



---

Desafiando los  
límites de sexo/genero  
en las Ciencias de  
la Naturaleza

---

SECRETARÍA DE ESTADO DE EDUCACIÓN

PLAN PARA LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS MUJERES





Ministerio de Educación y Ciencia

---

# Desafiando los límites de sexo/género en las Ciencias de la Naturaleza

---

SECRETARÍA DE ESTADO DE EDUCACIÓN

PLAN PARA LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS MUJERES



**Autora:**

Esther Rubio Herráez

Doctora en Ciencias Químicas

Profesora de Física y Química de Educación Secundaria

Fue Asesora Técnica de Coeducación en el M. E. C. para la Formación del Profesorado (1987-89)



---

**Ministerio de Educación y Ciencia**

---

Secretaría de Estado de Educación

---

N. I. P. O.: 176-91-015-1

I. S. B. N.: 84-606-0352-0

Depósito legal: M-32800-1991

Imprime: MARÍN ÁLVAREZ HNOS.

# Índice

---

Prólogo .....	5
Introducción .....	7
Parte I: Hacia una educación científica equilibrada en relación al género.....	11
Representación de las mujeres en las Ciencias de la Naturaleza .....	12
Análisis de la situación.....	14
La incorporación histórica de las niñas y las mujeres a la educación .....	14
El proceso de socialización .....	17
El currículo de Ciencias de la Naturaleza .....	22
¿Es importante para las niñas y las mujeres estudiar Ciencias? .....	27
Hacia una educación científica equilibrada .....	29
La formación del profesorado .....	29
El desarrollo curricular .....	32
Recomendaciones prácticas .....	32
Organizaciones y proyectos relacionados con la educación científica de las niñas y las mujeres .....	35
Parte II: Las mujeres en la Historia de la Ciencia.....	37
La posición de las mujeres en el campo científico.....	38
El mundo antiguo .....	39
La Ciencia griega .....	41
La escuela pitagórica .....	41

Las mujeres en la Grecia clásica .....	42
El período helenístico: la Ciencia en Alejandría .....	43
La Ciencia grecorromana .....	44
María la Judía y el florecimiento de la alquimia.....	45
Hypatia de Alejandría .....	46
La Edad Media .....	49
Trótula de Salerno .....	50
Hildegarda de Bingen.....	51
La revolución científica.....	53
Las mujeres en el Renacimiento.....	54
<i>Las mujeres científicas en los talleres artesanales</i> .....	55
Caroline Herschel y la Astronomía sideral .....	56
Las comadronas .....	57
Las mujeres en la Medicina moderna.....	58
Las academias científicas.....	59
Los salones científicos.....	60
Margaret Cavendish y la Real Sociedad de Londres.....	60
Lady Mary Montagu: precursora de la vacuna .....	61
La Física newtoniana entra en el continente: Emilie du Châtelet.....	62
Marie Lavoisier y el nacimiento de la Química moderna .....	64
Las mujeres científicas en las universidades italianas .....	65
El siglo XIX: el fin de la Ciencia amateur.....	68
Sophie Germain: “premio extraordinario” de la Academia.....	68
Los orígenes del ordenador: Ada Lovelace.....	69
Sonia Kowaleskaia: la primera mujer en la Academia de Ciencias de Rusia .....	70
El fin de la Ciencia amateur: Mary Somerville .....	71
El siglo XX: la especialización científica .....	74
Bibliografía.....	81

# Prólogo

*La incorporación de las niñas y las mujeres a la educación se consiguió tras un largo proceso reivindicativo del colectivo femenino, apoyado en sus diversos momentos históricos por los grupos sociales de tendencia liberal y progresista; en aquel entonces se pensó que las desigualdades entre ambos sexos desaparecerían con el reconocimiento del derecho de las mujeres a recibir una formación; pero hoy en día continúa siendo un motivo de reflexión, asumido por el conjunto de la sociedad, el que las mujeres no se incorporen de forma igualitaria al estudio de las materias de carácter técnico y científico, y que todavía sean muy escasas las figuras femeninas en las profesiones relacionadas con la ingeniería y las ciencias de la naturaleza. ¿Qué obstáculos siguen impidiendo el acceso de las mujeres a este campo del saber?*

*Muchos fueron los debates celebrados en torno a la conveniencia de que las mujeres pudieran dedicarse a la investigación, más aún, a que tuvieran derecho a recibir una formación científica o a ejercer la docencia en las Academias de Ciencia, pues, por su "naturaleza", decían algunos, no estaban capacitadas para ello. Todo esto nos resulta hoy perteneciente a un pasado remoto ya lejano. Sin embargo, aún perviven los restos de aquellos modelos tradicionales, pues la intrahistoria, la evolución de las mentalidades, es más lenta a veces que los propios hechos sociales, que han ido evidenciando una capacidad igual entre las mujeres y los hombres en todos los ámbitos de la vida.*

*Por ello se ha editado este documento que presentamos; con él no se pretende polemizar sobre el consabido debate entre la mayor o menor bondad de las materias humanísticas (escogidas preferentemente por las mujeres) y las de carácter científico, sino promover el debate y la reflexión del profesorado acerca de las causas que influyen en que las mujeres sigan estando alejadas de este área del conocimiento. Factores de diversa índole, sociales, familiares y culturales, inciden todavía en las elecciones profesionales femeninas, que se realizan habitualmente condicionadas por razones de género. A lo largo de este trabajo se analizan los modelos estereotipados existentes y se revisa el papel que puede cumplir el profesorado en la corrección de los mismos.*

*Una estrategia fundamental para potenciar el acercamiento de las niñas y las mujeres a la Ciencia es trabajar los aspectos sociales de la misma y aproximar esta materia, considerada "dura" y más adecuada al patrón "masculino", a intereses y motivaciones ligados a la vida cotidiana. Y, en ese marco de índole social, recuperar el papel que desempeñaron las mujeres en este campo a lo largo de las diferentes épocas históricas.*

*Ya se ha dicho muchas veces que las mujeres han sido con demasiada frecuencia las olvidadas de la Historia. Por ello rescatamos ahora en este folleto a aquellas que, desafiando los límites impuestos a su género por la sociedad, rompieron una barrera y demostraron la inconsistencia de muchos prejuicios en los que se fundamentaba su exclusión del ámbito científico.*

*El hablar de estas mujeres en las clases de Ciencias de la Naturaleza, el rescatar del olvido sus vidas y descubrimientos, sus reivindicaciones para hacer algo que deseaban, pero que "no se consideraba adecuado a su sexo", puede servir para que las niñas y las mujeres tengan otros modelos diferentes a los que observan, a menudo, en la vida social y en los medios de comunicación, pues sigue siendo todavía necesario romper los estrechos patrones con los que se moldea a las personas en función de su género.*

*Discutamos estos temas y acerquemos a todas las personas a una formación exenta de prejuicios y estereotipos, sean de cualquier índole: social, racial y, en este caso, sexual.*

ALFREDO PÉREZ RUBALCABA  
Secretario de Estado de Educación

# Introducción

---

¿Los problemas de las chicas con las Ciencias de la Naturaleza son diferentes a los de los chicos? Y si es así, ¿en qué sentido? Los estudios realizados en relación con este tema han dejado claro que si bien las Ciencias son consideradas una disciplina difícil por la mayoría del alumnado en la Educación Secundaria, los chicos, en general, están más interesados en su estudio que las chicas. Esto se debe, fundamentalmente, a que refuerza su identidad masculina, aumenta su autoestima y *les conducirá al éxito social en su vida futura*. Para la mayor parte de las chicas, sin embargo, esta materia no resulta atractiva precisamente por ese carácter masculino que les sitúa ante un conflicto con su identidad personal: las Ciencias están alejadas de sus espacios de socialización y de las expectativas de futuro en ellas depositadas.

Para entender el asunto en toda su extensión es preciso desvelar y analizar sus causas y los mitos en que se sustentan las expectativas culturales, esto es, los roles de sexo/género socialmente asignados.

El mito generalizado de que “las Ciencias de la Naturaleza, sobre todo Física y Química, son una materia propia de los chicos” es una creencia más que una realidad y tiene consecuencias prácticas en la vida escolar y en las futuras salidas profesionales de las chicas.

El desmitificar los espacios tradicionalmente masculinos implica una oposición a los mitos que han servido para enmascarar su configuración interna y sus funciones externas.

Los mitos que permanecen sin ser analizados tienen una potencia subterránea interna que actúa sobre nuestro pensamiento de forma inconsciente, y su extensión es tal, que impide que tomemos conciencia de la realidad, restándonos capacidad para resistir su influencia.

Por tanto, es necesario analizar y explicar la exclusión ideológica de las niñas y las mujeres de determinados ámbitos del conocimiento y las implicaciones personales y sociales que tal exclusión supone, en lugar de dar por supuesto su carácter “natural” o “normal”, rompiendo así con una creencia popularmente arraigada.

Esta creencia se articula y configura bajo la influencia de varios factores que están relacionados con la comunidad científica, con la familia, con la educación y con la sociedad en general. A partir de todos ellos se construyen los mecanismos por los que se define y perpetúa el pensamiento tácito de que las Ciencias no son una materia “propia” de las niñas y las mujeres. Es ésta una tarea que

Es necesario analizar y explicar la exclusión ideológica de las niñas y las mujeres de determinados ámbitos de conocimiento

requiere autonomía, racionalidad y objetividad, cualidades todas ellas asociadas al estereotipo masculino y opuestas al estereotipo femenino que se define por cualidades antagónicas: dependencia, emoción y subjetividad.

En la Educación Secundaria se mantiene una segregación entre alumnas y alumnos en razón de las materias escolares reproduciendo la jerarquización del conocimiento iniciada con la revolución científica, en virtud de la cual una forma de conocimiento superior viene determinada por el método experimental —un conocimiento basado en la seguridad, la autonomía y la fiabilidad metodológica—. Es decir, el conocimiento científico, la filosofía natural, es la forma “objetiva” de conocer el mundo y está por encima de otras formas del saber, como la metafísica, basada en la “subjetividad” y la especulación.

Esta división de las disciplinas académicas en ciencias objetivas, “duras”, como opuestas a las ciencias más subjetivas, “blandas”, hace una clara alusión a la asignación de roles de género. En otras palabras, duro y objetivo son sinónimos de masculino, mientras blando y subjetivo equivalen a femenino.

La investigación en relación con la posición de ambos géneros en el sistema educativo es un hecho relativamente reciente. En los años 70 adquiere un auge especial sobre todo en los países del ámbito anglosajón. Los primeros análisis elaborados para explicar la falta de participación de las niñas y de las

mujeres en el ámbito científico se centran en aspectos psicológicos, buscando la respuesta en las actitudes individuales y en rasgos de la personalidad de las alumnas. Se llegaba así a culpabilizar a las chicas al considerarlas responsables de su situación. Este método de búsqueda de soluciones, consecuentemente, se dirigía a cambiar las actitudes de las chicas. Desde esta posición, en cierto modo, se estaban repitiendo esquemas mentales que respondían a los estereotipos de género aprendidos.

Posteriormente, los estudios se orientan desde perspectivas más amplias teniendo en cuenta los factores sociales y estructurales que intervienen, y entonces se proponen unas soluciones que están relacionadas con los cambios que deben producirse en la propia ciencia, en la educación científica y en la sociedad en su conjunto.

Este salto cualitativo en la investigación educativa se produce como consecuencia de los avances que han tenido lugar en diferentes disciplinas académicas, llegando, finalmente, a establecer la diferenciación entre sexo y género: el *sexo* pertenece al orden biológico, mientras que el *género* es construido socialmente; su definición es cambiante, dependiendo de cada época histórica y de cada cultura.

Los estereotipos de género se aprenden en el proceso de socialización que comienza desde el nacimiento y se transmiten de generación en generación. Están fundados en prejuicios y en base a ellos se asignan capacidades, actitudes y comportamientos

adecuados a los roles sociales que las mujeres y los hombres deben desempeñar en cada tiempo y lugar para adaptarse a la cambiante situación económica y social.

Centrándonos en el ámbito escolar encontramos que las elecciones escolares de las chicas no dependen sólo de sus características personales: constituyen el resultado de las fuerzas sociales que definen lo que es masculino y lo que es femenino, que establecen la división sexual del trabajo. Este esquema es el que la educación escolar reproducirá a menos que conscientemente analice las consecuencias y se lleven a cabo actuaciones tendentes a contrarrestar estos efectos. Los aspectos a modificar son: su estructura organizativa; las actitudes y comportamientos del profesorado; los mensajes sobre los modelos de la masculinidad y de la femineidad contenidos en la práctica escolar cotidiana —por ejemplo, en el reparto de tareas entre el alumnado, en la división sexual del trabajo del profesorado, en los libros de texto y materiales didácticos, etc.— y el carácter androcéntrico del currículo escolar.

Tradicionalmente las Ciencias de la Naturaleza en el currículo escolar están planteadas, sobre todo si nos atenemos a los libros de texto más comúnmente utilizados, como el aprendizaje de una serie de conceptos, teorías, leyes, etc., sin tener en cuenta el proceso seguido en su elaboración, el contexto histórico en que se realiza, las implicaciones sociales, su utilidad en la vida cotidiana, etc. Esta manera abstracta de presentar las Ciencias, especialmente la Física y la Química, es desmotivadora para las alumnas —y hay

que señalar que también carece de motivación para los alumnos, aunque a éstos se les facilita su comprensión a través de ejemplos y ejercicios que tienen que ver con sus intereses cotidianos y con su experiencia previa—, al estar alejada de su realidad y no responder a sus intereses más inmediatos, como viene siendo puesto de manifiesto desde hace tiempo.

Por otra parte, la falta de evidencia en los contenidos que se imparten sobre las actividades científicas realizadas por las mujeres a lo largo de la Historia y su contribución al desarrollo de la Ciencia impide que las chicas tengan los modelos necesarios para su formación más allá de las fronteras impuestas por el sistema sexo/género. El reconocimiento de estas mujeres, que han desafiado los estrechos límites de género que cada sociedad ha venido imponiendo al desarrollo autónomo del género femenino, también facilitará el desarrollo de su autonomía.

Reconocer y analizar el género como un principio organizativo en la educación científica no sólo es beneficioso para las alumnas, sino también para los alumnos y para la propia disciplina. La experiencia ha demostrado que los proyectos curriculares que incorporan a las mujeres, además de enriquecer las disciplinas tradicionales, inician su transformación.

En la medida en que la institución escolar tiene como meta capacitar al alumnado para ser autónomo y responsable a través de un proceso de evolución personal e intelectual,

Las elecciones escolares de las chicas no dependen sólo de sus características personales: constituyen el resultado de las fuerzas sociales que definen lo que es masculino y lo que es femenino

La educación científica tiene que ser consciente de las desigualdades de género que encuentra y de las desigualdades de tratamiento que practica

debe ser, consecuentemente, un lugar de crítica frente al discurso normativo del sistema sexo/género. Los estereotipos de género son normas arbitrarias que no han perdido su impacto social, aunque sus manifestaciones sean cada vez más sutiles.

La educación científica tiene que ser consciente de las desigualdades de género que encuentra y de las desigualdades de tratamiento que practica. Las opciones escolares en la Educación Secundaria no se realizan en el vacío: se hacen desde una perspectiva estereotipada que encierra a alumnas y alumnos en moldes estrechos y limitadores del desarrollo de la personalidad en toda su dimensión. La demarcación de espacios autoexcluyentes para mujeres y hombres constriñe y obliga a las chicas que optan por materias científicas a identificarse con modelos masculinos. Sin embargo, la incorporación a un espacio definido y fundamentado en valores y cualidades consideradas del género masculino

tiene sus limitaciones: ¿de qué forma van a ocupar este espacio en tanto que pertenecientes al género femenino?

Dado que la afirmación del derecho de las mujeres a la participación en ámbitos de los que tradicionalmente han estado excluidas va estrechamente ligada al rechazo de la delimitación de los espacios públicos y privados como masculinos y femeninos, respectivamente, se hace necesaria la reconceptualización de la educación de chicas y chicos desde una perspectiva no jerárquica, con el fin de respetar todas sus potencialidades.

La nueva reforma educativa, al presentar un currículo abierto, deja al profesorado cierto margen de libertad que debe ser aprovechado para avanzar hacia la consecución de estas metas.

Madrid, marzo de 1991

**Esther Rubio**

Parte I:

Hacia una educación científica equilibrada en  
relación al género

## Representación de las mujeres en las Ciencias de la Naturaleza

En el curso 1976-77 por primera vez en la historia de la educación se consigue la igualdad numérica de alumnas y alumnos en el Bachillerato Unificado Polivalente (B. U. P.) Las últimas estadísticas del Ministerio de Educación y Ciencia (recogidas en *La mujer en España. Situación social*, Ministerio de Asuntos Sociales-Instituto de la Mujer 1990), referidas a datos del curso 1986-87, muestran que la proporción de alumnas en B. U. P. es del 53,5%, mientras que en la Formación Profesional (F. P.) es del 42,1%.

Durante este mismo curso la proporción de alumnas que elige la opción de Ciencias en Tercero de B. U. P. es del 47,7%, frente a un 60,8% que opta por la rama de Letras. En el Curso de Orientación Universitaria (C. O. U.) aumenta ligeramente la proporción de alumnas en Letras, siendo el 61,9%, mientras que ésta prácticamente se mantiene estable en Ciencias (47,5%).

En la F. P. todavía no se ha conseguido que la participación de las alumnas sea del 50%; sin embargo, ha habido un avance significativo durante los últimos años. Mientras en el curso 1975-76 la representación de alumnas era del 28,8%, en el curso 1986-87 había subido hasta el 42,1%. No obstante, las chicas se siguen concentrando en las ramas tipificadas como femeninas y los chicos en las

consideradas tradicionalmente como masculinas:

Rama	Alumnas (%)
Hogar	96,6
Moda y Confección	91,1
Peluquería y Estética	89,8
Sanitaria	86,1
Administrativa y Comercial	69,2
Automoción	10,1
Metal	8,2
Electricidad y Electrónica	7,5

Si pasamos a la Universidad, los datos del curso 1986-87 nos muestran que las mujeres se distribuyen de la siguiente forma:

Facultades	53,6% de mujeres
Escuelas Universitarias	49,4% de mujeres
Escuelas Técnicas Superiores	14,8% de mujeres

Dentro de las Facultades la representación de las mujeres en las Secciones de Ciencias de la Naturaleza es del 42,8%, estando los valores extremos en Ciencias Físicas, con el valor mínimo de participación femenina, que es sólo del 24%, y en Ciencias Biológicas, donde se concentra la mayor participación de mujeres (59%).

En cuanto al profesorado, carecemos de datos estadísticos desagregados por sexo/género y disciplinas académicas que nos permitan conocer con precisión la distribución de profesoras y profesores en Ciencias y Letras. Algunos estudios parciales realizados en centros escolares de Enseñanzas Medias

muestran una mayor proporción de profesores que de profesoras en Ciencias, principalmente en Física y Química.

Comparativamente con otros países del ámbito occidental, la proporción numérica de alumnas en las disciplinas científicas en España es relativamente elevada, tanto en las Enseñanzas Medias como en la Universidad, situándose en niveles equiparables a países como Francia e Italia, que están por encima de los valores medios, según se refleja en un informe de la Organización, Cooperación y Desarrollo Económico (O. C. D. E., 1988).

La diferente situación según los países, de acuerdo con este mismo informe, está relacionada con las elecciones de materias curriculares que tiene lugar en la Enseñanza Secundaria. Así se puede comprobar que en los países con opciones escolares tempranas (Reino Unido, Estados Unidos, Países Nórdicos) las alumnas, siguiendo criterios estereotipados, prefieren las Ciencias Sociales y las Humanidades y abandonan las Ciencias de la Naturaleza y las Matemáticas en una edad en que su capacidad de decisión está muy limitada. El hecho de que las Ciencias "duras" sean obligatorias hasta el final de la Enseñanza Secundaria proporciona a las chicas, por una parte, un bagaje científico superior, añadiendo mayor conocimiento sobre las materias, y por otra, un mayor desarrollo personal, que ofrece más elementos de juicio a la hora de elegir.

En Italia y en Francia, donde las disciplinas científicas son obligatorias hasta el final de la Educación Secundaria, la participación y los resultados de las alumnas en Ciencias y Matemáticas son más satisfactorios, siendo mayor la representación de mujeres en las carreras científicas que en otros países en los que en este nivel educativo se exige una especialización precoz. Se constata también que las mujeres tienen una menor tendencia que los hombres a abandonar los estudios científicos una vez iniciados, quizás debido a que se ven sometidas a un proceso de autoselección en el que tienen más en cuenta que sus compañeros sus aptitudes y motivaciones personales, antes de decidirse a seguir una carrera universitaria.

Aspectos estructurales aparentemente neutros, como el que acabamos de ver sobre organización curricular, tienen consecuencias importantes en los resultados y elecciones del alumnado y en definitiva van a determinar su futuro profesional y social. Si una niña deja de estudiar Ciencias o Matemáticas a los once o doce años, difícilmente va a seguir después una carrera científica o técnica.

Estas consideraciones han llevado a que algunos países del norte de Europa hayan modificado su legislación en relación con las opciones escolares, estableciendo la obligatoriedad del estudio de las Ciencias, la Tecnología y las Matemáticas hasta el final de la Educación Secundaria.

El hecho de que las Ciencias "duras" sean obligatorias hasta el final de la Enseñanza Secundaria proporciona a las chicas más elementos de juicio a la hora de elegir

Factores de carácter histórico, sociocultural, psicológico y escolar limitan la participación de las mujeres en el conocimiento científico

## Análisis de la situación

El tema de las opciones escolares estereotipadas de chicas y chicos es un asunto que ha tomado relevancia en los últimos años en los países occidentales, lo que ha permitido recoger importante documentación analizando las causas que hacen que las chicas eviten la elección de materias científicas y tecnológicas y las consecuencias personales y profesionales que de esto se derivan.

Se ha podido comprobar que la divergencia de opciones no es un problema de resultados académicos, ya que las chicas no obtienen peores calificaciones que los chicos, e incluso, a veces, éstas son mejores.

