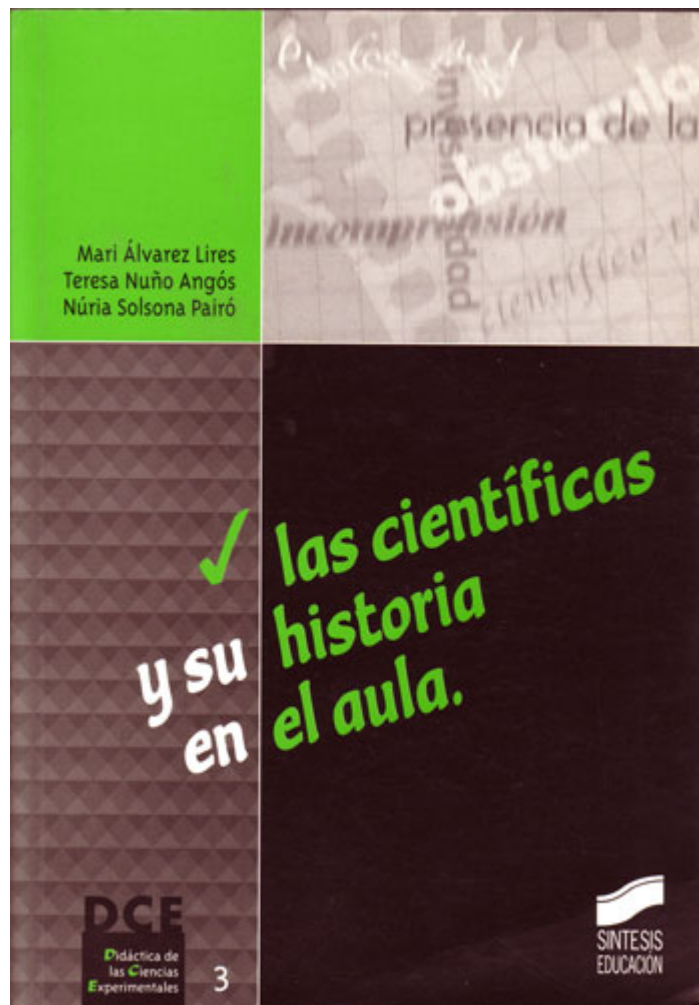


A. Lires, M.; Nuño, T.; Solsona, N. Ed. Síntesis. *Las científicas y su historia en el aula.* Madrid. (2003).



## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

#### 1. LA COEDUCACIÓN EN LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

1.1. EL CURRÍCULUM ESCOLAR Y LOS DESEQUILIBRIOS DE GÉNERO EN LOS CENTROS EDUCATIVOS

1.2. LA INTEGRACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO

1.2.1. UN CAMBIO NECESARIO

1.2.2. ESTRATEGIAS PARA EL CAMBIO

1.3. ALGUNAS SUGERENCIAS PARA LLEVAR A CABO ACCIONES POSITIVAS

1.4. LAS MUJERES EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA

1.5. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA

1.5.1. LA IMPORTANCIA DEL MODELO DE CIENCIA EN LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO CIENTÍFICO

1.5.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONCEPTO DE ALIMENTACIÓN

1.5.3. LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MUJERES EN LA CIENCIA

#### 2. PIONERAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

2.1. LAS FILÓSOFAS

2.2. HIPATIA DE ALEJANDRÍA (370-415)

2.3. BOTICARIAS, MÉDICAS Y BRUJAS

2.4. LA TRADICIÓN MÉDICO-FARMACÉUTICA EN ESPAÑA

2.5. LA TRADICIÓN MÉDICA

2.6. LA ALQUIMIA ALEJANDRINA: MARÍA LA JUDÍA

2.7. LA TRADICIÓN ALQUIMISTA

2.8. MARIE LE JARS DE GOURNAY (1565-1645)

2.9. MARIE MEURDRAC

2.10. LAS ARTESANAS

2.11. MARIA SYBILLA MERIAN (1647-1717)

2.12. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA

2.12.1. LAS OPINIONES DE LAS FILÓSOFAS GRIEGAS

2.12.2. LA OBRA DE HILDEGARDA DE BINGEN

- 2.12.3. LAS MONJAS BOTICARIAS
- 2.12.4. EL LABORATORIO DE MARÍA LA JUDÍA
- 2.12.5. LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DE MARIE LE JARS
- 2.12.6. LA QUÍMICA DE LAS MUJERES
- 2.12.7. EL ESTUDIO DE LOS INSECTOS EN MARÍA SYBILLA

### 3. EL PAPEL DE LAS MUJERES EN EL NACIMIENTO Y CONSOLIDACIÓN DE LA CIENCIA MODERNA

- 3.1. LAS MUJERES EN EL PENSAMIENTO DE LAS LUCES
- 3.2. SALONES E INSTITUCIONES ILUSTRADAS
- 3.3. LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
- 3.4. MUJERES Y CIENCIA EN EL SIGLO XIX
- 3.5. LAS NATURALISTAS
- 3.6. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA
  - 3.6.1. ANNE FICH CONWAY (1631-1679)
  - 3.6.2. LAURA MARÍA CATARINA BASSI (1711-1778)
  - 3.6.3. GABRIELLE-ÉMILIE LE TONNELIER DE BRETEUIL, MARQUISE DU CHÂTELET (1706-1749)
  - 3.6.4. EL PENSAMIENTO SOBRE LA CAPACIDAD INTELECTUAL DE LAS MUJERES
  - 3.6.5. ELISABETH FULHAME
  - 3.6.6. MARY FAIRFAX SOMMERVILLE (1780-1872)
  - 3.6.7. ELEANOR ORMEROD (1828-1901)

