en prensa.

Pérez Armendariz, E. Martha 2023c. Avances y Retos de las mujeres en las ciencias relacionadas a la salud. En proceso.

Pérez Armendariz, E. Martha 2023d. Participación en la mesa de análisis sobre el La Iniciativa de Ley General de HCTI y la necesaria renovación del Marco Jurídico Nacional”. organizada por el CONACyT, en el Seminario permanente de la Ciencia es tu Derecho.

Programa Universitario de Estudios de Género, Creación. Portal del CIEG, <http://www.cieg.unam.mx/docs/mo-cieg.pdf>

Rosado Solís Margarita, Yoko Takane, Pérez Armendariz, E. Martha. Videos del Congreso el Despertar de la vocación científica en las niñas. 29-31 de octubre, 2018, Instituto de Astronomía e Instituto de Matemáticas. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLiD-IJzweXR-lpvOyCgz9po0-68ZeL4gk>

Ruiz Azuara, Lena, Conferencia: Impacto de la mujer en la ciencia, 2018, Congreso el Despertar de la Vocación Científica en las Niñas, <https://paginas.matem.unam.mx/videos/2018/octubre-2018/el-despertar-de-la-vocacion-cientifica-en-la-ninas-octubre-2018/909-impacto-de-la-mujer-en-la-ciencia-lena-ruiz-azuara>

Supercuerdas. Boletín para la mujer en la ciencia. Editoras Ana María Cetto, Mary Glazman, Hortensia Gertrudis González y Gabriella PiccinelliTakane M. Yoko, 2018, Cómo pensar como Sherlock Holmes; un método para estudiar matemáticas.

Memorias del Congreso Internacional El Despertar de la Vocación Científica en las Niñas”, 29-31 octubre, vínculo: [arXiv:2104.07625](https://arxiv.org/abs/2104.07625)

<https://www.youtube.com/watch?v=MyYztkkNmSc&list=PLiD-IJzweXR-lpvOyCgz9po0-68ZeL4gk&index=9>.

Takane, M. Yoko. La vocación científica de las mujeres jóvenes: ciencias, tecnología, ingenierías y matemáticas STEM. 2021, 26 de marzo, Video en: <https://www.youtube.com/watch?v=eYGZsh4Kjhs&t=375s>

Takane M. Yoko, ¿Qué hacemos en matemáticas?. Congreso el Despertar de la vocación científica en las niñas. Instituto de Matemáticas, video descargable de: [www.mujiencia.unam.mx](http://www.mujiencia.unam.mx), <https://www.youtube.com/playlist?list=PLiD-IJzweXR-lpvOyCgz9po0-68ZeL4gk>

Takane M. Yoko, Mujeres matemáticas que me han y siguen inspirando. Canal de YouTube, Museo e la Mujer, uNAM, y canal del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

## DRA. ELIA MARTHA PÉREZ ARMENDARIZ

Titular del Laboratorio- Sinapsis Eléctricas Facultad de Medicina, UNAM

Presidenta del Grupo Mujer y Ciencia, UNAM.

[emperezarmendariz@facmed.unam.mx](mailto:emperezarmendariz@facmed.unam.mx)









$$A = \pi r^2$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



ISBN: 978-607-30-8214-3



9 786073 082143