Hay una serie de factores que han delimitado, y siguen limitando en la actualidad, la participación de las niñas en el terreno científico. Estos factores podemos agruparlos en cuatro categorías. En primer lugar, los de carácter histórico: la escolarización tardía de las niñas y con un currículo escolar diferenciado que excluye el conocimiento científico. La segunda categoría es la sociocultural, con una socialización en una cultura de dominio masculino donde a través de la familia, de los medios de comunicación y de las relaciones inter pares se configuran y transmiten los roles estereotipados de género. A continuación los factores psicológicos, dado que el desarrollo de la identidad de género en la adolescencia coincide con una etapa escolar en que el alumnado tiene que hacer opciones que van a determinar su futuro. Por último, los factores

escolares, de los que nos ocuparemos especialmente, teniendo en cuenta la macro y la micropolítica educativa, analizando tanto los aspectos estructurales como los procesos que se dan en el aula y en el centro escolar, particularmente las interrelaciones profesorado-alumnado y las del alumnado entre sí.

## La incorporación histórica de las niñas y las mujeres a la educación

La controversia de la educación de las mujeres como colectivo social coincide con el auge de la Revolución Científica durante el siglo xvii. Una de las primeras en reivindicar la educación científica de las mujeres fue **Ana María de Utrecht** (1607-78).

Posteriormente, **Mary Wollstoncraft** (1759-97), en su *Vindicación de los derechos de la mujer*, aboga por una escuela en la que convivieran niños y niñas juntos, en la que aprendieran, entre otras cosas, Botánica, Mecánica, Astronomía, Historia Natural, Aritmética y Filosofía Natural.

En España, el debate sobre la educación de las mujeres es más tardío. En el siglo xviii tiene lugar una encendida polémica entre quienes luchan contra los prejuicios que habían marginado a las mujeres de la sociedad —en la defensa de esta posición se encuentran damas de la nobleza como **Josefa Amar y Borbón**— y quienes se muestran a favor del *statu quo*.

Las Escuelas de Primeras Letras, en el siglo xvi, no excluían expresamente a las niñas,

que teóricamente podían asistir junto con los niños; sin embargo, esta posibilidad se anulaba en el siglo XVI, bajo el pretexto de los peligros morales que encerraba el mantenimiento de niñas y niños en un mismo espacio.

En cuanto a las escuelas gratuitas para niñas que establece Carlos III en su política de “ilustrar” al país, no merecen tal consideración, ya que se limitaban a la enseñanza del catecismo, al aseo personal y la costura. El aprendizaje de la lectura y la escritura era optativo.

La legislación española de principios del siglo XIX continúa manteniendo a las mujeres fuera de la educación formal. Las leyes sobre la Enseñanza Pública de 1814 establecen que la primera enseñanza calificada de general e indispensable se aplique sólo a los niños.

El derecho a la educación formal del colectivo femenino no es reconocido hasta 1857 con la aprobación de la *Ley General de Instrucción Pública*, más conocida como *Ley Moyano*, que considera la enseñanza elemental “obligatoria para todos los españoles”. Sin embargo, esta educación ha de desarrollarse en escuelas separadas y con un currículo diferenciado para niñas y niños. En las escuelas de niñas, una parte de las materias establecidas con carácter general —Doctrina Cristiana, lectura, escritura, principios de Gramática, principios de Aritmética y nociones de Agricultura, Industria y Comercio— debía ser sustituida por la enseñanza de “las labores propias de su sexo”. Esta sustitución se concretaba en las disciplinas señaladas en el último lugar.

La Enseñanza Secundaria incluía, además de las materias de Primaria, principios de Geometría, Dibujo Lineal y Agrimensura, rudimentos de Geografía e Historia y nociones de Física e Historia Natural. Ante la posibilidad de que hubiera niñas que siguieran este nivel de estudios —cuestión harto difícil, ya que no existían colegios de Secundaria para chicas y éstas no podían asistir a los de chicos—, la Geometría y la Física e Historia Natural debían ser sustituidas por nociones elementales de dibujo aplicadas a las labores textiles y ligeras pautas de higiene doméstica.

Los fines de la educación femenina eran consecuentes con la posición que se les asignaba en la sociedad. Estaba dirigida fundamentalmente a su formación moral como fieles esposas y buenas madres. Aprendían escasamente a leer y a escribir, adquiriendo su cultura por transmisión oral, y quedaban al margen del conocimiento científico que se iba desarrollando. Esta falta de formación les impide participar activamente en los debates públicos y criticar los argumentos defendidos por la ciencia del siglo XIX, que eran utilizados para mantener su posición de subordinación.

A lo largo del siglo XIX el debate sobre la educación sigue siendo dual. En el caso de los niños se centra en qué tipo de educación deben recibir éstos, mientras que en el caso de las niñas se sigue discutiendo si éstas deben o no recibir algún tipo de formación académica.

Después de un siglo de lucha las mujeres acceden a una educación diferenciada basada en los principios morales que les permitieran la formación de la futura familia en

El derecho a la educación formal del colectivo femenino no es reconocido hasta el año 1857

La excepcionalidad no está sólo en la dificultad para poder estudiar, sino también en las calificaciones que las mujeres podían obtener

los valores tradicionales y en labores necesarias para ser unas perfectas amas de casa. Los resultados de este tipo de educación son evidentes en las tasas de analfabetismo. En 1860, por ejemplo, el porcentaje de mujeres analfabetas totales es del 90,4%, frente a un 61,9% de hombres que no saben leer ni escribir.

La situación es diferente según los países. Concretamente, Inglaterra, que va a la cabeza en experiencias pedagógicas renovadoras desde el siglo XVIII, presenta, a finales del siglo XIX, el índice más bajo de analfabetismo en Europa.

El acceso de las chicas a la Educación Secundaria se produce, otra vez teóricamente, en 1868, cuando los Institutos de Enseñanza Secundaria y las Universidades abren formalmente sus puertas a las mujeres. Pero al no dictar disposiciones a tal efecto, las posibilidades reales quedan prácticamente anuladas. Para asistir a la Universidad las mujeres necesitan un permiso especial de la autoridad competente.

La excepcionalidad no está sólo en la dificultad para poder estudiar, sino también en las calificaciones que las mujeres podían obtener. Las pocas mujeres que asisten a la Universidad obtienen sólo certificados de suficiencia en lugar de títulos oficiales que les posibilitarían ejercer sus carreras. Entre 1882 y 1886 se licencian tres mujeres en Ciencias —dos en la Sección de Exactas y una en la Sección Físico-Matemática—, siete en Medicina, dos en Farmacia y tres en Filosofía y Letras.

La entrada de las mujeres en la Universidad sin el necesario permiso de la

autoridad no tiene lugar hasta 1910. **Emilia Pardo Bazán** es la primera catedrática universitaria, ocupando la Cátedra de Literaturas Románicas en 1916.

Una educación femenina armónica e integral, tanto de carácter práctico como científico, forma parte del debate pedagógico, por primera vez, en el *Congreso Nacional Pedagógico* que se celebra en 1882 y al que asisten gran número de mujeres. Sin embargo, siguen manteniéndose intactos los roles tradicionales y ha de ponerse especial énfasis en que las mujeres no lleguen a ser “sabias, bachilleras o doctoras”: solamente en casos excepcionales su formación debe ir encaminada al ejercicio profesional.

En el Congreso Pedagógico Hispano-Portugués-Americano de 1892 participan activamente 21 mujeres. Entre ellas se encuentran **Emilia Pardo Bazán** y **Concepción Arenal**, quienes mantienen las posiciones más decididas a favor de “la causa femenina” en los temas objeto de debate: la educación superior o profesional y la coeducación (escuela única para niños y niñas). Las conclusiones del Congreso recogen el derecho de las mujeres a la educación igual que los hombres, aunque en el campo profesional su participación queda restringida a la enseñanza.

Los temas de la coeducación y la Enseñanza Superior de las mujeres siguieron siendo polémicos en el siglo XX. Algunos avances progresistas, aunque de carácter limitado, son la *Escuela Moderna de Ferrer i Guardia* y la *Institución Libre de Enseñanza*, que propugnan una educación conjunta de alumnos

y alumnas. La Institución Libre de Enseñanza funda el *Instituto Escuela* en 1918, que es el primer centro mixto de Enseñanza Secundaria en España.

La generalización de la escuela mixta se establece con la *Ley General de Educación de 1970*. Formalmente queda derogada la educación diferenciada para alumnas y alumnos que había sido la práctica común hasta ese momento, bien manteniendo escuelas segregadas para unas y otros, o bien introduciendo materias específicas en la escuela mixta, atendiendo a los roles estereotipados de género.

Actualmente nos encontramos ante un nuevo desarrollo legislativo, la *Ley General de Ordenación del Sistema Educativo*, que enmarcado en el proceso histórico debe suponer un cambio cualitativo en el discurso que se viene manteniendo desde el siglo XIX, definiendo lo que debe ser una nueva educación para alumnas y alumnos en una sociedad que se pretende más justa e igualitaria. Esta nueva definición política ha de partir del reconocimiento de las desigualdades ya existentes y de las desigualdades de tratamiento que el sistema transmite.

Si la Ley de Instrucción Pública de 1857 reconoció el derecho de las mujeres a la educación, si la Ley General de Educación de 1970 instituye la escuela mixta y establece la educación masculina como universal, la Ley General de Ordenación del Sistema Educativo, siguiendo este proceso evolutivo, debe ser la que establezca las bases de la coeducación, entendida ésta como una educación equitativa

para los colectivos femenino y masculino que en ella coexisten.

## El proceso de socialización

La identidad personal se construye a través del aprendizaje social. Las maneras de pensar, sentir y actuar se van interiorizando y confrontando con la realidad en que está inmersa cada persona. En la familia, como primer agente socializador, se aprenden las ideas sobre lo que es adecuado para cada sexo/género desde el nacimiento. La consolidación de la identidad de género en la adolescencia se apoya en el proceso de afirmación que ha tenido lugar durante la infancia.

Con carácter general podemos decir que la personalidad se forma en base a los estereotipos masculino y femenino que cada sociedad define y que el sistema educativo, como otro agente más de socialización, se encarga de transmitir.

En razón de las diferencias biológicas —sexuales en este caso—, la sociedad desarrolla ideas y asigna conductas que, fundadas en prejuicios, generan una separación entre grupos desigualmente valorados. Es decir, a partir del sexo se define el género, determinando así los rasgos dominantes de la personalidad, las aptitudes, las funciones y los roles masculinos y femeninos.

Las capacidades psicológicas y rasgos característicos asignados a las mujeres están relacionados con la afectividad, la inestabilidad, la sumisión y la dependencia.

La Ley General de Ordenación del Sistema Educativo debe ser la que establezca las bases de una educación equitativa para los colectivos femenino y masculino que en ella coexisten

Los chicos y las chicas estudian Ciencias bajo la persuasión de que es una materia asociada al género masculino

Las cualidades intelectuales que se les reconocen son escasas, siendo la más relevante la intuición.

La imagen que el estereotipo masculino nos proporciona es la de seres emocionalmente estables, capaces de establecer mecanismos de control y autoafirmación. El dinamismo y las aptitudes intelectuales son cualidades importantes de su personalidad.

Los estereotipos expresan un juicio no crítico cuya eficacia reside en el hecho de proporcionar un esquema de referencia global, rígido y preconcebido, que se transmite de generación en generación con una evolución muy lenta que, además, permite homologar o censurar las conductas de cada componente del grupo. Asumido como algo "natural" llega a ser un instrumento poderoso de discriminación que afecta profundamente al desarrollo de las capacidades individuales y limita el desarrollo personal y social.

A través de la investigación desde distintas disciplinas académicas se ha puesto en evidencia cómo a medida que se crece van aumentando los comportamientos diferenciados de chicas y chicos, demostrando que el ambiente social tiene una influencia creciente en los comportamientos relacionados con los roles de sexo/género.

El aprendizaje social desde la primera infancia condiciona y limita el desarrollo de niñas y niños en función de las actividades, juegos que realizan y de las relaciones y estímulos que reciben de las personas adultas. Así, por ejemplo, se constata que la

exploración del espacio y la manipulación de objetos es más limitada en las niñas que en los niños en virtud de las actividades más restringidas que éstas llevan a cabo desde los primeros años de vida.

Posteriormente las relaciones con el medio social son más amplias y la información y los mensajes que reciben de los libros de lectura, los cuentos, las revistas, los medios de comunicación —la televisión fundamentalmente—, así como de las conversaciones e intercambios con su grupo de iguales, son otros poderosos medios de socialización que vehiculan y conforman modelos culturales de percepción y conductas de los que las chicas y los chicos se irán apropiando progresivamente. Son espacios de trasmisión de cultura como lo es la institución escolar. Sin embargo, es en la institución donde la educación adquiere una nueva dimensión, aportando un contenido nuevo a la tarea educativa con el desarrollo del espíritu crítico y la capacidad de juicio autónomo. Como una tarea específicamente suya va a enseñar a utilizar la información para que la cultura transmitida por los medios de comunicación pueda ser criticada, cuestionada si es necesario. Al ser un espacio de socialización por el que obligatoriamente han de pasar chicas y chicos y en el que tienen que realizar opciones escolares que van a determinar su futuro profesional, sus mensajes adquieren gran relevancia.

Los chicos y las chicas estudian Ciencias bajo la persuasión de que es una materia asociada al género masculino y coincidiendo con un momento de su desarrollo,

la adolescencia, en el que precisamente están consolidando su identidad de género.

Hablar de la adolescencia entraña cierta ambigüedad dado que existen diferencias importantes en razón del género, la clase social, la raza, la nacionalidad, etc. No obstante, en términos generales, se puede hablar de denominadores comunes: es un período en el que comienza otra fase del desarrollo. Se trata de una etapa en la que se producen cambios fisiológicos y psicológicos y se inicia la preparación psicológica y profesional para la vida adulta.

La cuestión de la identidad está presente en las elecciones escolares y profesionales. A través de ellas, chicas y chicos tratarán de dar respuesta a sus deseos de desarrollar su propia autonomía personal y de ocupar un lugar en la sociedad. Este doble deseo les impulsa a buscar nuevos modelos a imitar, diferentes a los que han tenido durante la infancia. En la medida en que lo que buscan es constituirse como adultas y adultos, los modelos que, en la sociedad en la que viven, definen lo que es un hombre y una mujer ejercen una gran influencia. Si las ofertas que reciben responden a las ideas tradicionales de la masculinidad y feminidad, las adolescentes verán limitadas sus posibilidades de definirse, en tanto que mujeres, de una forma más diversificada. Los adolescentes también verán limitada su capacidad de elección al tenerse que adecuar al estereotipo establecido y abandonar sus apetencias personales, si bien éstas quedan, aparentemente, compensadas por el posible acceso a posiciones social y económicas más relevantes.

La educación transmite valores y normas del medio social y propone modelos que permiten desarrollar comportamientos. Una mayor diversidad de modelos que rompan los estereotipos favorecerá la innovación de comportamientos y permitirá recoger aspectos de unos y otros sin necesidad de tener que ajustarse a un patrón rígido y totalmente configurado.

La oferta que se plantea a las chicas, desde la educación científica, es bastante uniforme y estrecha. La definición establecida de lo que es una conducta socialmente aceptable para una mujer conduce a las adolescentes a buscar su identidad personal sin el apoyo de modelos diversificados. Sin embargo, los chicos se encuentran con gran número de figuras, simbólicas y reales, que les sirven de referencia.

Las chicas reciben mensajes duales y deben tomar decisiones en una situación contradictoria: tienen que definirse de acuerdo con el rol femenino y a la vez satisfacer su deseo de entrar en un dominio masculino que las excluye en tanto que pertenecen al otro género.

Para participar en el ámbito científico, las chicas se encuentran en el dilema de la *desfeminización* para poder adecuarse a los modelos masculinos, lo que implica la renuncia a una parte de su personalidad con la consiguiente frustración, o, por el contrario, optar por conciliar la vida profesional con las metas *femeninas*. Esta última opción exige mucha fuerza e imaginación. Si a esto se une la

Las chicas reciben mensajes duales y tienen que tomar decisiones en una situación contradictoria

El papel del profesorado adquiere gran relevancia, en la medida que es un punto de referencia básico para el alumnado

ausencia de propuestas que ilustren esta vía, el tránsito por ella será aún más arduo.

El desarrollo de cualidades científicas exige confrontar a las chicas con imágenes que les inciten a mostrarse eficaces en este campo, a desarrollar su autoconfianza venciendo las dudas y las inseguridades adquiridas.

Por otra parte, la pervivencia en la educación de los patrones inducidos por los estereotipos de género hará también difícil que los chicos imaginen que las mujeres pueden desempeñar otros roles y que estos roles son intercambiables. Una mayor diversificación de modelos para alumnas y alumnos contribuirá a modificar el *statu quo*.

En este proceso el papel del profesorado adquiere gran relevancia, en la medida que es un punto de referencia básico para el alumnado. Puede apoyar y aprobar comportamientos distanciados de los tradicionalmente establecidos, incidiendo con sus mensajes en la actitud que adoptará dicho alumnado.

Alumnas y alumnos reciben en las clases de Ciencias información suplementaria sobre roles masculinos y poca, y a veces deformada, sobre los femeninos, lo que unido a la rigidez de los mismos contribuye a disminuir la autoestima de las chicas en esta materia.

El olvido de las contribuciones científicas de las mujeres y la presentación distorsionada de esta contribución puede inducir a las chicas a buscar modelos de identificación en otras instancias de socialización. Los medios de comunicación, principalmente la televisión, les devuelven,

generalmente, imágenes empobrecidas, reduccionistas y estereotipadas que dificultan el desarrollo de otras dimensiones de la personalidad y la percepción de una posición social diferente.

La investigación actual en relación con las diferencias de sexo/género está abandonando progresivamente las formas simplistas de analizar la realidad que conduce a perpetuar una situación de discriminación y sustituyéndolas por otras más complejas que tienen en cuenta la variedad de los factores determinantes, tales como los supuestos tácitos de los que se parte y la experiencia previa diferenciada de las chicas y los chicos.

Los trabajos empíricos en relación con las diferencias cognitivas han demostrado que éstas son escasas, inestables y de pequeña magnitud. Así, por ejemplo, la habilidad espacial de ambos géneros presenta más semejanzas que diferencias y en las mujeres ha mejorado con la experiencia en actividades que requieren su uso.

Asimismo, se ha comprobado que chicos y chicas llegan a similares soluciones técnicas de problemas, pero no sin embargo sus puntos de partida y las razones que les llevan a la solución son diferentes. No ven el problema desde la misma perspectiva debido a que la experiencia adquirida y sus motivaciones son diferentes.

La relación existente entre las cosas que el alumnado ha realizado antes y el interés por aprender es un hecho bien conocido y utilizado a la hora de elaborar los currículos. La

experiencia previa de las alumnas en relación con las disciplinas científicas es más limitada que la de los alumnos. Esto, unido a la imagen masculina de la Ciencia, determina que inicialmente sus intereses y motivaciones sean menores en ellas.

Los juegos considerados tradicionalmente masculinos —mecanos, escalextrics, ordenadores— facilitan la familiarización con artefactos y máquinas, favorecen el desarrollo de habilidades mecánicas, habilidades espaciales y de control técnico.

El tipo de juegos que practican las chicas —muñecas, cochecitos, cocinas, etc.— contribuye a su socialización para el futuro rol de esposa y madre, desarrollando la pasividad, la emotividad y la sensibilidad.

Por otra parte, los chicos juegan en la calle, se les permite alejarse de las proximidades de la casa e incluso salir del barrio con mucha más facilidad que a las chicas. De esta forma van adquiriendo mayor dominio del espacio, mayor independencia y seguridad, cualidades todas ellas valoradas como necesarias en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. Su desarrollo emocional es limitado y las relaciones interpersonales pasan a un segundo plano, al considerarse que restringen la autonomía. A través de este proceso de socialización sus intereses se centran en “el control”.

Mientras tanto, las chicas juegan en casa o en las proximidades con la consiguiente limitación del uso del espacio y su exploración, perdiendo así en independencia y ganando en

inseguridad. Además se les educa para un uso constructivo de la agresividad, produciéndose un mayor estímulo emocional desde la infancia. En ellas se potencia el desarrollo de la “capacidad de relación” y la autonomía se estimula menos. Sus intereses se centran en la “colaboración”. Han sido capacitadas para ver la ciencia relacionada con la sociedad, con las personas, con su propia vida.

Las Ciencias, tal como se presentan en el currículo en general, dan pocas opciones a la interpretación: se trata de algo acabado y pocas veces se alude a su relación social. Por esta razón tienen más que ver con el “control”, es decir están más próximas a los intereses de los chicos, y por ello éstos sienten mayor satisfacción y refuerzan su seguridad realizando tareas para las que han sido capacitados socialmente.

Sin embargo, se ha podido constatar que ni a unas ni a otros les atraen las Ciencias tal y como se presentan en el currículo. Se ven con un contenido instrumental, que no da lugar al debate, que no es relevante para los asuntos que consideran importantes para sus vidas. En el período de la adolescencia, como hemos visto anteriormente, se enfrentan a una situación compleja en la que están recibiendo importantes presiones sociales para adecuarse a los roles adultos del futuro. Los alumnos eligen Ciencias con vistas a sus futuras carreras, en parte, porque con ello ganan la aprobación de su familia, del profesorado y de sus amigos. Las otras materias son “blandas”, propias de las chicas, quienes para no entrar en la contradicción social deben seguir la línea

Los alumnos eligen Ciencias con vistas a sus futuras carreras. Las otras materias son “blandas”, propias de las chicas

Los textos escolares proporcionan una visión del mundo, expresan ideas sobre los roles de mujeres y hombres, proponen modelos masculinos y femeninos, comunican valores y normas sociales

estereotipada marcada para ellas y elegir de acuerdo con “lo femenino”.

Estas barreras invisibles que dificultan la participación de las chicas en las Ciencias tienen que hacerse explícitas y ser reconocidas como tales: éste es el paso previo para su eliminación.

Por tanto, no se trata de cambiar a las chicas para adecuarlas a las Ciencias. Bien es cierto que hay que proporcionar a las chicas oportunidades de desarrollar su autonomía, pero no es menos ciertos que los chicos tendrán que conseguir un desarrollo emocional adecuado y una mayor capacidad de relación. Por otra parte, es necesario también cambiar la imagen masculina de la ciencia, aunque es un tema del que no nos vamos a ocupar aquí, y su presentación en el currículo escolar.

## El currículo de Ciencias de la Naturaleza

Como venimos comentando, existe una opinión ampliamente generalizada de que las Ciencias experimentales son una materia dura, difícil, que tiene más que ver con “las cosas” que con las personas, con lo cognitivo más que con lo afectivo. En definitiva, que es una materia adecuada para los chicos, pero no para las chicas, al estar orientada hacia las características del estereotipo masculino. Estas cualidades son mantenidas, articuladas y sostenidas a través del currículo escolar.

Los textos escolares no sólo transmiten información específica dirigida a la formación

intelectual del alumnado, sino que también, por medio de mensajes más o menos sutiles, proporcionan una visión del mundo, expresan ideas sobre los roles de mujeres y hombres, proponen modelos masculinos y femeninos, comunican valores y normas sociales que ejercen gran influencia en el desarrollo personal y social de alumnos y alumnas.

El sexismo en los textos de la Educación Secundaria se manifiesta de manera menos explícita que en los de la Educación Primaria. Aparecen en todas las materias, incluidas aquellas que, como las Ciencias, son consideradas precisas y de gran especialización y, por tanto, aparentemente “neutras”.

Hay ciertas formas de sexismo que aparecen de forma constante y que son comunes a las distintas disciplinas científicas:

- El lenguaje empleado es masculino.
- Los personajes de los ejemplos, los que aparecen en los ejercicios y en las ilustraciones son mayoritariamente masculinos, y cuando aparecen las niñas y las mujeres suele ser en papeles estereotipados.
- Las citas que se dan, en general, se refieren a autores de libros, a científicos, a técnicos y a expertos: la mayor parte de ellas — prácticamente todas — se refieren a hombres.

En Física, concretamente, los ejemplos se relacionan, en general, con pilotos, conductores, ciclistas, observadores, etc. Las

ilustraciones presentan fundamentalmente *hombres y niños haciendo cosas en una actitud activa*, mientras las niñas y las mujeres aparecen en actitudes pasivas o en actividades estereotipadas. Estos ejemplos tan desequilibrados no estarían justificados en ningún caso, ya que se refieren a fenómenos relacionados con la vida cotidiana de las mujeres y los hombres, como la mecánica, la electricidad, la óptica, etc.

Hay casos en que la teoría no se apoya en ejemplos sexuados como en *Química* al estudiar las sustancias, los elementos, los átomos, las disoluciones, las reacciones, etc.; sin embargo, su presentación de forma abstracta y separada de la realidad cotidiana resulta poco motivadora para las chicas.

En *Biología* al estudiar los seres vivos se pone el acento en la descripción de los machos en detrimento de las hembras. Los hechos relativos a los hombres generalmente se presentan como si describieran a la especie humana en su totalidad, no permitiendo, en determinados casos, distinguir si las características descritas están ligadas al sexo. El término hombre unas veces se refiere al ser humano y otras al hombre propiamente dicho, generando cierta confusión y ambigüedad, y da lugar a la ocultación sistemática de las mujeres. Los esquemas anatómicos son fundamentalmente masculinos *se se exceptúan los específicamente femeninos*.

Las características de la masculinidad adolescente tales como la dominación, la competitividad y la dureza, que se manifiestan

de diferentes formas, tienen consecuencias directas en la práctica escolar.

Los chicos toman las clases de Ciencias como un territorio propio en el que tienen que ejercer el protagonismo. Intervienen más con preguntas y respuestas aunque éstas sean erróneas en su exceso de autoconfianza, tratando de demostrar su superioridad. A veces ridiculizan a sus compañeras intentando ponerlas en situaciones de inferioridad. Estas actitudes y comportamientos limitan, cuando no impiden, *la participación de las chicas*.

En el laboratorio los alumnos suelen acaparar el material, siempre escaso, dejando a las alumnas sin él o incluso llegando a quitarles el que han conseguido. Si trabajan en grupos, las alumnas pueden quedarse sin tocar un aparato aunque los compañeros del grupo no sean precisamente hábiles en su manejo. Ellas, en cambio, acaban realizando tareas de colaboración y ayuda, tanto en el laboratorio como en el aula, de acuerdo con el rol asignado y ante la negativa de sus compañeros a compartir este tipo de actividades.

Esta situación hace que las chicas participen menos y que se retraigan ante experimentos en los que no tienen seguridad, viendo así disminuidas sus posibilidades de aprender. Sin embargo, realizan un trabajo concienzudo para asegurarse de que las cosas están bien hechas, haciendo suyo el supuesto, socialmente aceptado, de que la habilidad científica femenina es menor que la masculina. La investigación educativa ha evidenciado que los buenos resultados académicos de las chicas son atribuidos, generalmente, al esfuerzo que

Los chicos toman las clases de Ciencias como un territorio propio en el que tienen que ejercer el protagonismo

¿Cómo se articulan los supuestos y expectativas del profesorado con los comportamientos en las clases de Ciencias?

realizan y a su buen comportamiento. En cambio, el éxito de los chicos se acostumbra a asociar con sus "capacidades innatas". Por el contrario, los malos resultados femeninos se consideran producto de la falta de capacidad, a la vez que los masculinos se atribuyen al menor esfuerzo, a la escasa concentración y al mal comportamiento. La asignación de estas características diferenciadas a cada grupo puede acabar, finalmente, ocultando las verdaderas potencialidades de unos y otras.

La realidad muestra que los alumnos están más interesados en continuar los estudios de Ciencias, mejor situación en esta materia y les resultan más confortables las clases que a las alumnas. ¿Qué papel juega el profesorado en este proceso?. ¿No estará contribuyendo a acrecentar estas supuestas diferencias de intereses y actitudes? ¿Cómo se articulan los supuestos y expectativas del profesorado con los comportamientos en las clases de Ciencias?

Los supuestos tácitos del profesorado, en relación con la importancia de las Ciencias para alumnas y alumnos, se verán traducidos en los mensajes sutiles que se transmiten en el aula. Si el profesorado piensa que las Ciencias son más importantes para los hombres que para las mujeres, lo más probable es que entre sus preocupaciones no esté el que las alumnas continúen su estudio, ni el proporcionar los estímulos necesarios para seguir, ni el hacerles saber la importancia que éstas tienen para su vida presente y futura.

Es sabido que diferentes expectativas producen distintos tratamientos. Las

expectativas del profesorado ante los géneros se reflejan en la valoración subjetiva de los rendimientos: el mismo trabajo de alumnas y alumnos es valorado de forma diferente, siendo calificado más bajo el de ellas. La infravaloración del trabajo de las alumnas por parte del profesorado de Ciencias es superior a la realizada por el profesorado de otras materias, según se ha puesto de manifiesto por diferentes trabajos empíricos(\*).

La valoración superior del rendimiento de los alumnos sirve, a su vez, para manifestar que éstos tienen más interés que las alumnas. El refuerzo positivo que de esta forma ellos reciben dará lugar a una mayor motivación y será un estímulo para que realicen mayores esfuerzos tendentes a mejorar sus resultados. Estos resultados serán interpretados, finalmente, en términos de capacidades. Así, el supuesto interés inicial acaba convirtiéndose en un indicador indirecto de las capacidades de las alumnas y los alumnos para las Ciencias.

Por tanto, los sesgos del profesorado en la valoración de los intereses del alumnado proporciona un apoyo adicional a la idea de que tienen mayores expectativas puestas en los chicos que en las chicas.

Hay actitudes y comportamientos del profesorado, de los que generalmente no es

(\*)SPEAR, Margaret: "The biasing influence of pupil sex in a science marking exercise", en *Research in Science and Technological Education*, vol. 2, 1984.

STANWORTH, Michele: *Gender and Schooling. A study of sexual divisions in the classroom*. Hutchison. London, 1983.

consciente, que contribuyen a la masculinización de esta materia distanciándola de las alumnas.

Estudios realizados en diferentes países muestran que el profesorado interactúa más con los alumnos que con las alumnas. Se les pregunta con más frecuencia y se les critica más debido a su comportamiento. Mientras, ellas reciben menos críticas, pero también menos atención, llegando a veces a pasar inadvertidas. A ellos se les trata más como individuos diferenciados. En cambio, a ellas se les identifica menos de forma individualizada, se tiende a considerarse como grupo indiferenciado, dificultando así su capacidad de independencia.

Los alumnos son considerados más interesantes, más críticos de acuerdo con la idea socialmente establecida de la mayor valoración de la experiencia masculina. Se habla más con ellos en las clases de Ciencias y ellos también intervienen más, siendo numéricamente superiores sus intervenciones en Física que en Biología.

Asimismo, se constata la tendencia del profesorado a estimular a los alumnos para encontrar soluciones por sí mismos y a ayudar más a las alumnas a buscarlas, contribuyendo así al consiguiente detrimento de su autonomía.

La ocupación de los espacios en el aula y en el laboratorio, las tareas que se encargan a las chicas y a los chicos, la división sexual del trabajo del profesorado son también aspectos que, formando parte del "currículo oculto" —de reconocida importancia en el

proceso de enseñanza y aprendizaje y llamado así por su carácter no explícito—, contribuyen a la diferenciación de género.

Instrucciones aparentemente neutras, como las que se dan para el trabajo de laboratorio en relación con las medidas de seguridad, inciden también en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estas medidas para prevenir accidentes no inhiben el atrevimiento de los chicos; en cambio, hace que las chicas tengan miedo y pierdan confianza en las Ciencias.

Todo ello nos lleva a plantear una serie de interrogantes sobre los que es necesario reflexionar: ¿los chicos participan más activamente porque lo hacen mejor en Ciencias, o lo hacen mejor porque la relación con ellos es de más calidad? ¿Qué influencia tiene esta situación en las opciones escolares y profesionales?

El profesorado actúa, en general, más condicionado por su propia socialización y por la formación recibida que de una forma intencionada contra la igualdad. Por tanto, no se trata de culpar al colectivo profesional de una situación que tiene una mayor amplitud y en la que están implicados diferentes agentes educativos.

La cuestión está, en lo que a la responsabilidad individual del profesor o de la profesora se refiere, en reconocer ésta, primeramente, como una responsabilidad profesional de trabajar a favor de una educación equilibrada de chicos y chicas, y en segundo lugar, en determinar cómo y cuándo

El profesorado actúa, en general, condicionado por su propia socialización y por la formación recibida

llevar a cabo esta tarea, para lo que se precisa contar con los apoyos necesarios, disponer de los recursos adecuados y poder acceder a una

formación del profesorado que incluya la pedagogía de la igualdad de oportunidades de alumnas y alumnos.

## ¿Es importante para las niñas y las mujeres estudiar Ciencias?

Hay varias razones que explican la importancia y la necesidad del estudio de las Ciencias Experimentales para las niñas y las mujeres.

Teniendo en cuenta que las Ciencias no sólo son un área específica cuyo fin es la formación para futuras carreras científicas y tecnológicas, sino que también son un componente importante de la cultura en general, podemos decir que estas razones estarían relacionadas con el mundo laboral, con la educación y con aspectos personales.

La división sexual del trabajo, socialmente establecida, está también reforzada por las diferentes cualificaciones de las chicas y los chicos cuando salen del sistema educativo. Cualificaciones que han adquirido a través de las elecciones de materias escolares que están "marcadas" por los estereotipos sexistas. Las alumnas al elegir mayoritariamente ciencias sociales y humanidades en B. U. P. y especialidades tradicionalmente femeninas en F. P. tendrán acceso a carreras y empleos peor pagados y de menor prestigio social. En cambio, los alumnos al optar por Matemáticas, Ciencias Experimentales y Tecnologías, más valoradas en el mercado laboral, tienen abiertas las puertas a posiciones más prestigiosas y más beneficiosas social y económicamente.

Es éste un proceso cíclico en el que la tipificación de las materias escolares no sólo refleja la situación del mercado laboral, sino que a su vez se reproduce, situando a los chicos y a las chicas en las correspondientes posiciones de dicho mercado.

En la medida en que las Ciencias y la Tecnología forman parte de la cultura, la exclusión de las mujeres de este ámbito supone la pérdida de un componente importante en su formación.

En la sociedad científico-tecnológica en que vivimos utilizamos máquinas y artefactos más o menos sofisticados continuamente. Es frecuente, en el caso de las mujeres, estar familiarizadas con su uso, pero, sin embargo, su falta de formación hace que desconozcan su funcionamiento. Esta situación puede conducir a una sensación de ignorancia e incompetencia al no poderlas controlar o reparar, produciéndose además una relación de dependencia femenina respecto a expertos masculinos.

La falta de esta educación científica impide también la comprensión crítica de la utilización que se está haciendo de la Ciencia y la Tecnología y las implicaciones sociales que lleva consigo. De esta forma se puede producir la paradoja de que mujeres en sistemático contacto con elementos naturales y artificiales carezcan de elementos de juicio para tomar posición frente a cuestiones cotidianas que soportan o manejan: contaminación del medio ambiente, destrucción de los recursos naturales, peligros de la energía nuclear y de los aditivos alimentarios, etc.

Las razones están relacionadas con el mundo laboral, con la educación y con aspectos personales

Una educación limitada y discriminatoria impide que las personas desarrollen su autonomía, su autoconfianza y la capacidad de hacerse oír. En definitiva, se les

excluye de los lugares donde se toman las decisiones, en los que, en el mundo actual, las Ciencias y la Tecnología ocupan un lugar importante.

## Hacia una educación científica equilibrada

Como hemos ido viendo, las chicas han entrado en las clases de Ciencias incorporándose a un currículo orientado hacia los intereses de los chicos y recibiendo un tratamiento diferenciado que les sigue manteniendo en la periferia. De hecho, de forma explícita o implícita, se continúa manteniendo la idea de que las chicas tienen problemas o dificultades con las Ciencias, responsabilizándoles de la situación, olvidando las barreras estructurales y sociales que la provocan.

Una educación científica que integre también a las chicas supone tener en cuenta sus intereses, sus motivaciones y sus experiencias. Valorar los conocimientos precientíficos que han adquirido y las habilidades que han desarrollado antes de acceder a la ciencia académica. Hacerles saber explícitamente que lo están haciendo bien en las clases de Ciencias para que ganen seguridad. Crear en definitiva un espacio confortable para que las chicas adquieran confianza en un terreno masculinizado.

El profesorado juega un factor clave en este cambio. Tiene una posición privilegiada para romper el círculo que se cierne en torno a los prejuicios sexistas en el ámbito escolar. Está investido de una autoridad que le legitima ante el alumnado, sobre el que ejerce una gran influencia a través de sus actitudes y comportamientos, con el consiguiente efecto multiplicador.

Una reflexión sobre la práctica educativa diaria, que introduzca el género como variable y como categoría analítica, lleva a descubrir la exclusión inconsciente que se hace de las chicas, cómo éstas llegan a hacerse invisibles para el profesorado y cuáles son los mecanismos por los que se produce esa situación.

## La formación del profesorado

Los resultados de diferentes estudios realizados en países de Occidente muestran que es escasa la información que tiene el profesorado sobre las desigualdades de género que se producen en el sistema educativo. También se pone de manifiesto que, en general, no se considera un problema que esté relacionado con su tarea profesional debido a la falta de información y reflexión en torno a este tema. Estas conclusiones han llevado a diferentes países, a la Comunidad Europea y a otros organismos internacionales a proponer la formación del profesorado como una de las medidas encaminadas a modificar esta situación, al ser considerada una cuestión fundamental para promover el cambio hacia una educación equilibrada respecto al género.

El profesorado por la posición jerárquica que ocupa tiene una gran influencia sobre el alumnado. A través de sus actitudes y comportamientos está ofertando modelos a imitar que se reflejan a través de sus expectativas frente a chicas y chicos, influyendo no solamente sobre su rendimiento académico, sino también sobre su vida futura.

Una educación que integre también a las chicas supone tener en cuenta sus intereses, sus motivaciones y sus experiencias

El tratamiento diferenciado que se da a alumnas y alumnos es muchas veces inconsciente, por lo que es de difícil reconocimiento

Si los prejuicios vigentes en la sociedad —la superioridad de los valores masculinos y los roles de género están dentro del orden de lo “natural”— forman parte de los presupuestos del profesorado inevitablemente serán transmitidos a través del currículo oculto. La percepción de chicas y chicos como grupos diferenciados en base a los estereotipos sexuales en el sistema educativo se traduce en la práctica docente en mantener a las alumnas en los márgenes y responder preferentemente a los requerimientos de los alumnos.

El cuestionamiento del actual currículo androcéntrico, por parte del profesorado, es una tarea prioritaria para conseguir un currículo que no proporcione una visión parcial de la realidad y que tenga en cuenta los intereses, motivaciones y experiencias de chicas y chicos.

Cualquier innovación educativa, si se quiere que tenga continuidad, tiene que ser asumida por el profesorado. Por tanto, hay que hacerle consciente del papel que juega como reforzador y perpetuador de los estereotipos de género si consideramos que la equidad debe ser una meta del sistema educativo.

Ésta es una tarea que reviste cierta complejidad. Por una parte, el tratamiento diferenciado que se da a alumnas y alumnos es muchas veces inconsciente, por lo que es de difícil reconocimiento, y por otra, es un mensaje que cuesta aceptar, ya que supone la aceptación de la propia implicación en el problema y a veces, como todo aquello que se relaciona con el ámbito de lo personal, genera posiciones “a la defensiva” que dificultan abordar el tema con objetividad.

Todo proyecto de innovación educativa supone —de forma más o menos explícita— una crítica a la actividad del profesorado, ya que lo que se plantea, aunque sea de forma indirecta, es modificar una práctica escolar que no se considera adecuada.

La diferencia entre otras innovaciones y la que surge al introducir el análisis de género en la educación estriba en que las primeras se relacionan fundamentalmente con la dimensión profesional, ya que el cambio afecta a aquellos aspectos que tienen que ver con lo pedagógico. Sin embargo, en el segundo caso, el cuestionamiento de los roles de género asignados a mujeres y hombres trasciende lo puramente académico, al implicar aspectos del ámbito personal y social.

Consecuentemente, la formación del profesorado debe abordar el tema en su totalidad, tratando de conjugar la dimensión profesional con la dimensión personal para que el cambio educativo no sea solamente aceptado, sino que el propio profesorado se sienta comprometido en modificar su práctica docente.

Por otra parte, hay que tener en cuenta las condiciones de trabajo del profesorado y la dimensión organizativa del centro escolar, es decir, aquellos aspectos relacionados con la micropolítica educativa.

La complejidad de la vida en el aula requiere una gran atención por parte del profesorado, quien tiene que ocuparse de mantener un orden bastante inestable entre un número casi siempre elevado de alumnos y

alumnas. La introducción de innovaciones educativas supone una ruptura de este difícil equilibrio, por lo que pueden ser vistas con cierto recelo si no se pone de manifiesto el lado práctico de las mismas.

Se ha sugerido que para valorar el potencial práctico de cualquier innovación deben tenerse en cuenta tres aspectos fundamentales: en primer lugar, el carácter instrumental, es decir, explicar lo que se debe hacer y no quedarse sólo en la explicación teórica, buscando un equilibrio que deje un margen suficientemente amplio a la autonomía del profesorado; en segundo lugar, la adaptación al tipo de alumnado al que va dirigido y a la forma de trabajar del profesorado en el aula, de manera que no se produzcan contradicciones e incoherencias; y, finalmente, el carácter compensatorio de la relación esfuerzo/eficacia, para que el profesorado se sienta recompensado —personal, social y económicamente— por su dedicación.

Los centros escolares son organizaciones sociales en las que las personas y los grupos que en ellas conviven tienen diferentes intereses y aspiraciones, compitiendo entre sí con los recursos de poder que tienen a su alcance. Los grupos potencialmente desfavorecidos, en esta correlación desigual de fuerzas, son las profesoras y las alumnas. Esta dimensión organizativa ha de ser tenida en cuenta a la hora de introducir innovaciones educativas, reduciendo el conflicto que supone la competitividad y favoreciendo el intercambio y la cooperación.

La incorporación al ámbito institucional de la formación en la pedagogía de la igualdad es una actuación reciente en este país.

Este hecho viene condicionado por la necesidad de compensar la ausencia de tratamiento del problema que supone la incorporación de las niñas y las mujeres a un modelo de escuela masculino, tanto en la formación inicial como en la formación continua.

La finalidad de la formación es capacitar al profesorado para el análisis de género del sistema educativo, reexaminar sus propios supuestos y valores, y elaborar estrategias tendentes a eliminar el sexismo existente.

Se trata de que el profesorado tome conciencia, a través de la reflexión crítica y sistemática de la práctica educativa, de las desigualdades existentes y de la posición ventajosa de un género sobre otro. Como consecuencia surgirá la necesidad de compensar estas desigualdades, iniciándose un proceso de transformación. En este proceso el profesorado se sentirá directamente implicado y será capaz de mantener su interés ante las dificultades y problemas que surjan.

En la medida que el profesorado conozca en qué consisten las innovaciones tendentes a compensar las desigualdades educativas basadas en el género y cómo llevarlas a cabo, las resistencias que inicialmente puedan surgir se irán progresivamente reduciendo.

Se trata de que el profesorado tome conciencia, a través de la reflexión crítica y sistemática de la práctica educativa, de las desigualdades existentes

Un currículo científico equilibrado para alumnas y alumnos deberá tener en cuenta las necesidades, los intereses y las motivaciones de unas y otros

## El desarrollo curricular

Para conseguir un currículo científico equilibrado para alumnas y alumnos, de acuerdo con lo que venimos exponiendo, es necesario tener en cuenta las necesidades, los intereses y las motivaciones de unas y otros. Los nuevos materiales deberán incluir actividades que permitan esta síntesis.

Muchos proyectos curriculares de Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria, realizados en base a estos principios en diferentes países, sobre todo del ámbito anglosajón, han comprobado que genera más interés en las alumnas y en los alumnos intercalar diferentes tipos de actividades que faciliten el aprendizaje. Por ejemplo, simultanear las de carácter experimental con otras en las que se ponga de manifiesto su relación con la vida humana y con el medio ambiente. Junto a ello, la organización de discusiones, las lecturas y descripciones en paralelo a la introducción de reglas y conceptos abstractos concitan mayor interés.

Varios de estos proyectos parten de la relación de los principios físicos con la biología humana, siempre que sea posible —por ejemplo, introduciendo la luz a partir del ojo humano y su funcionamiento, la presión del aire en relación con los pulmones, la fuerza a partir de los músculos, etc.—. La innovación en general consiste en anteponer la aplicación práctica a la teoría.

En el proyecto GIST (Girls into Science and Technology)\*, concretamente, se recogen

datos de diferentes estudios sobre lo que es más atractivo para las chicas y para los chicos con el fin de hacer que las Ciencias sean más motivadoras para las alumnas. Los intereses de la mayoría de los chicos tienen, en general, un carácter analítico/instrumental que se refleja en actividades tales como el control de las máquinas, la aplicación de reglas y en el énfasis que ponen en el pensamiento analítico. El mundo es considerado por ellos como una jerarquía de relaciones donde la competitividad juega un papel determinante y están interesados en controlar las cosas inanimadas. El grupo de las chicas, por el contrario, se interesa más por las relaciones personales, ponen el énfasis en la apreciación estética, el mundo es visto como una red de relaciones donde la cooperación adquiere un carácter prioritario y tienen interés por las cosas vivas. Éstos son los valores extremos de la escala y, evidentemente, hay chicas y chicos que estarían en cada uno de los puntos citados, además de los niveles medios en los que ambos grupos tienen intereses compartidos.

## Recomendaciones prácticas

Estos proyectos curriculares desarrollados en diferentes países extraen una serie de

\* GIST (Las chicas en la Ciencia y la Tecnología) es un proyecto de innovación del currículo de Ciencias Naturales en la Educación Secundaria que se ha llevado a cabo inicialmente, de forma experimental, en Manchester y actualmente es un modelo ampliamente difundido en el Reino Unido.

conclusiones de su experiencia que tienen gran interés por su carácter general y por su sentido práctico para el desarrollo de las clases de Ciencias. Exponemos algunas de estas conclusiones a continuación:

— Tener en cuenta las implicaciones sociales de la Ciencia en general.

— Hacer referencia al contexto social en el que se desarrollan las ideas científicas más que recordarlas de manera aislada; la historia de la Ciencia debe incluir la contribución de las mujeres científicas.

— Introducir los conceptos abstractos relacionándolos con la vida diaria, por ejemplo, a través de las implicaciones prácticas de los principios científicos. Comenzar explicando hacia dónde se va y por qué. Una aproximación a la Ciencia aplicada, en lugar de la rigurosa conceptualización, tiene más sentido para las chicas y los chicos que proporcionar un cuerpo de conocimientos sistemático. Esto último sería más adecuado para la formación de especialistas que no se corresponde con este nivel educativo, ni con los intereses y motivaciones del alumnado más centrados en cómo la Ciencia afecta a sus vidas.

— Realizar actividades que promuevan el interés de las alumnas, tales como discusiones —por ejemplo, los beneficios y las desventajas del desarrollo científico-técnico—, lecturas relacionadas con temas científicos y escrituras creativas —descripción y solución de problemas en situaciones inusuales, cartas a los medios de comunicación expresando ideas en relación con

las implicaciones sociales de la Ciencia, artículos para periódicos, descripciones imaginativas, diarios, guiones para entrevistas en televisión de personas inventoras, poemas sobre fenómenos científicos, etc.—. Todas ellas sirven de ayuda para asimilar principios e ideas científicas.

— *Eliminar los sesgos sexistas* presentes en el lenguaje, en las ilustraciones, en los ejemplos y en las citas de los libros de texto y de los materiales escolares utilizados.

— En el laboratorio, incidir más en las medidas de seguridad que en el peligro que pueda llevar consigo su manejo y utilizar materiales de uso cotidiano siempre que sea posible.

— Una forma de romper los estereotipos sexistas que presenta el mundo científico, y que contribuyen a la exclusión de las mujeres de este ámbito, es la proposición de modelos alternativos positivos. Las chicas carecen de imágenes de mujeres científicas tanto en el mundo actual como a lo largo de la historia (si exceptuamos algunos casos tales como los de *María e Irene Curie*, por ejemplo), por lo que se hace necesaria la recuperación de las mujeres en la historia de la Ciencia. Llevar a la clase mujeres que trabajan en el mundo de la ciencia y de la técnica es una práctica extendida en algunos países como Inglaterra y Estados Unidos para romper esa imagen de “supermujer” que se considera necesaria para ejercer estas profesiones.

Respecto a la vida diaria en la clase de Ciencias, es importante reflexionar y analizar las relaciones que se dan entre el

Es importante reflexionar y analizar las relaciones que se dan en el aula tratando de mantener un equilibrio que favorezca a ambos grupos por igual

profesorado y el alumnado y de las alumnas con los alumnos tratando de mantener un equilibrio que favorezca a ambos grupos por igual. Habrá, por tanto, que fomentar determinadas actitudes y comportamientos tales como:

— Usar un lenguaje libre de sesgos sexistas, que incluya a ambos géneros, evitando el uso del masculino como genérico, permitirá que las alumnas se sientan parte activa de la clase de Ciencias.

— Hacer las preguntas de forma específica e individual en lugar de "a mano alzada" para que participen también las chicas, evitando que sean los chicos quienes dominen la clase y que sus compañeras se sientan intimidadas.

— Valorar, explícitamente, los buenos resultados de las alumnas, y no solamente el orden, la limpieza y la buena

presentación, es una manera de reforzar su autoestima y su seguridad en un terreno que no les es favorable.

— Estimularles a que piensen por sí mismas, evitando la tendencia a que el apoyo y la ayuda proporcionada se convierta en hacer el trabajo por ellas.

— Fomentar el trabajo cooperativo más que el competitivo.

— El trabajo en pequeños grupos facilita la participación de las chicas y les ayuda a vencer la resistencia que tienen para hacer preguntas o realizar intervenciones en público.

En algunos casos también se ha experimentado con grupos separados de alumnas y alumnos temporalmente, y los resultados obtenidos se han valorado muy positivamente.

## Organizaciones y proyectos relacionados con la educación científica de las niñas y las mujeres

La escasa presencia de las mujeres en los campos científico y técnico ha sido objeto de estudio y análisis sobre todo a partir de los años 70, lo que ha dado lugar a la creación de organismos que se encargan de realizar proyectos y estudios que permitan superar las barreras que dificultan dicha presencia. Se reseñan a continuación algunos de los más relevantes:

**GASAT** (Las chicas, la ciencia y la tecnología): Conferencias internacionales que se iniciaron a principios de los años 70.

**EXPANDING YOURS HORIZONS IN SCIENCE AND MATHEMATICS CONFERENCES** (Ampliando los horizontes en Ciencias y Matemáticas): Conferencias internacionales que comenzaron en California en 1976.

**MATH/SCIENCE NETWORK** (Red de Matemáticas /Ciencias): Creada en Estados Unidos para fomentar la participación de las chicas y las mujeres en áreas no tradicionales.

**AAAS** (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia): Recoge información sobre una gran variedad de programas para las chicas y las mujeres en Ciencias, Matemáticas e Ingeniería, que se llevan a cabo en Estados Unidos.

**NSF-Women in Science Program** (Fundación Nacional de la Ciencia —Las mujeres en el

programa de Ciencias): Organizan talleres de información y orientación para la incorporación de las alumnas a carreras de Ciencias en Estados Unidos.

**THE VISITING WOMEN SCIENTIST PROGRAM** (Programa de visitas de mujeres científicas): El programa incluye la visita de mujeres matemáticas y científicas a centros de Educación Secundaria en Estados Unidos, informando tanto al alumnado como al profesorado sobre las carreras científicas y sobre su propia experiencia.

**GIST** (Las chicas en la Ciencia y la Tecnología): Proyecto de investigación-acción en la Educación Secundaria, desarrollado en Gran Bretaña.

**VISTA**: Programa de visitas de mujeres científicas y técnicas a los centros escolares iniciado con el Proyecto GIST.

**MENT**: Programa de formación del profesorado de Física de Secundaria iniciado en los Países Bajos en 1981.

**SPACE** (Resolviendo problemas de acceso a las carreras de Ciencias e Ingeniería): Proyecto realizado en la Universidad de California, Berkeley. Diseñado inicialmente para ayudar a las chicas en áreas no tradicionales, es actualmente utilizado para chicas y chicos dada la efectividad de sus materiales.

**COMETS** (Módulos para la orientación profesional hacia las Ciencias): Proyecto de la Universidad de Kansas, basado en los modelos de rol para estimular el interés por las carreras científicas. Proporcionan materiales para el profesorado que incluye la contribución de las mujeres a la Ciencia.



Parte II:  
Las mujeres en la Historia  
de la Ciencia

Las mujeres que han contribuido al desarrollo científico proceden de distintos grupos sociales, dependiendo del momento histórico y de la situación de cada país

## La posición de las mujeres en el campo científico

En cada sociedad y en cada época histórica las mujeres han participado en el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, aunque sólo en casos excepcionales son reconocidas y recogidas sus aportaciones en los libros de Historia. Las mujeres también han observado la naturaleza, han experimentado en laboratorios, han desarrollado técnicas, han diseñado aparatos y han especulado sobre la estructura del universo.

Sus logros intelectuales son escasamente conocidos porque la investigación histórica se ha ocupado más de su vida privada y de su moralidad pública que de sus aportaciones al desarrollo de la humanidad.

A partir de los años 70, con la participación de un mayor número de mujeres en el campo científico, crece el interés por conocer la situación específica de este colectivo en dicho campo. Inicialmente las investigaciones se orientan hacia la recuperación de la historia de las grandes mujeres y empiezan a aparecer biografías y autobiografías de mujeres científicas. A partir de aquí se ha ido evolucionando, desde las diferentes disciplinas académicas, hacia la indagación de las causas y consecuencias de la exclusión de las mujeres del ámbito científico y se han identificado las barreras estructurales y sociales que han impedido su avance profesional.

La posición de las mujeres científicas en la sociedad ha sido distinta de la de los hombres, en virtud de los roles asignados a

cada uno de los géneros. La carencia de educación formal y la imposibilidad de acceso a la cultura establecida son dificultades que el colectivo femenino ha tenido que ir salvando a lo largo de la historia. Además, ha tenido que luchar contra los prejuicios que cada sociedad ha establecido para delimitar los espacios masculinos y femeninos.

Las mujeres que han contribuido al desarrollo científico proceden de distintos grupos sociales, dependiendo del momento histórico y de la situación de cada país. Así, por ejemplo, en la Alemania medieval procedían de las clases artesanas. Las esposas y las hijas de los artesanos se formaban como aprendizas y trabajaban en los talleres familiares. Posteriormente, en Francia y en el Reino Unido, durante la revolución científica, su origen era fundamentalmente aristocrático.

El acceso a la Ciencia ha estado, en general, ligado al status social dada la necesidad de disponer de recursos no sólo económicos, sino también intelectuales. Al lado de cada mujer aparece, casi siempre, algún hombre de su entorno familiar —el padre, el esposo, algún hermano— que, como detentadores del poder económico, social y político, actúan de mediadores en su acceso a la cultura. En otros casos, se ha mantenido su posición de subordinación actuando como ayudantes, auxiliares... y sus aportaciones han pasado inadvertidas. En cualquier caso han sido mujeres que han mantenido una posición firme contra la presión social ejercida por los códigos convencionales impuestos que les confinaban a los estrechos límites del hogar y al cuidado de la familia.

## El mundo antiguo

La historia escrita de la Ciencia comienza en Egipto y Mesopotamia entre los años 2778-2263 a. de C. Estos pueblos se interesaban por los aspectos prácticos de la misma. Los sacerdotes y las sacerdotisas desarrollaron las Matemáticas, la Astronomía y la Medicina necesarias para resolver los problemas prácticos que se les presentaban como consecuencia del desarrollo económico y social que se iba produciendo.

Los sacerdotes y las sacerdotisas eran la primera clase administrativa, y tenían a su cargo importantes funciones tales como: organizar la distribución del agua, de las semillas y de la cosecha, la construcción de almacenes para guardar el trigo, la medición de los campos de cultivo. Tareas para las que fue necesario llevar una contabilidad y realizar mediciones, iniciándose así el proceso del desarrollo sistemático de las Matemáticas.

La Astronomía, que estaba estrechamente relacionada con la religión, se desarrolla por la necesidad de calcular el tiempo a través de la observación sistemática de los cielos para la composición de calendarios y la realización de pronósticos astrológicos. **Aganice** usa globos celestes y estudia las constelaciones para predecir el futuro.

El desarrollo de la Astronomía es más amplio en Mesopotamia —Sumeria, Babilonia y Asiria— que en Egipto. Estaba en manos de

los sacerdotes y sacerdotisas, que dejaron grandes bibliotecas y conjuntos de tablas astronómicas. Representaron los movimientos de los planetas y el mapa de las constelaciones del zodiaco.

La Medicina se estableció como profesión en Egipto hacia el 3000 a. de C. No se han encontrado tratados sobre anatomía y fisiología, pero se cree que los conocimientos provienen de la práctica de la momificación y del estudio de la anatomía animal. La cirugía era considerada un arte separado de la medicina, y las instrucciones que se daban eran de tipo práctico. **Helena de Troya** estudió en Egipto con la médica **Polydamna** y es reconocida por Homero como una excelente médica.

Las mujeres cultas trabajaban como médicas y cirujanas. Las escuelas de Medicina de Sais y Heliópolis atrajeron mujeres de todo el mundo antiguo, como alumnas y como profesoras. En el templo de Sais, al norte de Menfis, hay una inscripción que dice: "He venido de la escuela de Heliópolis y he estudiado en la escuela de mujeres de Sais, donde la divina madre me ha enseñado cómo curar las enfermedades" (Alic, 1986).

Los papiros médicos hablan de ginecología como la especialidad de las mujeres. El papiro Kahun del año 2500 a. de C. (Alic, 1986) indica que las mujeres especialistas diagnosticaban embarazos, adivinaban el sexo de la criatura (si la madre tenía la cara gris era niño), hacían pruebas de esterilidad y trataban la dismenorrea. Las

Los papiros médicos hablan de la ginecología como la especialidad de las mujeres

Las mujeres podían ser propietarias y supervisaban la industria textil y del perfume

cirujanas practicaban cesáreas y entablillaban huesos. "Médica" era frecuentemente sinónimo de "sacerdotisa".

La Química se desarrolla a través de la industria del perfume, usado en medicina y en los embalsamamientos. Se descubren las técnicas químicas de destilación, extracción, sublimación y se utilizaban aparatos y recipientes iguales a los usados en la cocina. Tablas cuneiformes del II milenio a. de C. recogen nombres de mujeres. Esta tradición química culminó con la alquimia de Alejandría en el siglo I d. de C.

Las mujeres podían ser propietarias y tenían a su cargo la supervisión de la industria textil y del perfume. Trabajaban como escribas, que era la profesión culturalmente más valorada. La cultura de estos pueblos fue adoptada por los sucesivos invasores y recogida en sus normas de organización social, que reconocía a las mujeres un cierto status y cierta autonomía. Según *El Código de Hammurabi* (Babilonia, 1800 a. de C.), las mujeres podían participar en los negocios y ser propietarias, pudiendo también ejercer de juezas; sin embargo, también establece que una hija es propiedad de su padre hasta que la venda a su marido.

## La Ciencia griega

La Filosofía y la Ciencia en el mundo antiguo formaban un conjunto en el que no se hacía la distinción entre una y otra. Era una forma de conocimiento basado en la argumentación. A partir del método de la discusión y el debate entre argumentos, conocido como dialéctica, se establecían las teorías.

La posición de las mujeres en el mundo griego —incluidas las esposas e hijas de los ciudadanos griegos— era peor que en las civilizaciones antiguas. Estaban reducidas a la vida doméstica y no podían participar en la vida pública. Las tareas que realizaban incluían una gran variedad de trabajos artesanales, tejidos, cerámica, preparación de remedios contra las enfermedades, etc., que no se consideraban relevantes, aunque sirvieron de base, en muchos casos, para elaborar teorías explicativas del funcionamiento del mundo natural.

En el desarrollo de la filosofía natural durante la época jónica, que tiene su florecimiento en el siglo VI a. de C., juega un importante papel la Escuela Pitagórica tratando de explicar de qué está hecho el mundo y cómo ha surgido.

El período ateniense (siglo V-IV a. de C.) es la Edad de Oro griega. La Ciencia se hace más empírica, en contraposición al pensamiento meramente especulativo. Se estimula la observación cuidadosa y directa de la naturaleza, el uso de la lógica deductiva, y la interpretación de los fenómenos observados se

basa en causas naturales en lugar de en las sobrenaturales.

Durante el período helenístico, Alejandro Magno puso en contacto la ciencia griega con Oriente. Alejandría se convierte en el centro intelectual y científico del mundo griego, sustituyendo a Atenas en su papel productor y difusor de cultura.

Con la dominación romana a partir del siglo II a. de C., la ciencia griega es difundida a través de Occidente, y con la decadencia del Imperio romano entra en un período de oscuridad del que no sale hasta el Renacimiento.

### La escuela pitagórica

Pitágoras de Samos (siglo VI a. de C.) recibe la mayoría de sus doctrinas morales de **Temistoclea**, una sacerdotisa de Delfos. Se estableció en la colonia griega de Crotona, al sur de Italia, donde fundó una comunidad político-religiosa dedicada a la especulación matemática y filosófica. Parte de sus conocimientos eran recogidos de la cultura oriental. Esta comunidad semimonástica, que a la vez era escuela, estaba formada por hombres y mujeres con igualdad de derechos.

**Teano**, famosa cosmóloga de Crotona, se casó con Pitágoras cuando éste era ya mayor. Fue su discípula y posteriormente profesora de la escuela.

Las especulaciones y descubrimientos de la sociedad pitagórica eran propiedad común de sus componentes y se guardaban

Esta comunidad semimonástica, que a la vez era escuela, estaba formada por hombres y mujeres con igualdad de derechos

La cultura clásica griega constituye la base de nuestra civilización occidental

dentro de la comunidad como secretos místicos. Los escritos eran firmados con el nombre de Pitágoras, haciendo así imposible distinguir la contribución individual.

La escuela pitagórica fue la primera en postular que la materia era discontinua. Los números eran considerados la clave para entender el universo. El universo estaba constituido por números, siendo éstos las unidades básicas de los elementos. El círculo y la esfera eran consideradas las formas geométricas perfectas. La tierra, el sol, la luna y los planetas eran esféricos. Todos —además de la contratierra introducida en el sistema para alcanzar el número mágico, 10— se movían uniformemente alrededor de un fuego central invisible.

La cosmología pitagórica, adaptada por Platón y racionalizada por Aristarco de Samos (siglo III a. de C.), condujo a la imagen moderna del sistema solar.

La escuela pitagórica se convirtió en una aristocracia contra la que se rebeló el pueblo de Crotona, que destruyó la escuela. Sus componentes fueron perseguidos hasta la muerte y quienes se salvaron tuvieron que huir al exilio.

## Las mujeres en la Grecia clásica

Atenas, centro intelectual del mundo griego, recoge los conocimientos matemáticos y astronómicos de la escuela pitagórica. Estas materias son consideradas de primordial relevancia en la cultura ateniense. Por debajo

de ellas se sitúa la Medicina en orden de importancia.

La cultura clásica griega, que constituye la base de nuestra civilización occidental, recoge y selecciona los conocimientos de los pueblos hegemónicos que vivieron con anterioridad —Egipto, Mesopotamia—, y de los pueblos que iban conquistando.

Aristóteles introduce la observación meticulosa y la clasificación de las cosas de acuerdo con sus semejanzas y diferencias, como base de la lógica.

La mayor influencia en la Ciencia de todos los filósofos griegos es debida a Aristóteles. En cosmología, sustituyó las esferas pitagóricas por otras de cristal y añadió algunas más para explicar los movimientos “irregulares” de los planetas. En Biología, basándose en la observación, clasifica cientos de especies animales. Al igual que Platón, creía que las mujeres eran inferiores a los hombres —una mujer es “un hombre deformado”— y que el semen era el origen del alma. Estas creencias son incorporadas a la Filosofía Natural y han formado parte del cuerpo de conocimientos dominante que ha prevalecido durante dos mil años. Un ejemplo significativo de la pervivencia de estos supuestos lo tenemos en los microscopistas del siglo XVII, quienes observando el semen a través del microscopio recién descubierto podían contemplar un hombre perfectamente delimitado. Y por este camino llegaron a la conclusión de que el papel de las mujeres en la reproducción es el de mero recipiente, tratando

de demostrar experimentalmente las ideas aristotélicas.

Las grandes contribuciones griegas se reflejan principalmente en la Filosofía Natural, la Metafísica y la ideología política. En el siglo V, las ciudades-estado viven un período de prosperidad y grandeza intelectual. Los ciudadanos atenienses (aproximadamente el 10% de la población) se dedicaban a la actividad política y cultural al estar liberados de otras tareas que quedaban a cargo de sus mujeres y de las personas extranjeras y esclavas. Atenas atrajo a personas dedicadas al estudio de la Filosofía y de las Matemáticas de todo el Mediterráneo, muchas de ellas seguidoras de la escuela pitagórica.

Las prostitutas de la clase alta, "hetairas" (compañeras de los hombres), eran extranjeras que no podían casarse con atenienses. En general, eran mujeres educadas y con derechos que no tenían las esposas atenienses.

A la Academia de Platón asistían mujeres, si bien la mayoría eran extranjeras, ya que a las griegas les estaba prohibido participar en actos públicos.

**Aspasia** (siglo V a. de C.) fue a Atenas para aprender y se encontró clasificada como cortesana. Vivió con Pericles. En los Diálogos de Platón aparece como maestra de Sócrates. Mantuvo un "salón" donde acudían los dirigentes de Atenas a discutir de política y ciencia.

**Diotima**, profesora de Sócrates. Extranjera, estudió en la Academia de Platón.

Las mujeres eran admitidas en la Escuela Epicúrea en igualdad de condiciones que los hombres. En cambio, Hipócrates no les permite asistir a su escuela, aunque sí asisten a otras escuelas de Medicina. La escuela hipocrática era elitista y sus médicos se ocupaban sólo de atender a las personas de las clases altas. El cuidado de la salud del resto de la gente estaba en manos de las mujeres.

En el siglo IV a. de C. a las mujeres se les prohibió ejercer la Medicina bajo el pretexto de que practicaban abortos. (El aborto era común en la antigüedad, pero periódicamente fue prohibido sobre todo en las épocas más misóginas.)

## El período helenístico: la Ciencia en Alejandría

El papel de las mujeres ha ido cambiando paralelamente a los cambios sociales, económicos y políticos que se van produciendo.

En las ciudades griegas, a las mujeres de las clases altas se les reconoce la *ciudadanía* y en algunos casos se les conceden derechos políticos y pueden participar en actividades públicas. En algunos lugares a las jóvenes se les permite asistir a la escuela con los mismos derechos que sus compañeros.

En el año 334 a. de C. Alejandro Magno conquistó Egipto y fundó la ciudad de Alejandría,

El Museo de Alejandría fue la primera institución dedicada a la investigación y a la enseñanza subvencionada con fondos estatales

La ley romana no concedía la misma igualdad de derechos a las mujeres y a los hombres

que en poco tiempo sustituyó a Atenas como centro cultural de la Ciencia griega.

El Museo de Alejandría, fundado por Ptolomeo I hacia el año 280 a. de C., fue la primera institución dedicada a la investigación y a la enseñanza subvencionada con fondos estatales. Estaba dotado de importantes recursos —biblioteca, zoológico, salas de disección, observatorio— y contaba con los medios necesarios para la realización de experimentos. La Biblioteca de Alejandría fue única en la historia de la antigüedad por la cantidad de volúmenes que recogía, procedentes de todos los lugares del Imperio, y por la calidad de los mismos.

En este centro se estudiaba fundamentalmente Matemáticas, Astronomía, Medicina, Geografía, Óptica y Mecánica. Las Matemáticas experimentaron un amplio desarrollo, sobre todo en Geometría. El estudio de las secciones cónicas —elipse, parábola e hipérbola— fue básico para los trabajos posteriores de las órbitas de los planetas.

Al desarrollo de la Ciencia que tuvo lugar en Alejandría contribuyeron hombres y mujeres de gran relevancia en el mundo antiguo. Entre estas últimas cabe destacar a Hypatia de Alejandría.

## La Ciencia grecorromana

Cuando Egipto se convierte en colonia romana, en el siglo I a. de C., Roma es el centro político y Alejandría el centro intelectual del Imperio.

Las mujeres romanas estaban sometidas a la ley de Roma, que no les concedía la misma igualdad de derechos que a los hombres —la teoría legal se basaba en la inferioridad física y mental de las mujeres, por lo que todas debían estar bajo la tutela de los hombres—. Aun así, tenían una posición social mejor que en la Atenas clásica.

Las romanas podían aprender a leer y a escribir, las matronas de las clases altas eran educadas por tutores y a las jóvenes de las clases inferiores les estaba permitido asistir a la escuela elemental del Foro.

Las posibilidades de aprender a leer y a escribir facilitaron el desarrollo intelectual de las mujeres y la participación en la vida pública. Las aristócratas romanas organizan y dirigen “salones literarios”. Estas mujeres son las primeras oradoras que pueden defenderse públicamente.

Cuando los ejércitos romanos conquistan Grecia (siglo II a. de C.), las mujeres médicas son traídas a Roma como esclavas. La Medicina es una profesión floreciente en el Imperio. Se establecen escuelas con profesorado pagado, y hospitales públicos en Roma y otras provincias. En ellos ejercían mujeres nobles tratando a mujeres, hombres, niñas y niños.

**Cleopatra** (siglo II d. de C.) escribe un tratado sobre ginecología y obstetricia, *De Geneticis*, que fue usado por lo menos hasta el siglo VI. En el Renacimiento fue recogido y editado de nuevo.

**Aspasia** (siglo II d. de C.), médica greco-romana, especialista en ginecología,

obstetricia y cirugía. Escribió importantes tratados.

La Medicina fue el único campo científico donde las mujeres romanas fueron admitidas como profesionales. Esta situación fue limitándose progresivamente hasta quedar reducida a la práctica de los partos.

Con la consolidación del cristianismo el avance de la Ciencia se ve disminuido. Para la Iglesia la fe es lo que importa, y la investigación científica es considerada superflua. Tertuliano (siglo III) y otros padres de la Iglesia vertieron su cólera contra las médicas y parteras acusándolas de abortistas.

## María la Judía y el florecimiento de la Alquimia

La Alquimia floreció en Alejandría en los tiempos de la decadencia greco-romana (85-165 d. de C.), no siendo ajena a las corrientes filosóficas y religiosas de la época: el gnosticismo —una mezcla esotérica de judaísmo y misticismo caldeo-egipcio—, de neoplatonismo y de cristianismo. En la tradición gnóstica, lo masculino y lo femenino eran iguales, un precepto mantenido como básico por la alquimia antigua.

La Alquimia de la antigüedad era una ciencia que buscaba explicaciones para los fenómenos naturales. Los estudios alquimistas eran un secreto tradicional de las fraternidades artesanas, que a su vez tenían un carácter místico. La literatura alquimista es oscura y

alegórica, lo que ha dado lugar a que haya sido menospreciada y considerada una hechicería incomprensible.

Es la primera ciencia que, basada en las ideas de Aristóteles, combinaba la teoría con la experimentación. Con métodos y utensilios de la cocina se inventaron técnicas y aparatos que son la base del material de laboratorio. A pesar de la base mística, distinguían claramente entre la simulación de la plata y el oro, obtenidos a través de aleaciones y combinaciones, de la transmutación de los metales.

La alquimia egipcia probablemente tiene su origen en los conocimientos adquiridos en la antigua Mesopotamia, donde se desarrollaron las técnicas para la fabricación de cosméticos y perfumes.

En gran parte, las bases prácticas y teóricas de la alquimia occidental, y por tanto de la química moderna, se deben a **María la Judía** (siglo I d. de C.), que escribió importantes tratados, desarrolló técnicas específicas e inventó sofisticados aparatos para la destilación y la sublimación. *El baño María*, procedimiento que actualmente se sigue utilizando para mantener la temperatura constante, es un descubrimiento suyo. El *Tribikos*, un nuevo tipo de alambique utilizado para destilar líquidos, y el *Kerotakis*, empleado para extraer el aceite de las plantas y colorear metales con vapores de mercurio y azufre, son también aparatos diseñados y utilizados por María.

**Cleopatra**, contemporánea de María la Judía, introduce el peso y la medida como

La Medicina fue el único campo científico donde las mujeres romanas fueron admitidas como profesionales

La alquimia de la antigüedad era una ciencia que buscaba explicaciones para los fenómenos naturales

técnicas necesarias para la cuantificación de los resultados experimentales.

La alquimia antigua es recogida por la cultura árabe y traída a Europa en la Edad Media, perdiendo su carácter de ciencia experimental y convirtiéndose finalmente en una doctrina extraña y esotérica.

## Hypatia de Alejandría

El nacimiento de Hypatia, en el año 370 d. de C., coincide con los últimos años de la decadencia del Imperio romano y con la consolidación del poder de la Iglesia cristiana,



que trata de eliminar cualquier influencia de las ideas consideradas paganas.

*Alejandría se ha convertido en el siglo IV en una ciudad universitaria que atrae a estudiantes de los lugares más remotos y en la que conviven gentes paganas, judías y cristianas. Como consecuencia de todo ello, su ambiente intelectual vive momentos de gran confusión y se producen violentos conflictos entre los diferentes grupos.*

Algunos padres de la Iglesia consideraban heréticas las Matemáticas y la Ciencia, y las personas que se dedicaban a su estudio eran objeto de persecución. Concretamente, Teófilo, Patriarca de Alejandría, alienta violentos conflictos entre paganos, judíos y cristianos.

Hypatia es hija de un profesor de Matemáticas y Astronomía del Museo, Teón, quien se preocupó de que su hija recibiera una educación como corresponde a un "perfecto ser humano", en una época en la que tal consideración no era siempre reconocida a las mujeres. Viajó por Atenas e Italia, adquiriendo los conocimientos más relevantes de la época. En Alejandría fue profesora de Matemáticas y Filosofía.

El Museo de Alejandría, que desde el siglo III a. de C. poseía cátedras dedicadas a las grandes corrientes filosóficas, había perdido su preeminencia: había escuelas separadas para las diferentes corrientes filosóficas y religiosas; sin embargo, Hypatia enseñaba a gente de todas las religiones e ideologías, destacándose

por su tolerancia. Fue nombrada oficialmente profesora de Filosofía. Además enseñó Matemáticas, Astronomía, y Mecánica.

La mayoría de sus escritos aparecen como textos para estudiantes. Conviene recordar que en España los primeros textos para estudiantes aparecen en las Universidades reformadas durante el período de la Ilustración.

Los trabajos sobre Álgebra son los más significativos de Hypatia. Propone algunas soluciones alternativas para las ecuaciones indeterminadas de Diofante —ecuaciones con múltiples soluciones—, y plantea nuevos problemas.

El estudio de las secciones cónicas — figuras geométricas formadas por un plano que corta un cono— adquiere gran relevancia desde la fundación del Museo. Hypatia escribe un tratado *Sobre las cónicas de Apolonio* (Apolonio de Perga, siglo III a. de C., es un geómetra que organiza los epiciclos y deferentes para explicar las órbitas irregulares de los planetas). Escribió con su padre un tratado sobre la Geometría de Euclides y un libro sobre los trabajos de Ptolomeo.

Además de los estudios en Matemáticas y Astronomía, realiza trabajos en Mecánica y Tecnología práctica. En su labor de investigación diseña instrumentos científicos, como un astrolabio para medir la posición de las estrellas, los planetas y el sol y calcular el tiempo y los signos del zodiaco. Un destilador de agua, un medidor de nivel y un densímetro de líquidos son también contribuciones técnicas suyas.

Hypatia, además de pagana y racionalista científica, se convierte en una figura política influyente por su relación con el prefecto romano de Egipto, Orestes, alumno y amigo suyo. Esta posición le convierte en una “persona peligrosa” contra la que se vuelven las iras y el fanatismo del Patriarca de Alejandría, Cirilo, que en el año 412 decreta la persecución del paganismo y de la vida intelectual.

En el 415, Hypatia es asesinada por monjes fanáticos de la Iglesia de San Cirilo de Jerusalén. Su muerte es descrita por Sócrates Scolástico en el siglo V:

“Todos los hombres la admiraban y reverenciaban por su modestia y su inteligencia. También despertaba recelos y envidia, y debido a su amistad con Orestes fue culpada de la enemistad entre éste y el obispo. En resumen, cerebros de chorlito intrépidos y temerarios, guiados por el capitán Pedro, lector de la iglesia, la sacaron del carruaje en que viajaba, la introdujeron en la iglesia llamada de Cesáreo, la desnudaron, le arrancaron la piel de su cuerpo hasta que dejó de respirar, descuartizaron su cuerpo y lo llevaron a una plaza llamada Cinarón, donde lo quemaron hasta convertirlo en cenizas” (Alic, 1986).

Orestes informó de su muerte y pidió a Roma una investigación. Posteriormente dimitió y dejó Alejandría. La investigación fue sucesivamente pospuesta por “falta de testigos”, y Cirilo, que finalmente fue canonizado, proclamó que Hypatia estaba viva y vivía en Atenas.

Hypatia, además de pagana y racionalista científica, se convierte en una figura política influyente

La biblioteca de Alejandría fue destruida poco después de su muerte. Ambos acontecimientos representan el fin de la ciencia antigua y el comienzo de la época oscura.

Hypatia de Alejandría ha sido durante mucho tiempo la única mujer citada en la historia de las Matemáticas y de la Astronomía, habiéndose dado más relevancia a su vida y a su muerte, rodeadas de cierto romanticismo, que a su trabajo intelectual.

## La Edad Media

Paralelamente a la difusión del cristianismo, durante la Edad Media aparecen numerosos cultos, produciéndose un aumento del caos religioso. El creciente interés por la astrología y el misticismo sustituyó a la investigación científica. Pero aunque Europa entraba en la edad oscura, la ciencia griega supervivió en Bizancio y floreció en el mundo árabe. En el año 640 Alejandría fue ocupada por el pueblo árabe y es rescatado lo que quedaba del destruido Museo.

La recuperación intelectual de Europa tiene lugar en la época de Carlomagno con la creación de las escuelas palatinas en el siglo IX.

Hacia el siglo XII, las escuelas catedralicias comienzan a ser sustituidas por las universidades, que se crean por acuerdos entre el poder eclesiástico y el poder secolar con el fin de formar a los servidores de la Iglesia y de la Administración política. Están inspiradas en instituciones anteriores tales como las escuelas de Atenas, el Museo de Alejandría y las escuelas musulmanas de las mezquitas.

La enseñanza en las universidades se realizaba en latín siguiendo el método de la discusión y el debate. El currículo académico se basaba en las siete artes liberales clásicas: *el trivium* —gramática, retórica y lógica— y *el cuadrivium* —aritmética, geometría, astronomía y música—. Estos conocimientos rudimentarios permitían el acceso a las Facultades Mayores: por un lado, a las de Filosofía y Teología, dedicadas

fundamentalmente al clero, y por otro, a las de Derecho y Medicina, cuyos fines se orientan a atender las necesidades políticas y militares. Como es fácil de imaginar, este tipo de formación dejaba escaso lugar para la enseñanza de la Ciencia, como escaso era también el contacto con la naturaleza en general.

Hasta el siglo XIII la Iglesia ejerce, prácticamente, el monopolio de la enseñanza a través de las escuelas catedralicias, de las abadías y monasterios.

El progreso científico de la Edad Media estuvo limitado por la necesidad impuesta de justificar las verdades teológicas, lo que llevó consigo que la situación de la Ciencia al final de la época medieval no fuera superior al nivel alcanzado en los imperios de la antigüedad.

En la Edad Media los conventos religiosos serán la única vía de acceso de las mujeres a la educación y a la cultura. Aunque muchos de estos conventos tenían severas normas religiosas, había otros de carácter menos estricto —sobre todo aquellos que estaban vinculados a los monasterios en los que existían escuelas monacales— que permitían llevar una vida confortable y ofrecían oportunidades para el estudio y la formación. Esta situación de cierto liberalismo monástico no fue tolerada mucho tiempo por la Iglesia, que, bajo el pretexto de preservar la virtud, separó los conventos de los monasterios, aislándolos de las fuentes del saber y poniéndolos bajo regímenes de severa disciplina. El papa Gregorio VII, en el siglo XI,

En la Edad Media los conventos religiosos serán la única vía de acceso de las mujeres a la educación y a la cultura

Las mujeres estudiaron y enseñaron Medicina en Salerno, siguiendo la tradición romana de las épocas anteriores

suprime los monasterios mixtos en los que convivían las comunidades religiosas masculinas y femeninas, frecuentemente dirigidos por mujeres. La posición social de las mujeres se ve afectada no sólo por la pérdida de independencia, sino también por el miedo hacia ellas, favorecido por la Iglesia con el fin de fomentar el celibato del clero.

La clausura de los conventos y la disolución, más tarde, de los mismos en los países en los que se imponía la reforma protestante supone el fin de una institución que ofrecía a las mujeres la posibilidad de adquirir una formación y una manera de vivir alternativa al matrimonio.

El patrimonio cultural de las abadías y monasterios pasa a las universidades. Estas están cerradas para las mujeres, salvo escasas excepciones, como es el caso de Italia, ya que los fines para los que fueron creadas —la Iglesia y la Administración política— eran ámbitos exclusivamente masculinos. La población femenina ve así prácticamente anuladas sus oportunidades educativas.

## Trótula de Salerno

La Escuela de Salerno, establecida en el siglo xi en el sur de Italia, fue el primer centro médico medieval que no estaba directamente relacionado con la Iglesia. En ella se impartían cursos prácticos y científicos, lo que le mereció el reconocimiento de ser la primera universidad europea y el origen de las posteriores Facultades de Medicina que se fueron creando.

Aquí se empiezan a recuperar los conocimientos sobre Medicina del período griego y son traducidos del árabe al latín.

La colección de trabajos recogidos bajo el título *Regimen Sanitatis Salernitanum*, a la que contribuyó Trótula, tuvo una gran incidencia en el desarrollo de la Medicina de la Edad Media. Se editó veinte veces antes del año 1500.

Las mujeres estudiaron y enseñaron Medicina en Salerno siguiendo la tradición romana de las épocas anteriores, que duró hasta el Renacimiento. Entre ellas cabe destacar a **Trótula de Salerno**, cuyos trabajos más conocidos son: *Las enfermedades de las mujeres (Passionibus Mulierum Curandorum)*, más conocido como *Trotula Major* y *Ornatu Mulierum (Trotula Minor)*, sobre cosmética y enfermedades de la piel.

Los tratados de Trótula fueron textos modélicos en las escuelas de Medicina hasta el siglo xvi. Fueron frecuentemente copiados y modificados, a veces plagiados, apareciendo con diferentes títulos, lo que ha dado lugar a una controversia en torno a la autoría de los mismos, que tiene su origen en el siglo xvi, cuando a las mujeres no se les permite ejercer como médicas o cirujanas.

La medicina de Trótula es fundamentalmente preventiva. Sus recomendaciones incluían la limpieza, el equilibrio en la dieta y el ejercicio, la advertencia contra el estrés y la ansiedad. Como Hildegarda, describe sencillos y accesibles remedios para la gente pobre. No

utiliza la astrología y rechaza las supersticiones.

Sus teorías eran avanzadas para la época. Discute el control de la natalidad y las causas y tratamiento de la infertilidad, señalando que la concepción no se produce tanto por deficiencias en las mujeres como en los hombres.

La tradición médica de la familia —el marido de Trótula era también un médico famoso— tuvo continuidad en uno de sus hijos.

## Hildegarda de Bingen

Hildegarda de Bingen nace en 1098, en una familia terrateniente. Fue una niña precoz y enfermiza. A los ocho años entra en el convento benedictino de Disibodenberg, donde



la abadesa, su tía Jutta, se encargará de su educación. Estudió latín, la Biblia y música.

Las abadesas medievales generalmente mantienen una posición equivalente a la de los señores feudales, con poderes políticos y jurisdiccionales sobre grandes territorios. Hildegarda se convierte en una de ellas en 1136, sucediendo a su tía Jutta en el cargo.

Siguiendo la tradición de la época, sus estudios científicos se inspiraban en la teología. Sus visiones y profecías le daban credibilidad científica, convirtiéndola en la abadesa más influyente y la científica más importante del siglo XII. Altos dignatarios de la Iglesia y jefes de Estado le piden asesoramiento, y sus enseñanzas de Medicina y Teología se difunden por diferentes lugares.

*Liber Svicias* incluye su primera cosmología y fue el más influyente de sus tratados místicos. En el Concilio de Trento (1147), el papa Eugenio III declara que son auténticas profecías y le anima a seguir escribiendo.

Es de las primeras en recoger los conocimientos griegos introducidos en Europa, a través de España e Italia, por los pueblos árabes.

Durante diez años estuvo trabajando en una enciclopedia de Historia Natural publicada en Estrasburgo en 1533 con el título de *Phisica*. En ella se incluye la descripción de plantas, árboles, peces, reptiles, pájaros, mamíferos, piedras y metales, así como sus aplicaciones prácticas en Medicina. También

Las abadesas medievales generalmente mantienen una posición equivalente a la de los señores feudales, con poderes políticos y jurisdiccionales sobre grandes territorios

contiene una nomenclatura botánica en alemán desarrollada por ella y que sirvió de base para otras posteriores. Es el más científico de sus trabajos junto con *Causae et Curae*. Todos ellos están escritos en estilo directo y didáctico y fueron muy utilizados en las Facultades de Medicina.

*Causa et Curae* consta de cinco libros de remedios y teoría médica, en los que se

relaciona el concepto místico del universo —macrocosmos— con las enfermedades específicas del cuerpo —microcosmos—. La teoría cosmológica del macrocosmos y microcosmos, que constituyó el dogma central de la ciencia de la Edad Media, es recuperada de la escuela pitagórica.

Hildegarda muere en 1179, a la edad de ochenta y un años.

## La revolución científica

La revolución científica supone la ruptura del sistema de ideas de la antigüedad. La nueva Filosofía Natural sustituye al sistema aristotélico-tomista. La observación y la experimentación se imponen frente a la especulación.

La obra de Copérnico *Sobre la revolución de las órbitas celestes* desafía el sentido común al establecer que las esferas celestes giran alrededor del Sol y no de la Tierra como mantenía el sistema geocéntrico dominante en la época.

El establecimiento de la ciencia moderna tiene lugar, fundamentalmente, en el norte de Europa. El centro cultural se desplaza desde Italia a los lugares donde la alta burguesía ha alcanzado gran desarrollo y ejerce un papel hegemónico.

En los primeros tiempos de este período, Tycho Brahe, bajo el patrocinio de Federico II de Dinamarca, construyó un observatorio y talleres donde se desarrollaron las observaciones más precisas e importantes de la época. Allí trabajó un significativo equipo de gente, entre quienes se encontraba Sofie, hermana de Tycho. **Sofie Brahe** (1556-1643) recibió una buena educación, formándose en Literatura Clásica, Astronomía, Matemáticas y Alquimia. Estas nuevas observaciones fueron cruciales para los trabajos posteriores de Kepler en la determinación de las órbitas planetarias.

La nueva ciencia toma una orientación diferente, relacionándose con el desarrollo industrial y adquiriendo un carácter práctico. Esta ciencia surge de varias instituciones sociales, principalmente de los talleres artesanales, las academias reales y los salones científicos.

Hasta el siglo XVI el trabajo manual y el trabajo intelectual habían permanecido desconectados. Los gremios artesanales pasaban sus secretos a las nuevas generaciones de forma oral, hasta que a lo largo del siglo XVI comienzan a registrar sus tradiciones y empiezan también a participar del conocimiento académico. Por otra parte, el saber académico comienza a interesarse y a recoger la experiencia y los métodos artesanales.

Durante la Edad Media y el Renacimiento, Alemania e Italia habían sido los centros científicos. En Alemania había alcanzado un gran desarrollo la Astronomía y en Italia la Mecánica. Durante el siglo XVII los nuevos centros geográficos de la Ciencia se sitúan en Francia, Inglaterra y Holanda. Este cambio no es sólo geográfico, sino que lleva consigo también una modificación en el tipo de personas que se ocupan del conocimiento científico. Son, generalmente, gente acomodada y procedente de la aristocracia que disponían de tiempo y de medios económicos propios.

Las mujeres de las clases altas, al igual que los hombres de su misma clase social, se interesan por los nuevos descubrimientos científicos y se dedican a

La nueva ciencia surge de varias instituciones sociales, principalmente de los talleres artesanales, las academias reales y los salones científicos

El cultivo de las letras y el trabajo intelectual está en manos de algunas mujeres y de los hombres humanistas

observar los cielos con los nuevos telescopios, a analizar los insectos a través de los microscopios, coleccionan curiosidades científicas y construyen sus propios gabinetes de Historia Natural.

## Las mujeres en el Renacimiento

El Renacimiento se inicia en el norte de Italia —Floencia, Venecia, Génova y Milán— con la sustitución del orden feudal por monarquías absolutas apoyadas en la nueva clase mercantil y el nacimiento de los Estados nacionales, extendiéndose progresivamente por el resto de Europa.

Las nuevas Cortes reales o principescas ejercieron el mecenazgo de la Ciencia y las Humanidades, que dejaron de depender, de forma exclusiva, de la Iglesia.

En el Renacimiento los oficios artesanales —el hilado, el tejido, la alfarería, la metalurgia, etc.— adquirieron un elevado status social como consecuencia del nuevo orden económico, político y cultural. Las artes prácticas adquieren el mismo rango que el trabajo meramente intelectual y se reconoce la utilidad de su interrelación. Esta síntesis es simbolizada por Leonardo da Vinci, prototipo de la época, que era a la vez científico, ingeniero y artista.

Tanto el arte como la técnica tuvieron que afrontar nuevos problemas, intelectuales y manuales, a los que debían buscar soluciones,

dando lugar al desarrollo científico y sentando las bases para el nacimiento de la ciencia moderna.

En las Cortes renacentistas coexisten dos culturas con ámbitos perfectamente delimitados: por un lado está el gobierno político y las artes marciales como profesiones exclusivamente masculinas, y por otro, el cultivo de las letras y el trabajo intelectual, que está en manos de algunas mujeres y de los hombres humanistas.

El factor principal que contribuyó a la posición jerárquica de estas mujeres fue el del rango, sustentado en el dominio que ejercían sobre sus propiedades. En ausencia de sus maridos —frecuentemente ocupados en tareas de guerra— superaban en rango a los hombres que permanecían en la Corte, entre los que se encontraban los humanistas, lo que les permitía cambiar el status social por un lugar en el mundo intelectual. Es decir, las damas de la Corte trataban de conjugar el papel que les correspondía dentro de la aristocracia con el papel intelectual que les era negado.

Aunque las universidades estuvieron cerradas para las mujeres, hubo algunas excepciones, particularmente en Italia. **Bettisia Gozzadini**, en el siglo XIII, enseñó leyes en la Universidad de Bolonia. En el siglo XIV, **Novella d'Andrea** sucedió a su padre en la enseñanza de Derecho Canónico, también en la Universidad de Bolonia. De ella cuenta la leyenda que tenía que esconderse detrás de una cortina para no distraer a los estudiantes, debido a su gran belleza.

## Las mujeres científicas en los talleres artesanales

La Astronomía y la Medicina fueron los dos temas más importantes de la Filosofía Natural de la Edad Media y de comienzos de la época Moderna. La Medicina adquirió más relevancia al ser estudiada en las universidades desde su creación, aunque esta enseñanza era puramente teórica y con un contenido doctrinario basado en el conocimiento griego.

La participación de las mujeres en la economía doméstica y en la producción artesanal las sitúa en una posición importante en los inicios de la ciencia moderna.

En el siglo xv las mujeres participaban en casi todos los gremios de Nuremberg y Colonia, lo que les confería derechos cívicos limitados como comprar, vender, ser representadas en los tribunales, aunque no podían participar en la administración de la ciudad.

Las mujeres asistían a los talleres como aprendizas y como trabajadoras, frecuentemente en calidad de hijas y esposas de los artesanos. Otras veces eran artesanas independientes o bien viudas que habían heredado el taller de sus esposos.

La Astronomía y la Entomología no se organizaban oficialmente en gremios, aunque se practicaban en los talleres.

**María Cunitz** (1610-64) nació en Silesia. Su padre se preocupó de que recibiera una amplia formación. Estudió Historia,

Medicina, Matemáticas, Pintura, Poesía y Música, y llegó a dominar seis idiomas: griego, latín, hebreo, italiano, francés y polaco. Se casó con un médico aficionado a la Astronomía (tema por el que María había mostrado gran interés desde pequeña), que la apoyó en la tarea emprendida para simplificar las Tablas Rudolfinas de Kepler. Sus trabajos están contenidos en *Urania Propicia*, un tratado escrito en alemán y en latín y publicado en Frankfurt en 1650. Su marido tuvo que escribir en el prefacio de la última publicación que él no había participado en su elaboración para evitar que le atribuyeran el trabajo realizado por María.

**Elisabeth Korpman** continúa los trabajos iniciados por María Cunitz. A los dieciséis años se casa con Hevelius y trabaja con él en un nuevo catálogo de estrellas y en la corrección de las tablas de Kepler. A la muerte de éste, Elisabeth continúa las investigaciones iniciadas, que publica en dos libros. Uno de ellos recoge un catálogo de 1.888 estrellas, la más amplia de las recopilaciones realizadas sin telescopio.

**María Winckelmann Kirch** (1670-1720) se formó en Astronomía en Leipzig y posteriormente se casó con el astrónomo Gottfried Kirch. María Kirch descubrió el cometa de 1702, aunque, en contra de la tradición, no recibió su nombre.

Después de la muerte de su marido formó en la Astronomía a su hija Christine y a su hijo Chirstfried, quien años más tarde sería elegido director del Observatorio de Berlín y su madre se convertiría en su ayudante.

Las mujeres asistían a los talleres como aprendizas y como trabajadoras, frecuentemente en calidad de hijas y esposas de los artesanos

**María Sibyla Merian** (1647-1717), entomóloga alemana que sentó las bases empíricas de la Entomología europea. En el taller de su padre, en Frankfurt, aprendió las técnicas de la ilustración, el dibujo, la pintura y el grabado al aguafuerte.

Viajó a la colonia holandesa de Surinam y a la India para estudiar la flora y la fauna de ambos países. Producto de sus investigaciones es la publicación *La maravillosa metamorfosis y alimentación especial de las orugas*. En quince grabados recoge el ciclo de la vida de cada insecto: desde el huevo, pasando por la oruga hasta que se convierte en mariposa.

En su casa enseña Entomología a chicas, incluida su propia hija, y les introduce en las nuevas técnicas que va experimentando. Entre sus disciplinas se encuentra **María van Schurman**, que se convierte en una defensora pública de la educación científica de las mujeres.

El segundo viaje a Surinam lo realiza acompañada por su hija Dorotea, siendo el resultado del mismo el libro *Metamorfosis de los insectos de Surinam*, que fue muy difundido y utilizado en Historia Natural durante los siglos XVIII y XIX.

También realizó importantes trabajos en la descripción de plantas, que, como sus anteriores investigaciones y publicaciones, fueron financiados por ella misma.

## Caroline Herschel y la Astronomía sideral

Caroline Herschel (1750-1847) nació en Hannover en una familia de músicos. Su padre, un astrónomo aficionado, se preocupó de que recibiera alguna educación.



Estudió música en Inglaterra, donde llegó a ser una soprano de éxito. No obstante, cuando su hermano William se dedicó a la Astronomía, ella abandonó la música y se formó en esta materia, convirtiéndose en su colaboradora.

Conjuntamente construyeron grandes telescopios con los que pudieron observar estrellas y galaxias lejanas, rebasando los límites del sistema solar e inaugurando la astronomía sideral.

Con la ayuda de Caroline, William descubrió 1.000 estrellas dobles, demostrando que eran sistemas binarios conectados por atracción mutua (la primera evidencia de la gravitación universal fuera del sistema solar).

En 1787 publican el *Catálogo de 860 estrellas observadas por Flamsteed, pero no incluidas en el Catálogo británico y Un índice general de referencia para cada observación de cada estrella en el catálogo mencionado*.

Cuando su hermano se casó, Caroline quedó libre de las tareas domésticas y pudo dedicarse enteramente a la Astronomía. Realizó múltiples observaciones de los cometas de Saturno y de Urano y mantuvo una extensa correspondencia. Descubrió varios cúmulos de estrellas, catorce nebulosas y ocho cometas. Fue la primera mujer astrónoma nombrada asistente del Observatorio Real.

Más tarde, parte de su tiempo lo tiene que dedicar a cuidar a su hermano Dietrich, que cae enfermo, aunque no abandona por ello sus trabajos astronómicos.

A la muerte de su hermano William, en 1822, regresa a Hannover, donde a los setenta y cinco años publica *Un catálogo de nebulosas que han sido observadas por William Herschel en una serie de barridos*. En él recoge la localización de 2.500 nebulosas. Por este trabajo recibe la Medalla de Oro de la Real Sociedad Astronómica. En 1838 es nombrada componente de la Academia Irlandesa y en 1846, cuando cumplió noventa y seis años, recibe la Medalla de Oro de la Ciencia del Rey de Prusia.

Carolin Herschel fue reconocida en su tiempo como una gran astrónoma. Ella y Mary Somerville son las primeras mujeres admitidas en la Real Sociedad de Londres, aunque sólo a título honorífico, en 1835.

## Las comadronas

---

El cuidado de la salud de las mujeres ha sido prácticamente un monopolio femenino desde la más remota antigüedad.

La tecnología del parto es desarrollada, realizada y practicada por mujeres durante al menos doscientos años.

Hasta el siglo xvi tanto las mujeres comadronas como los hombres cirujanos-barberos y especieros-boticarios, etc., eran semiánalfabetos. Aprendían el oficio de forma autodidacta o actuando como aprendices durante tres o cuatro años. Posteriormente mejoran sus conocimientos al ser capaces de leer manuales.

Durante muchos años las comadronas y los cirujanos-barberos coexisten pacíficamente, manteniéndose los límites de actuación de cada uno de los grupos, hasta que los oficios se profesionalizan, ascendiendo en la posición social y excluyendo a las mujeres de su ejercicio.

En el siglo xvi los cirujanos-barberos están constituidos en gremios a través de los cuales regulan el ejercicio del oficio, limitándolo a los miembros de su rango.

**A**l no poder regular los derechos y la formación necesaria para ejercer el oficio, quedaron bajo el control de diferentes agentes masculinos

Los cirujanos se separan de los barberos en el siglo xvii y fundan Sociedades y Academias de Cirujanos. Comienzan a graduarse en las universidades y se equiparan con los médicos formados en ellas. Los boticarios se separan también de los especieros, los dentistas de los sacamuelas, los veterinarios de los herreros, creándose las áreas que se profesionalizarían más tarde.

El oficio tradicional de comadrona no sigue el mismo camino. Todos los intentos realizados para formar corporaciones fueron estériles. Al no poder regular los derechos y la formación necesaria para ejercer el oficio quedaron bajo el control de diferentes agentes masculinos. La formación está, en muchos casos, en manos de los cirujanos-barberos, que ejercen así un severo control sobre las licencias en función de sus intereses. La Iglesia, en su empeño por controlar los nacimientos ilegítimos y velar por la moralidad pública, es otra barrera para el ejercicio profesional de las mujeres.

Las comadronas se encontraban así entre dos fuegos. Por un lado, se les acusaba de no conocer las nuevas técnicas y los nuevos métodos —por ejemplo, el uso del fórceps estaba reservado en exclusiva a los cirujanos—, y por otro, les estaba prohibido el acceso a la universidad y la creación de sociedades o colegios profesionales, que eran las vías utilizadas por sus compañeros de profesión para su formación y para evitar el intrusismo.

La situación se resuelve a principios del siglo xix con la consolidación del control

masculino de la profesión. El término “comadrona”, que no encontraba un equivalente adecuado en masculino, es sustituido por el de obstétrico y la formación adquiere rango universitario.

## Las mujeres en la Medicina moderna

En el siglo xvi tiene lugar un desarrollo notable de la anatomía y la cirugía mediante los estudios de disección realizados predominantemente en Italia, mientras la *técnica quirúrgica es promovida en Francia por Ambroise Paré*.

**Louyse Bourgeois** (1573-1636), perteneciente a una familia acomodada de París, recibe una esmerada educación. Se casa con un ayudante de Paré y con ambos se forma como comadrona, ejerciendo como tal para la nobleza. Atiende los partos de la reina María de Médicis, recibiendo 1.000 ducados por el nacimiento de un hijo y 600 por el de una hija.

En 1608 publica un tratado sobre obstetricia que incluye anatomía femenina, diagnóstico y estado del embarazo, anomalías del parto, signos de muerte fetal, aborto y teorías sobre la infertilidad. Previene contra el peligro que puede suponer el contacto con pacientes con viruela y otras enfermedades contagiosas.

**Oliva Sabuco de Nantes Barrera** (1562-1622) escribió un tratado de fisiología humana y estados mentales: *Una nueva*

*filosofía de la naturaleza del hombre, no conocida o conseguida por los filósofos antiguos, la cual mejorará la vida y la salud humanas.* Es un tratado clásico escrito en castellano y en latín en el que cita a Hipócrates, Platón, Plinio y Galeno. Se lo dedicó a Felipe II y se imprimió por primera vez en Madrid, 1587, editándose de nuevo en 1588. Aunque todas las copias menos dos fueron destruidas por la Inquisición, fue reeditado en 1728.

**Dorotea Erxleben** (1715-62), hija de un médico, es la primera mujer que consigue el doctorado en Medicina en una universidad alemana.

No pudo asistir a la escuela debido a que parte de su infancia la pasó enferma. Inició su formación escuchando las clases que su padre daba a su hermano Christian y leyendo cuánto caía en sus manos. Finalmente, consiguió el permiso de Federico II de Prusia para asistir a la Universidad de Halle.

Como respuesta a la controversia que suscitó su admisión en la universidad escribió el libro *Indagación en las causas que previenen al sexo femenino contra el estudio*, que fue prologado por su padre, defendiendo la formación universitaria de las mujeres.

A pesar de quedarse viuda y con cuatro hijos, continuó sus estudios de Medicina, recibiendo el doctorado en 1754.

## Las academias científicas

Las academias científicas son entidades fundadas o protegidas por la realeza, dándose

así el primer paso para la institucionalización de la nueva ciencia. A partir de este momento la Ciencia dejará de ser una ocupación más o menos ociosa para convertirse en una profesión.

Esta institucionalización lleva consigo la exclusión formal de las mujeres de la empresa científica, si bien esta exclusión no llega a ser total, ya que su participación en los círculos cortesanos va a tener continuidad.

La Real Sociedad de Londres se crea en 1662, y ninguna mujer fue elegida componente de pleno derecho de la misma hasta 1945. A **Margaret Cavendish** se le dejó asistir, después de un largo debate entre defensores y detractores de la presencia femenina, a una sesión en 1667, en la que Robert Boyle preparaba experimentos.

En 1666 nace la Academia Real de las Ciencias de París, y aunque en sus normas no se establece la prohibición expresa de la entrada de mujeres, ésta se mantiene en la práctica. **Emilie du Châtelet** no es admitida a pesar de su contribución a la difusión de la Física de Newton en Francia. En cambio es admitida en las academias italianas, que son las únicas de la época que no mantienen el veto para las mujeres.

En la Academia de Ciencias de Berlín, fundada en 1700, **Lise Meitner**, física, es la primera mujer admitida en 1949, y más tarde en 1950, **Irene Joliot-Curie**.

La institucionalización científica lleva consigo la exclusión formal de las mujeres de la empresa científica

## Los salones científicos

---

Los salones y los círculos científicos de los siglos XVII y XVIII surgen como respuesta a los viejos métodos de las universidades. Nacen como instituciones intelectuales dirigidas exclusivamente por mujeres y abiertas a la sociedad culta y acomodada. Compiten con las academias, pero con la importante desventaja frente a éstas de no tener recursos propios, tales como revistas o boletines donde publicar y difundir sus aportaciones.

Las mujeres actuaban realmente como mecenas de los jóvenes talentos promocionándoles en sus carreras y para que accedieran como miembros de las academias. Sin embargo, ellas mismas no tenían poder para ser elegidas.

Los salones de Mm. **Goeffein**, Mm. **Helvétius**, Mm. **Rochefoucauld** y Mm. **Lavoisier** se caracterizaron por su importante dedicación a la discusión científica.

Este carácter informal de la cultura intelectual deja un espacio a algunas mujeres para la participación científica. Sin embargo, cuando la Ciencia pasa a depender de las instituciones públicas, las mujeres se quedan en la periferia, y aunque contribuyen a su desarrollo, su participación no es legitimada.

## Margaret Cavendish y la Real Sociedad de Londres

---

Margaret Cavendish (1623-1673) nace en el seno de una rica familia inglesa. Como

consecuencia de la guerra civil se tiene que exiliar. En París se casa con William Cavendish, duque de Newcastle, con el que tuvo ocho hijos e hijas, entrando a formar parte de este selecto círculo intelectual. Allí establece su *salón científico*, al que asisten, entre otros, Descartes y Gassendi.

Escribió amplia y prolíficamente sobre Filosofía Natural, incluyendo temas tales como: la materia y el movimiento, la existencia del vacío, la naturaleza del magnetismo, el origen de la vida, el calor y el fuego. Envía sus libros a personalidades científicas y a algunas universidades como las de Oxford y Cambridge, donde fueron rechazados no por sus opiniones, que no era más absurdas que las de sus contemporáneos mantenidas como válidas,



sino por considerarlas un plagio, ya que “ninguna mujer podría entender tan duras palabras”.

Elaboró su propia teoría atómica, que era el resultado de la unión de las ideas atomistas inglesas y de las tomadas de Gassendi y Descartes. Cuando decidió estudiar a otros científicos —Descartes, Hobbes, Henry More y Van Helmont— estuvo en desacuerdo con ellos. Esta particular posición es debida en parte a su personalidad un tanto excéntrica y en parte a su falta de preparación al no haber tenido acceso a la educación formal.

Después de una larga lucha tratando de ser reconocida por la comunidad científica masculina, en 1667 la Real Sociedad de Londres abrió sus puertas a Margaret Cavendish. Finalmente, pudo ver a Robert Boyle y Robert Hook pesando aire, disolviendo lana en ácido sulfúrico y otros experimentos.

Sus principales obras son: *Cartas filosóficas*, *Observaciones sobre la filosofía experimental* y *Bases de la filosofía natural*, en las que mantiene una concepción de la Naturaleza eminentemente materialista, separando la filosofía de la religión.

Luchó por la educación de las mujeres y popularizó las teorías científicas más significativas de la revolución científica.

## Lady Mary Montagu: precursora de la vacuna

---

Mary Montagu (1689-1762), hija del duque de Kingston, se quedó sin madre siendo muy

joven y se formó utilizando la biblioteca de su padre.

Introduce la inoculación contra la viruela en Europa, que ya era conocida desde la antigüedad en la India, China y Oriente Medio, contribuyendo así a sentar las bases para la teoría de los gérmenes de la enfermedad y la introducción de la vacuna como medida preventiva frente a las enfermedades.

Vivió en Constantinopla con su marido, que era el embajador de Inglaterra en Turquía. Allí aprendió la técnica de la inmunización consistente en inocular, con una aguja, pus de las pústulas de las personas infectadas en otras sanas. La viruela resultaba fatal en un 2-3% de los casos con la inoculación, frente a un 20-30% de muertes sin la misma.

Cuando volvió a Inglaterra vacunó a su hija y experimentó con prisioneros condenados



a muerte y huérfanos. Con la ayuda de la princesa de Gales su práctica se extendió a pesar de la oposición de la Iglesia y de la profesión médica.

Fue una activa y abierta defensora de *los derechos de las mujeres, lo que le mereció el calificativo de tener "una lengua como una víbora y una pluma como una navaja"*.

A los cuarenta y siete años se enamoró del escritor científico Francisco Algarotti, de veinticuatro años, se separó de su marido y se fue con el escritor a Italia. Algarotti se trasladó a Berlín, a la Corte de Federico el Grande, y ella permaneció en Venecia, donde estableció un salón en el Gran Canal. Desde allí escribe a su hija explicándole las razones que la mantenían en aquel país, donde una mujer culta no era considerada ridícula, en el que las grandes familias están orgullosas de tener hijas cultas y donde se puede ser profesora en la Universidad, como **María Agnesi**, que era catedrática en Bolonia.

## La Física newtoniana entra en el continente: Emilie du Châtelet

Las teorías de Newton fueron lentamente aceptadas en el continente europeo. En la Academia Real de las Ciencias de París resultaban sospechosas, y hasta bien entrado el siglo XVII no se admite ningún trabajo newtoniano en ella.

Gabrielle-Emilie le Ternelier de Breteuil, marquesa de Châtelet (1706-49),

está entre las primeras personas que popularizaron la física de Newton y la filosofía natural vitalística de Leibniz. Contribuyó a la expansión de la revolución científica rompiendo la resistencia europea continental al orden cósmico propuesto por Newton frente a la teoría cartesiana. Sus trabajos científicos quedaron oscurecidos y ocultados al dar más relevancia a su relación con el poeta, historiador y filósofo Voltaire.

Mm. Châtelet recibió una esmerada educación y se benefició de un ambiente familiar culto. Desde su infancia su padre se ocupó de que recibiera clases de Matemáticas y Metafísica.

Más tarde, su posición social le permitió tener como tutores a importantes científicos. Con ellos aprendió Álgebra y la Física de Newton.

En los comienzos de la sociedad de los cafés de París, hacia el año 1730, no se permitía la entrada a los mismos de las mujeres, a excepción de las cortesanas. Emilie se disfrazaba de hombre para asistir a las discusiones científicas y filosóficas, penetrando de esta forma en los círculos masculinos.

Cuando, en 1733, conoció a Voltaire se refugió con él en el castillo de Cirey, que su marido tenía en el Ducado independiente de Lorena, convirtiéndolo en un gran laboratorio con bombas de aire, hornos, telescopios, microscopios y demás aparatos científicos y dotándole de una gran biblioteca. Pronto se convirtió en el centro francés de la nueva física.

newtoniana, a la que asistían los científicos relevantes de la época —Maupertuis, Algarotti, Fontenelle, Bernuilli— y desde donde se establecieron contactos con las Academias de Berlín, Escandinavia y Rusia.

En Cirey, Emilie de Châtelet comienza sus estudios sistemáticos de Metafísica, Ética y Matemáticas. Voltaire, que había conocido los trabajos de Newton durante su exilio en Inglaterra, le presentó a Maupertuis, defensor de las ideas newtonianas frente a las de Descartes, quien accede a convertirse en su tutor.

*Elementos de la Filosofía de Newton* fue escrito por Voltaire con el asesoramiento de Châtelet, aunque se publicó con el nombre de aquél, quien, no obstante, manifestó que la mayor contribución se debía a Emilie, “lady Newton”, como la llamaba.

La discrepancia de ideas entre ambos les llevó a presentar trabajos separados al premio promovido por la Academia Real de las Ciencias sobre la naturaleza del fuego y el calor. La Química en aquella época era una ciencia menos desarrollada que la Física, y la explicación mecanicista de fenómenos como el fuego y la combustión resultaba problemática. No se sabía si era una sustancia material o algo distinto que se regía por sus propias leyes diferentes a las de la Física. Emilie llegó a la conclusión de que la luz y el calor eran la misma sustancia, diferenciándose entre sí porque el movimiento de las partículas era distinto en cada caso: se movían en línea recta en el caso de la luz e irregularmente en el calor. Los diversos colores de la luz emitían

cantidades de calor diferentes. Ni Voltaire ni Châtelet ganaron el premio, pero Voltaire se las ingenió para que su trabajo apareciera junto con los ganadores en los Anales de la Academia.

*Instituciones de la Física*, que inicialmente fue pensado como un libro sobre los *Principia* de Newton para la educación de su hijo, fue escrito por Châtelet en secreto y posteriormente publicado como anónimo. Es un tratado que resultó controvertido desde el principio al tratar de reconciliar la metafísica de Leibniz —*las fuerzas vivas*— con las ideas de Newton, sistemas incompatibles en aquel momento, basándose en su idea de que una ciencia empírica necesita una fundamentación filosófica que explique no sólo el *cómo*, sino el *por qué* de los fenómenos. En él se incluye el desarrollo histórico de la Física resumiendo casi toda la ciencia y filosofía del xvii. Koenig, tutor de Châtelet y Voltaire, descubrió su secreto y se dedicó a difundir que aquella lo había escrito bajo su dictado. Finalmente, y tras larga disputa en la que Voltaire y Maupertuis salen en defensa de su autora, se restableció la verdad.

En 1744 publica una versión revisada de su *Disertación sobre la naturaleza y la propagación del fuego*.

Su traducción de los *Principia Mathematica* de Newton al francés, completada en 1759, se acompaña de comentarios propios. Es la obra por la que más se recuerda a Châtelet y de los pocos trabajos que llevan su nombre. Voltaire escribe en el prólogo de la obra: “Se han visto dos prodigios: uno, que

Newton ha hecho esta obra; el otro, que una dama la ha traducido y esclarecido.”

Francesco Algarotti, poeta italiano y discípulo de Newton, consultó a la marquesa para escribir *Il newtonianismo per le dame*.

Emilie de Châtelet muere de fiebres puerperales a los cuarenta y dos años.

## Marie Lavoisier y el nacimiento de la Química moderna

*El siglo XVIII presenció el resurgir de la ciencia química a partir de las doctrinas de la antigua alquimia y de la iatroquímica, que había resurgido en el siglo XVIII en Alemania con la teoría del flogisto.*

El flogisto era considerado el componente esencial de todos los cuerpos combustibles, de los que escapaba cuando se quemaban dejando un residuo sólido. La recuperación del flogisto como producto de la combustión era la tarea en que estaban empeñados los químicos más conocidos del siglo XVIII: Black, Cavendish y Priestley, en Inglaterra, y Lavoisier, en Francia.

En 1783, Lavoisier anuncia su nueva teoría que revolucionaría la Química al establecer que la combustión y la oxidación son combinaciones químicas que tienen lugar entre un gas que llamó oxígeno (formador de ácidos) y una sustancia combustible, y no por medio del flogisto.

Marie Lavoisier (1758-1836) se educó en un convento hasta que se casó a los catorce

años con Antoine Lavoisier, que a sus veintiocho años era ya un químico establecido, haciéndose a la vez cargo de la educación de su esposa. Marie aprendió latín e inglés para traducir importantes tratados de química. Tradujo al francés trabajos de los ingleses Joseph Priestley y Henry Cavendish, así como *Ensayo sobre el flogisto*, de Richard Kirwan.

Marie convirtió su casa en un lugar de encuentro al que acudían las figuras científicas más relevantes de la época.

La contribución de Marie al desarrollo de la Química es inseparable de la de su marido. Realiza con él los experimentos, lleva los cuadernos del laboratorio y la correspondencia científica.

Con el trabajo de Antoine y Marie Lavoisier la Química se une a la revolución científica. Conjuntamente llevaron a cabo la transición fundamental de la Química, reemplazando la alquimia por principios científicos sistemáticos.

Establecen la ley de la conservación de la materia. Hacen importantes estudios del metabolismo animal y demuestran que la respiración es una reacción de combustión, acabando con las teorías vitalistas de Leibniz y Anne Conway.

*El Tratado de Química* es el primer texto de química moderna en el que se define el término “elemento”, se dan nombre a los 23 elementos conocidos que son considerados básicos para las reacciones químicas. El libro es ilustrado por Marie con grabados y acuarelas, muchas de las cuales

son representaciones minuciosas de los aparatos empleados en la experimentación.

En 1794, Antoine es guillotinado, mientras Marie tiene que huir y es hecha prisionera. Una vez recuperada la libertad y las posesiones confiscadas, completa la obra que había iniciado su marido, *Memorias de la Química*, que se publica en 1805 bajo el nombre de aquél.

Marie Lavoisier convirtió de nuevo su casa en un lugar de encuentro una vez restablecida la normalidad política en Francia. En su salón científico participaron personas relevantes en el mundo científico de la época, como Benjamín Thompson y el conde de Rumford, con quien se casó en 1805.

## Las mujeres científicas en las universidades italianas

Las universidades italianas, siguiendo la tradición medieval, admiten a mujeres en sus claustros, a diferencia de las restantes universidades europeas.

### **Elena Cornaro Piscopia**

Elena Cornaro Piscopia (1646-1684) es la primera mujer que recibe un doctorado, aunque se doctoró en Filosofía y no en Teología como ella quería. Fue profesora de Matemáticas en la Universidad de Padua.

### **Laura María Catarina Bassi**

Laura Bassi (1711-1778) nació en Bolonia y estudió Matemáticas, Filosofía,

Anatomía, Historia Natural y Lenguas con un profesor de la Facultad de Medicina de Bolonia.

En 1738 se casó con un médico, Giuseppe Veratti, y tuvo doce hijas e hijos.

Recibió el doctorado en Filosofía por la Universidad de Bolonia y fue la primera mujer catedrática, ocupando la cátedra de Física de dicha Universidad, en la que enseñó Física experimental hasta su muerte.

Publicó numerosos trabajos de Física newtoniana y cartesiana. Por sus trabajos en mecánica e hidráulica —*Sobre la compresión del aire, Las burbujas observadas en los fluidos que se mueven libremente, Las burbujas de aire que escapan de los fluidos*— llegó a la Academia de Ciencias de Bolonia. También inventó artefactos para experimentar con electricidad.

### **María Gaetana Agnesi**

María Agnesi (1718-1799) era hija de un profesor de Matemáticas de la Universidad de Bolonia. Siendo aún muy joven quiso entrar en un convento, pero su padre se opuso. Consciente de la inteligencia excepcional de su hija, le buscó como tutor a un profesor de Matemáticas de la Universidad de Pavía.

Nació en Milán y a los once años dominaba siete lenguas: italiano, español, latín, griego, francés, hebreo y alemán. Sus conocimientos académicos abarcaban un amplio espectro e incluían lógica, física, mineralogía, botánica, zoología y ontología. A los diecisiete años escribió un comentario sobre el análisis de las secciones cónicas del marqués de l'Hospital. Publicó una colección de

190 ensayos de filosofía, lógica, mecánica, elasticidad, mecánicas celestes y sobre la teoría de Newton de la gravitación universal, recogido bajo el título *Propositiones philosophicae*, cuando sólo contaba veinte años.

Su trabajo más conocido es *Instituzioni analitiche ad uso de la gioventú*, en el que se recogen los nuevos conocimientos matemáticos —álgebra y geometría, cálculo integral y diferencial—. Es un texto concebido para la educación de sus hermanos y hermanas, que están a su cargo tras la muerte de su madre. Se publicó en Milán en 1748 y fue ampliamente traducido. En este mismo año entró a formar parte de la Academia de Ciencias de Bolonia.

A la muerte de su padre es nombrada por el Papa para ocupar la cátedra de Matemáticas y Filosofía Natural, dejada vacante por aquél.

### **Anna Morandi Mazolini**

Anna Morandi (1716-1774) comenzó estudiando Anatomía para ayudar a su marido, que era catedrático de Anatomía en la Universidad de Bolonia. Con este fin realizó gran número de modelos anatómicos en cera para ser utilizados en las clases.

No aceptó la cátedra de Anatomía de Milán, que le fue ofrecida por sus originales descubrimientos. En cambio ocupó la cátedra de Anatomía de la Universidad de Bolonia, de la que era titular su marido, cuando éste murió.



### **Lucía Galvani**

No siempre los descubrimientos científicos se han hecho, o se siguen haciendo, por una sola persona. Hay muchas otras que participan en esta tarea y que no llegan a ser reconocidas públicamente, permaneciendo en la oscuridad. Tal es el caso de Lucía Galvani.

Lucía y Luigi Galvani descubrieron *la electricidad animal* en 1780, sentando las bases para el posterior descubrimiento de la pila eléctrica.

Lucía, que preparaba las ancas de rana para las clases de anatomía de su marido,

pudo comprobar cómo, a veces, las patas de la rana muerta se contraían ligeramente al tiempo que se producía una chispa. Reproduce el fenómeno sucesivas veces hasta llegar a confirmar que se originaba al tocar los

nervios motores con el escalpelo. Posteriormente comunica el hallazgo a su marido, quien tras estudiarlo detenidamente llega a la conclusión de que se debe a un fenómeno eléctrico.

El trabajo científico se va especializando y compartimentando, dando lugar al surgimiento de nuevas ramas del saber

## El siglo XIX: el fin de la Ciencia amateur

En el siglo XIX se consolida la institucionalización de la Ciencia, como consecuencia de haberse hecho imprescindible para la industria y para la guerra. La Ciencia pasa progresivamente de ser una tarea de amateur a ser un trabajo de profesionales con salario.

El trabajo científico se va especializando y compartimentando, dando lugar al surgimiento de nuevas ramas del saber. A mediados del siglo se produce la escisión entre Ciencias y Humanidades, con la consiguiente jerarquización del conocimiento, tan característico de nuestro tiempo.

Francia adquiere el papel preponderante en el desarrollo científico que ha de conservar a lo largo de la centuria. Se crean nuevas instituciones para la formación científica y la investigación. La Escuela Normal Superior, la Escuela de Medicina y la Escuela Politécnica de París ofrecen nuevas oportunidades a los jóvenes para dedicarse a la Ciencia. No así para las jóvenes, que siguen estando excluidas de la educación formal superior (la Escuela Politécnica no admite mujeres hasta 1972).

### Sophie Germain: "premio extraordinario" de la Academia

Sophie Germain (1776-1831) nació en una familia burguesa en París. Desde pequeña se

refugió de los tumultos revolucionarios en la biblioteca de su padre. Leyendo la biografía de Arquímedes, a los trece años, comienza a interesarse por las matemáticas. Aprendió matemáticas, latín y griego, lo que le permitió poder leer a Newton y los trabajos matemáticos de Euler en latín. Más tarde estudia los trabajos matemáticos de Bezout, Legendre y Cousin y continúa aprendiendo cálculo diferencial ella sola, a pesar de la oposición de la familia, que no considera esta tarea propia de una jovencita.

Siguió cursos por correspondencia —estudió química con Fourcroy y análisis con Lagrange— al no serle permitido asistir a la Escuela Politécnica por ser mujer. Envió un trabajo a Lagrange bajo el seudónimo de LeBlanc, "alumno de la Politécnica", para evitar ser ridiculizada como *mujer sabia*, que fue el comienzo de su fama e hizo que recibiera muchas ofertas como ayudante de matemáticas.

Inspirada por la teoría de los números de Karl Gauss, comenzó a estudiar esta rama de la alta aritmética. Gauss no le prestó demasiada atención, aunque reconocía su talento extraordinario.

En 1809 Pierre Laplace organiza, por encargo de Napoleón, el "premio extraordinario" del Instituto de Francia —sección de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Academia— sobre la vibración de las membranas elásticas. El premio se falló en 1816 y fue ganado por Sophie Germain en competencia con Simeón Poisson.

Realizó importantes contribuciones en acústica y electricidad. Desarrolló un modelo matemático para la vibración de las superficies elásticas por el que recibió el premio de la Academia de Ciencias de Francia, en 1816.

Sus publicaciones incluyen: *Conocimiento de los tiempos; Investigaciones sobre las superficies elásticas; Observaciones sobre la naturaleza, los límites y el entendimiento de las superficies elásticas*. Escribe además dos memorias finales, una sobre la curvatura de las superficies y otra sobre la teoría de los números, que se publicaron después de su muerte.

La elección de Joseph Fourier como secretario de la Academia de Ciencias permitió a Germain, debido a la amistad que le unía con él, asistir a las sesiones públicas de las cuatro Academias, incluido el Instituto de Francia. No obstante, la falta de educación formal siguió siendo una limitación importante para el desarrollo de su trabajo, que tuvo que realizar fuera de la comunidad científica y de forma autodidacta.

Los últimos años de su vida los pasó enferma de cáncer y escribió *Consideraciones generales sobre el estado de las ciencias y las letras en las diferentes épocas*, un ensayo sobre la unidad del pensamiento, en el que expone la teoría de la igualdad jerárquica entre las Ciencias y las Humanidades.

## Los orígenes del ordenador: Ada Lovelace

---

Augusta Ada Byron Lovelace (1815-1852) nació en Londres, donde pasó una infancia difícil. El matrimonio de su madre con el poeta inglés lord Byron duró sólo unos meses y la separación legal fue larga y costosa. Desde pequeña padecía migrañas y parálisis temporales, por lo que recibió un tratamiento a base de láudano (tintura de opio) que le creó dependencia de la droga, aunque posteriormente superó la adicción.

Lady Byron proporcionó a su hija una formación científica siguiendo su propia tradición. Ella misma había estudiado Matemáticas —álgebra y geometría— y Astronomía, lo que le mereció el calificativo de la "princesa de los paralelogramos" por parte de su esposo.

Ada Lovelace y Charles Babbage son reconocidos como precursores del moderno ordenador. Lovelace recibe clases de Babbage, profesor de Matemáticas de la Universidad de Cambridge, sobre su máquina diferencial.

Babbage pasó varias décadas gastando fondos públicos e incluso su fortuna privada sin conseguir construir la máquina analítica, artefacto mucho más sofisticado que la máquina diferencial. Ésta podría sumar, restar, multiplicar y dividir directamente y ser programada con tarjetas. Hoy sería considerada un ordenador digital.

Lovelace contribuyó a la programación de la máquina analítica y diseñó varios

programas para realizar cálculos matemáticos avanzados. Hizo predicciones relativas a las aplicaciones de la máquina analítica (incluida la composición de música) y llegó a determinar algunos de los problemas que podrían surgir en el manejo de tal máquina.

Creyó que sería un método infalible en las apuestas de las carreras de caballos. Pero sus desastrosos fallos la llevarían, a ella y a su marido, a la bancarrota y a poner en entredicho su reputación. El problema estaba en que el diseño de la máquina analítica era avanzado para la ingeniería de la época. Este desastre hace que queme sus trabajos, los cuales firmaban sólo con sus iniciales porque no estaba bien considerado que tales tareas las realizara una mujer de la nobleza.

Su matrimonio con el conde de Lovelace le permitió el acceso a los libros y publicaciones científicas. Cuando su marido entró a formar parte de la Real Sociedad los copiaba para ella, ya que Ada nunca obtuvo permiso para usar directamente la biblioteca.

## Sonia Kovalevskaja: la primera mujer en la Academia de Ciencias de Rusia

---

Sofia Kovalevskaja (1850-1891), más conocida con el nombre de Sonia Kovalevski, nació en Moscú, en una familia perteneciente a la nobleza rusa en la que existía un gran interés por la Ciencia. Su abuelo materno era un eminente matemático y

astrónomo alemán y su madre recibió una buena educación.

El interés de Sonia por las matemáticas surgió tratando de descifrar las fórmulas y los textos de las hojas de cálculo integral y diferencial con que fue empapelada su habitación en su casa de Bielorrusia. Cuando comenzó las clases de Matemáticas con un tutor estaba ya familiarizada con las notaciones y fórmulas matemáticas avanzadas.

En esa época la Universidad de San Petersburgo estaba cerrada a las mujeres y para estudiar en el extranjero tenían que estar casadas o tener permiso paterno para conseguir el pasaporte. Era común en los círculos de estudiantes radicales celebrar matrimonios de conveniencia para estudiar fuera del país. Sonia era joven para casarse, pero su padre accedió a su matrimonio con Vladimir Kovalevski, que supuestamente estudiaba Derecho, pero en realidad se dedicaba a traducir a Darwin, Thomas Huxley y otros. La pareja se traslada a Inglaterra, donde tienen la oportunidad de conocer a Darwin, Huxley, George Eliot y Herbert Spencer.

A partir de aquí la vida de Sonia se convierte en un ir y venir por diferentes universidades europeas tratando de ser admitida en alguna de ellas. Finalmente, en Heidelberg consiguió un permiso especial para estudiar Física y Matemáticas.

Más tarde se trasladó a Berlín para estudiar con Weierstrass análisis matemático. Como no podía asistir a las clases recurrió a él personalmente y éste le encargaba problemas

difíciles para librarse de ella. Finalmente, impresionado por sus soluciones, ejerció como tutor suyo durante cuatro años. Llegaron a ser grandes colegas, y Weierstrass consiguió que ella pudiera usar la biblioteca de la universidad.

Una vez finalizada su tesis doctoral vuelve a tener dificultades para su presentación. Por fin, Weierstrass consigue que sea aceptada *in absentia* en la Universidad de Göttingen su disertación sobre *La teoría de las ecuaciones diferenciales parciales*, que incluye el famoso teorema Cauchy-Kovalevski.

Sus trabajos posteriores incluyen estudios sobre los anillos de Saturno y sobre funciones elípticas. *Sobre la reducción de ciertas clases de integrales abelianas de tercer grado a integrales elípticas* es un trabajo publicado en *Acta Matemática* en 1884.

Como ninguna universidad europea aceptaba a una mujer doctora en Matemáticas, ni tampoco el Ministerio de Educación ruso le permitió enseñar, abandonó las Matemáticas y se dedicó a comentarista de teatro y ciencia para un periódico. En Francia, Suecia y Rusia escribió novelas, artículos de prensa y poemas.

Más tarde volvió a las Matemáticas y en 1883 publicó su trabajo *Sobre la propagación de la luz en medios cristalinos*.

En 1888 recibió el mayor galardón de la Academia Francesa, el Premio Bordin, por la solución del problema de la rotación de un sólido rígido sobre un punto fijo, que no había sido resuelto inicialmente ni por Euler, ni por Lagrange, ni por Poisson.

Fue profesora de Matemáticas y Mecánica en la Universidad de Estocolmo y finalmente admitida en la Academia Imperial de Ciencias de Rusia, siendo la primera mujer que consigue este puesto.

Como dato curioso vale la pena recordar que la brillantez matemática de Sofía hizo que su cerebro fuera utilizado en la controversia sobre las diferentes capacidades de mujeres y hombres del siglo XIX. Su cerebro fue conservado en alcohol durante cuatro años, al cabo de los cuales fue pesado para compararlo con el de su contemporáneo Hermann von Helmholtz. El cerebro de Kovalevskaja pesó 1.385 gramos y el de Von Helmholtz 1.440 gramos. Comparado el peso del cerebro en relación con el peso corporal, el de aquella era mayor que el de éste, lo que contribuyó a que la técnica de comparar los pesos cerebrales masculinos y femeninos como medida de las diferencias intelectuales fuera abandonada.

## El fin de la ciencia amateur: Mary Somerville

---

Mary Somerville (1780-1872) estudió en un internado en Escocia y después en un taller de costura. No le gustaba la escuela, y como se aburría se dedicó a observar las estrellas por la noche y a aprender latín por su cuenta, lo que, más tarde, le permitió estudiar *Los elementos* de Euclides.

El álgebra la descubrió en los puzzles de revistas femeninas. Aunque en su casa



trataban de persuadirle de lo aberrante que eran tales actividades para una mujer y le apagaban la luz por la noche, ella memorizaba los libros y resolvía los problemas mentalmente.

Su interés por la ciencia es fomentado y estimulado por un tío suyo, el doctor Somerville, que le inspiró con sus historias sobre las grandes mujeres cultas del mundo antiguo.

Casada con un capitán de navío ruso, se quedó viuda tres años después, con dos hijos. Pero no abandonó la afición por las Matemáticas, llegando a ganar una medalla de plata por su solución de un problema sobre las ecuaciones

diofantinas convocado por una revista de Matemáticas.

Mary se casó de nuevo con un primo suyo, William Somerville, miembro de la Real Sociedad de Londres, lo que le dio acceso a la biblioteca de dicha institución y la oportunidad de conocer a muchos científicos. Fue consejera de Ada Lovelace y visitó el observatorio de los Herschel.

A partir de aquí, M. Somerville emprende estudios científicos en profundidad. Su marido recopiló y editó sus manuscritos, mientras ella estudiaba geología y griego; después, botánica, meteorología, astronomía, altas matemáticas y física. Desarrolló una extraordinaria actividad estudiando, escribiendo y realizando experimentos, a la vez que se ocupaba de sus seis hijas e hijos.

Tradujo *La mecánica celeste* de Laplace al inglés e incluyó las matemáticas básicas para comprenderla, así como una historia sobre el tema y explicaciones con dibujos propios, diagramas, derivaciones y pruebas matemáticas, que permaneció como un texto modélico de alta matemática durante todo el siglo.

En el trabajo *Sobre la conexión de las ciencias físicas* enfatiza la interdependencia de las diferentes ramas de la Ciencia: astronomía, física, mecánica, magnetismo, electricidad, calor, sonido y óptica.

*Ciencias Físicas* es un trabajo descriptivo para hacer más familiares a las mujeres las leyes que gobiernan el mundo. Fue editado diez veces en cuarenta años, traducido

al francés, alemán e italiano y modificado sucesivamente —especialmente la electricidad y el magnetismo, temas relevantes en el siglo XIX—. El autor de la crítica del libro acuñó la palabra *científico/a* para designar a quienes estudian el mundo material colectivamente, frente al término anterior *filósofo/a*.

El libro de mayor éxito fue *Geografía Física*. En él describe la tierra, el mar, el aire y sus habitantes, la distribución de estos seres organizados y sus causas. Incluye sus puntos de vista políticos sobre la esclavitud, los conflictos de clase y las desigualdades entre las personas. Defendió con especial énfasis la educación literaria y científica de las mujeres. Fue una de las primeras firmantes de la petición del voto femenino promovida por John Stuart Mill.

Cuanto tenía ochenta y nueve años publicó el último libro, *Sobre la ciencia molecular y microscópica*, que incluye la teoría atómica, el espectro solar y un catálogo de

planetas. Un segundo volumen trata sobre los animales.

Escribió sobre varios aspectos de la Ciencia y realizó diversos experimentos, en contra de las actitudes de la época, que permitían a las mujeres estudiar botánica y describir experimentos, pero no realizarlos al considerar que estaban más allá de sus capacidades.

Recibió numerosos honores de varias Academias en diferentes países, pero no fue admitida en la Universidad de Cambridge, donde no entraron mujeres hasta el año 1948. Ella y Caroline Herschel fueron las primeras mujeres admitidas como honorarias en la Real Sociedad.

A su muerte, *The London Post* dijo de ella que era “la reina de las ciencias del siglo XIX”, y la Real Sociedad de Londres votó unánimemente la colocación de un busto suyo en su sede.

La actividad científica individual, basada en los recursos propios característica de la época anterior, ha dejado de existir

## El siglo xx: la especialización científica

Ya a finales del siglo xix la Ciencia había adquirido tal complejidad, que progresivamente, a lo largo del siglo xx, se fue imponiendo la especialización hasta llegar a la situación actual de la "superespecialización". Ya no se puede hablar simplemente de física o biología, existen multitud de nuevas subdivisiones (física nuclear, genética, biología molecular, bioquímica, etc.).

Si en el siglo xix se había producido la acuñación del término *científico/a*, como vimos anteriormente, en el siglo xx podríamos decir que este término es sustituido por los de *genetista*, *físico/a nuclear*, *bioquímico/a*, etc.

La nueva dimensión científica del presente siglo viene determinada no sólo por el crecimiento cuantitativo —en lo que va de siglo se han realizado más trabajos científicos que en toda la historia anterior—, sino también por los cambios cualitativos que ha llevado consigo. La estructura, las instituciones científicas cambian irrevocablemente. Por último, se consolida el compromiso explícito de la Ciencia con el desarrollo económico, industrial y militar del mundo contemporáneo.

La actividad científica individual, basada en los recursos propios característica de la época anterior, ha dejado de existir. Actualmente la investigación científica se realiza en las universidades, en la industria y en los centros de investigación estatales.

En el siglo xx las mujeres contribuyen al desarrollo de los diferentes campos de la Ciencia: Física, Química, Biología, etc. Entre todas ellas seleccionamos a continuación algunas de las más relevantes.

**Marie Curie** (1867-1934), química-física polaco-francesa

María Sklodowska nació en Polonia. En 1891 se va a París para estudiar en la Universidad de la Sorbona, donde conoció al que más tarde sería su esposo, Pierre Curie, con el que tuvo dos hijas: Irene y Eva. La primera fue también Premio Nobel.

Se licenció en Ciencias Físicas en 1893 y en 1894 en Ciencias Químicas, consiguiendo el doctorado en Física en 1903.

Sus investigaciones sobre la naturaleza de las radiaciones emitidas por el uranio, que habían sido descubiertas por Becquerel, le llevaron a la conclusión de que la capacidad de emitir radiaciones era una propiedad atómica. A este proceso Marie le dio el nombre de radiactividad.

Pierre, que había descubierto la piroelectricidad, abandonó sus investigaciones para unirse a Marie en el estudio de la radiactividad. Conjuntamente descubren dos nuevos elementos radiactivos: primero el polonio, y más tarde el radio.

Marie y Pierre Curie reciben, junto con Becquerel, el Premio Nobel de Física por sus estudios sobre radiactividad en 1903.

En 1904, *Pierre ocupa la cátedra de Física de la Sorbona* y al año siguiente es elegido miembro de la Academia.

A la muerte de su marido, en 1906, ocupó su lugar en la cátedra de Física de la Facultad de Ciencias con la categoría de profesora asistente, convirtiéndose en la *primera mujer que enseñó en la Sorbona*. Dos años después consiguió ser profesora titular.

El Premio Nobel de Química lo recibe Marie por el descubrimiento del polonio y el radio, en 1911, siendo la única persona que ha recibido dos veces el Premio Nobel en Ciencias.

En este mismo año presentó su candidatura a la Academia Francesa de Ciencias, siendo rechazada por un voto de diferencia, debido a lo cual Marie decidió no volverse a presentar.

Durante la Primera Guerra Mundial fue nombrada directora del Servicio de Radiología de la Cruz Roja, cuyo equipamiento había sido diseñado por ella, para intervenir en el campo de batalla, donde trabajó con su hija Irene. Posteriormente, ambas crearon una escuela para formar a las mujeres en la técnica de los rayos X.

Las consecuencias de la guerra y la falta de radio dificultaron sus trabajos de investigación, por lo que Marie Melony, una periodista americana, organizó una campaña entre las mujeres de su país para recoger fondos y conseguir equipar el Instituto Marie Sklodowska Curie.

Como consecuencia de las radiaciones

a que había estado expuesta en su trabajo, murió de leucemia.

**Henrietta Swan Leavitt** (1868-1921),  
astrónoma norteamericana

Nació en Massachusetts y estudió Astronomía en la Universidad de Harvard. Formó parte del equipo de investigación del Observatorio de dicha universidad, donde dirigió el Departamento de Fotometría Fotográfica.

A partir de las observaciones hechas respecto a la variación de la luminosidad de las cefeidas, estrellas de la constelación de Cefeo, descubrió un método para determinar grandes distancias estelares, que amplió la posibilidad de conocer el universo. Éste se basa en la relación directa entre el período de pulsación de una estrella y el brillo de la misma.

**Lise Meitner** (1878-1968), física  
nuclear austro-sueca

Lise Meitner nació en Viena y en 1907 se trasladó a Berlín para trabajar como ayudante de Max Plank. Posteriormente mantuvo una estrecha colaboración con Otto Hahn, que continuó a lo largo de treinta años. Durante este tiempo descubrieron un nuevo elemento, el protactinio, y la fisión nuclear del *uranio al ser bombardeado con neutrones*.

Meitner era judía, por lo que en 1938 tuvo que exiliarse a Suecia huyendo de la persecución nazi, y adquirió la nacionalidad sueca en 1949. Allí publica el primer artículo sobre el descubrimiento de la fisión nuclear, de cuyo fenómeno no estaba muy convencido

todavía Otto Hahn. Éste, sin embargo, recibe el Premio Nobel en 1944 por el descubrimiento de dicho fenómeno.

En 1949, Lise es elegida para formar parte de la Academia de Ciencias de Berlín, siendo la primera vez que una mujer forma parte de la misma desde su fundación en el año 1700. Es también la primera mujer que recibe el Premio Fermi de la Comisión de Energía Atómica norteamericana.

**Ida Eva Tacke Noddack**, química alemana

Ida Tacke nació en Westfalia en 1896. En la Universidad de Berlín conoció a Walter Noddack, que trabajaba en su mismo equipo de investigación, con quien se casó. Conjuntamente descubren un nuevo elemento: el renio.

**Gerty Theresa Cori** (1896-1957), bioquímica checo-norteamericana

Gerty Theresa Cori y su esposo, Carl Cori, reciben el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1947 por el estudio de la síntesis y degradación del glicógeno en el cuerpo humano.

**Irene Joliot-Curie** (1897-1956), física francesa

Irene Joliot es la hija mayor de Marie y Pierre Curie. Se casó con Frederic Joliot, que, como ella, trabaja de ayudante de su madre.

Frederic añadió el apellido Curie al suyo propio con el fin de preservar un apellido famoso para la Ciencia.

La pareja Joliot-Curie estuvo a punto de descubrir primero el neutrón y más tarde el positrón, pero en ambos casos llegaron tarde. Finalmente, descubrieron *la radiactividad artificial*, bombardeando aluminio con partículas alfa, lo que dio lugar a la preparación de isótopos radiactivos artificiales de tanta utilidad en la medicina, la investigación y la industria. Por este descubrimiento reciben el Premio Nobel de Química en 1935.

Durante la ocupación de Francia colaboraron con la Resistencia francesa contra Hitler y su actividad política continuó después de la Segunda Guerra Mundial. En 1954 la American Chemical Society no aceptó la entrada de Irene por sus ideas políticas.

Murió de leucemia, igual que su madre, como consecuencia del trabajo con material radiactivo.

**Barbara McClintock**, bióloga norteamericana

Barbara McClintock nació en Estados Unidos en 1901.

Estudiando los granos del maíz descubre que los cromosomas son el soporte de la herencia. Estableció la existencia de los genes reguladores diez años antes de que lo hicieran Jacob y Monod.

Barbara se adelantó veinte años con su descubrimiento de la "transposición" de los elementos genéticos de un lugar a otro o incluso de un cromosoma a otro. Su descubrimiento sólo fue aceptado cuando se dispuso de medios técnicos más avanzados y



se confirmó la existencia de “genes saltadores” o “transposones” en las bacterias.

El trabajo de McClintock es finalmente reconocido y recompensado con la concesión del Premio Nobel en Fisiología y Medicina, en 1983.

**Kathlenn Lonsdale** (1903-1971),  
física inglesa

Trabajó en el equipo de W. H. Braggen, que se ocupaba de la determinación de las estructuras cristalinas de los compuestos orgánicos por medio de los rayos X.

Descubre la estructura hexagonal del benceno.

Publica las *Tablas internacionales de cristalografía por rayos X* y otro trabajo bajo el título de *Cristales y rayos X*.

Es la primera mujer admitida de pleno derecho en la Real Sociedad de Londres, hecho que tiene lugar en 1945.

**María Goeppert Mayer** (1906-72),  
física germano-americana

Nació en Katowice, Alta Silesia, que entonces pertenecía a Alemania. Estudió Matemáticas en la Universidad de Göttingen y se especializó en Mecánica Cuántica. Una vez finalizado el doctorado se casó con el químico-físico Joseph Mayer y se trasladó a vivir a Estados Unidos, iniciando sus investigaciones en el campo de la Física Nuclear.

Recibió el Premio Nobel de Física, conjuntamente con J. Jensen y E. Wigner, en 1963, por sus trabajos sobre la estructura del núcleo atómico.

**Dorothy Crowfoot-Hodgkin**,  
química inglesa

Nació en 1910 en El Cairo (Egipto), donde residía la familia temporalmente. Se doctoró en la Universidad de Cambridge.

Sus investigaciones se centran en la determinación de las estructuras orgánicas por medio de la difracción de rayos X, para cuya resolución utilizó el ordenador por primera vez. La estructura de la penicilina pudo ser establecida finalmente gracias a esta técnica

La polémica en relación con la participación de Mileva Marić, primera esposa de Albert Einstein, en los trabajos de éste sigue en pie

introducida por Hodgkin. De forma similar se consiguió determinar la estructura de la vitamina B<sub>12</sub>.

Por todos estos trabajos recibió el Premio Nobel de Química en 1964.

**Rita Levi Montalcini**, neurobióloga italiana

Nació en Turín (Italia) en una familia judía. Desde la adolescencia pensó que su meta no era formar una familia: "La experiencia del papel subalterno que le esperaba a la mujer en una sociedad gestionada exclusivamente por los hombres me había llevado a la convicción de que yo no había nacido para ser esposa." Estudió Medicina en la Universidad de Turín. Comenzó sus trabajos con el tejido nervioso, que culminarían con el descubrimiento del Factor de Crecimiento Nervioso (NGF, Nerve Growth Factor).

Sus primeras investigaciones las realizó en la clandestinidad debido a la persecución desencadenada bajo el régimen de Mussolini. En 1946 se marchó a Estados Unidos para proseguir sus investigaciones en neurobiología experimental, cuyo resultado fue el descubrimiento del NGF en 1952.

En 1961 regresó a Italia y fundó el Laboratorio de Biología Celular en Roma, que permaneció bajo su dirección hasta el año 1979, fecha en la que se jubiló.

Por sus trabajos sobre los mecanismos que estimulan el crecimiento de las células nerviosas recibió el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1986.

**Rosalind Franklin** (1920-1958), bioquímica inglesa

Nació en Londres y estudió Química-Física en la Universidad de Cambridge.

Trabajó en la determinación de estructuras moleculares por rayos X en Londres y París. Mejoró la técnica fotográfica, por lo que pudo avanzar que la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico) era helicoidal. Estas fotografías fueron utilizadas por sus colegas, Maurice Wilkins, James Watson y Francis Crick, quienes finalmente demostraron la existencia de la doble hélice en el ADN y por ello recibieron el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1962, cuando ya R. Franklin había muerto.

Rosalind Franklin se dedicó también al estudio de los virus, entre ellos el virus de la poliomielitis.

No podemos acabar este breve resumen de las mujeres en la Historia de la Ciencia sin mencionar la polémica suscitada en relación con la participación de **Mileva Marić**, primera esposa de Albert Einstein, en los trabajos de éste.

La polémica surgió al salir a la luz aspectos desconocidos de la vida privada del que ha llegado a ser un mito para la Ciencia y que han comenzado a ser publicados bajo el título *The Collected Papers of Albert Einstein*. En dicha colección se incluyen cincuenta y una cartas escritas a Mileva durante el período comprendido entre 1897 y 1902, que también han sido traducidas al castellano (ver Bibliografía).

El inicio de la controversia se sitúa en la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de Ciencia (AAAS), celebrada en 1990, donde se puso en cuestión la paternidad exclusiva de los trabajos realizados durante su juventud y publicados posteriormente bajo el nombre de Albert Einstein, al existir pruebas documentales sobre la posible contribución de Mileva Marić, cuyos méritos científicos, se propuso, debían ser reconocidos.

Los documentos en cuestión son las citadas cartas de Albert a Mileva y un libro escrito en servocroata por Abram Joffe en 1950, muy poco conocido, en el que se manifiesta que en los manuscritos originales de esta época figuraba M. Marić como coautora. Estos manuscritos han desaparecido, y los trabajos aparecieron finalmente firmados sólo por A. Einstein. Estas últimas pruebas han sido aportadas por el investigador Senta Troemel-Ploetz, de la Sociedad de Investigación Alemana de Bonn. Otro defensor de la contribución de Marić es el físico estadounidense Evan Harris, que recoge numerosas citas de las referidas cartas; entre ellas cabe destacar la contenida en la número 25, fechada en Milán el 27 de marzo de 1901, en la que A. Einstein escribe:

“Qué feliz y orgulloso estaré cuando, juntos, hayamos culminado con éxito nuestro trabajo sobre el movimiento relativo. Cuando veo a otra gente es cuando me doy realmente cuenta de lo que vales.”

Por el contrario, John Stachel, director del Centro de Estudios sobre Einstein en la

Universidad de Boston, se opone al reconocimiento de la colaboración de Marić argumentando que Einstein estaba demasiado enamorado y en sus escritos refleja “la ampliación de las fronteras de su ego para incluir a su amada”.

De momento la polémica está servida y esperamos que las investigaciones prosigan para que finalmente se conozca cuál fue realmente la contribución científica de Marić, ya que parte de su vida sigue siendo un misterio.

### **Mileva Marić (1875-1948)**

Nació en Tiflis (Yugoslavia), entonces perteneciente a Hungría. Estudió en el Instituto Politécnico de Zurich (Suiza), donde conoció a Albert Einstein. Solamente cuatro mujeres antes que ella habían sido admitidas en esta prestigiosa institución, lo que hace pensar, según comenta Troemel-Ploetz, que Marić poseía un talento excepcional y su falta de reconocimiento se debe a la discriminación de las mujeres en el mundo científico.

En 1902 tuvo una hija, Lieserl, con A. Einstein, según se ha podido comprobar a través de la correspondencia mantenida entre ambos, ya que anteriormente no se tenía conocimiento de su existencia. Un año después se casaron y de este matrimonio nacieron dos hijos más; uno de ellos padeció esquizofrenia. La pareja se separó en 1914, aunque el divorcio no se produjo hasta 1919. En los acuerdos del divorcio se recoge que Marić recibiría las ganancias de los premios que Einstein pudiera conseguir, como así ocurrió en 1921, al ser

galardonado con el Nobel de Física y cuya cuantía fue entregada a su primera esposa. Éste es otro argumento utilizado a favor de la colaboración de Mileva Marić en los trabajos premiados.

Marić desaparece de la escena científica después de su matrimonio. A partir de este momento no hay prácticamente referencias suyas y numerosos interrogantes siguen abiertos. Se sabe que desde su separación vivió en Zurich, donde murió en 1948.

# Bibliografía

---

## Parte I

CAPEL, Rosa M. (1986): *El trabajo y la educación de la mujer en España*. Instituto de la Mujer. Madrid.

CRABBÉ, Brigitte; DELFOFFE, Marie Luce, *et al.* (1985): *Les femmes dans les livres scolaires*. Pierre Mandarga. Bruselas (Bélgica).

INSTITUTO DE LA MUJER (1990): *La Mujer en España. Situación social*. Madrid.

KELLY, Alison (1987): *Science for Girls?* Open University Press. Milton Keynes. England.

KLEIN, S. Susan (1985): *Handbook for Achieving Sex Equity through Education*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore & London.

LOPEZ-CORDÓN, M. Victoria (1982): "La situación de la mujer a finales del antiguo régimen (1760-1860)", en *Mujer y Sociedad*. Instituto de la Mujer. Madrid.

OCDE (1988): *La Educación de lo femenino*. Ed. Aliorna. Madrid.

SMAIL, Barbara (1991): *Cómo interesar a las chicas por las Ciencias*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

WHYTE, Judith; DEEM, Rose M., *et al.* (1985): *Girl Friendly Schooling*. Methuen. London.

WHYTE, Judith (1986): *Girls into Science and Technology*. Routledge & Kegan Paul. London.

## Parte II

ALIC, Margaret (1986): *Hypatia's Heritage*. The Women Press. London.

ASIMOV, Isaac (1973): *Enciclopedia biográfica de Ciencia y Tecnología*. Ed. Revista de Occidente. Madrid.

BERNAL, John D. (1967): *Historia social de la Ciencia*. Ed. Península. Barcelona.

CURIE, Eva (1937): *La vida heroica de Maria Curie*. Ed. Espasa-Calpe. Madrid.

GARDINER JANIK, Linda (1982): "Searching for the Metaphysics of Science: the Estructure and Composition of Madame du Châtelet's Institutions de Physique, 1737-1740", en

*Studies on Voltaire and the Eighteenth Century 201.* The Voltaire Foundation. Oxford.

KELLER, Evelyn F. (1984): *Seducida por lo vivo: Vida y obra de Barbara McClintock.* Ed. Fontalba. Barcelona.

EINSTEIN, Albert (1990): *Cartas a Mileva.* Ed. Mondadori. Madrid.

LÉVI-MONTALCINI, Rita (1988): *Elogio de la imperfección.* Ed. B. Grupo Zeta. Barcelona.

MASON, Stephen F. (1984): *Historia de la Ciencia.* Alianza Editorial. Madrid.

OGILVIE, Marilyn B. (1986): *Women in Science: Antiquity through the Nineteenth Century.* The MIT Press. Cambridge. Massachusetts.

SCHIEBINGER, Londa (1989): *The Mind has no Sex? Women in the Origins of Modern Science.* Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts.







Ministerio de Educación y Ciencia