### 4. EL SIGLO XX: PIONERAS EN CIENCIA NUCLEAR

- 4.1. MARIE SKLODOWSKA CURIE (1867-1934)
- 4.2. OTRAS PIONERAS EN CIENCIA NUCLEAR
- 4.3. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA
  - 4.3.1. AUTOEVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS
  - 4.3.2. DISTRIBUCIÓN DE TAREAS CIENTÍFICAS ENTRE MUJERES Y HOMBRES
  - 4.3.3. EL RECONOCIMIENTO DE LA VALÍA CIENTÍFICA DE MARIE CURIE

4.3.4. LA DESAUTORIZACIÓN DE LA VALÍA CIENTÍFICA DE MARIE CURIE

4.3.5. OPINIONES DE ALGUNOS CIENTÍFICOS SOBRE LA CAPACIDAD CIENTÍFICA DE LAS MUJERES

## 5. CIENTÍFICAS PREMIOS NOBEL DE FÍSICA Y QUÍMICA

5.1. IRÈNE JOLIOT-CURIE (1897-1956)

5.2. MARIA GÖPPERT-MAYER (1906-1972)

5.3. LISE MEITNER (1878-1968)

5.4. IDA TACKE NODDACK (1896-1979)

5.5. MARGUERITE CATHERINE PEREY (1909-1975)

5.6. CHIEN-SHIUNG WU (1912-1997)

5.7. OTRAS PREMIOS NOBEL: ROSALYN YALOW (1921- ) Y DOROTHY HODGKIN (1910-1994)

5.8. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA

5.8.1. LA CAPACIDAD CIENTÍFICA DE LAS MUJERES

5.8.2. EL DOBLE PAPEL DE MARIA GÖPPERT-MAYER

5.8.3. NUEVOS ELEMENTOS QUÍMICOS

5.8.4. LA EXCLUSIÓN DE LISE MEITNER DEL PREMIO NOBEL

5.8.5. CONTRIBUCIONES DE CHIEN-SHIUNG WU A LA CIENCIA NUCLEAR

5.8.6. OPINIONES DE WU SOBRE EL TIPO DE OBSTÁCULOS QUE IMPIDEN LA PARTICIPACIÓN DE MUJERES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

5.8.7. CIENTÍFICAS DE LA CIENCIA NUCLEAR

5.8.8. REDACCIÓN DE UNA BIOGRAFÍA

5.8.9. GUÍA ORIENTATIVA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS BIOGRAFÍAS

## 6. BIÓLOGAS Y GEÓLOGAS DEL SIGLO XX

6.1. NETTIE MARIA STEVENS (1861-1912)

6.2. ROSALIND ELSIE FRANKLIN (1920-1958)

6.3. RACHEL LOUISE CARSON (1907-1964)

6.4. LYNN ALEXANDER MARGULIS (1938- )

6.5. ESTHER RICHARDS APPLIN (1895-1972), ALVA C.

ELLISOR (1892-1964) y HEDWIG T. KNIKER (1891-1985)

- 6.6. INGE LEHMANN (1888-1993)
- 6.7. MARIE THARP (1920- )
- 6.8. CIENTÍFICAS PREMIOS NOBEL DE FISIOLOGÍA Y MEDICINA
- 6.9. SUGERENCIAS PARA TRABAJAR EN EL AULA
  - 6.9.1. LA DETERMINACIÓN CROMOSÓMICA DEL SEXO
  - 6.9.2. LOS OBSTÁCULOS ENCONTRADOS POR ROSALIND FRANKLIN EN SU FORMACIÓN Y CARRERA CIENTÍFICAS POR SER MUJER
  - 6.9.3. LA DESAUTORIZACIÓN DE LA VALÍA CIENTÍFICA DE FRANKLIN
  - 6.9.4. EL RECONOCIMIENTO DE LA VALÍA CIENTÍFICA DE FRANKLIN
  - 6.9.5. OPINIONES DE ROSALIND FRANKLIN SOBRE EL MATRIMONIO, LA MATERNIDAD Y LA PROFESIÓN CIENTÍFICA PARA LAS MUJERES
  - 6.9.6. LOS PESTICIDAS QUÍMICOS Y EL DETERIORO AMBIENTAL
  - 6.9.7. LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y LA GENERACIÓN DE RESIDUOS
  - 6.9.8. LA OBSERVACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
  - 6.9.9. LA DIFICULTAD DE SER MUJER EN LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX
  - 6.9.10. EL RECONOCIMIENTO DE LA VALÍA CIENTÍFICA DE THARP
  - 6.9.11. AUTOEVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE CIENTÍFICAS PREMIOS NOBEL
  - 6.9.12. CIENTÍFICAS PREMIOS NOBEL DE FISIOLOGÍA Y MEDICINA
  - 6.9.13. ENTREVISTA A RITA LEVI-MONTALCINI (1909-)

## BIBLIOGRAFÍA

### **Introducción**

Este libro es deudor de los estudios de género, que las autoras han conocido a lo largo de su ya dilatada experiencia docente, así como de los enfoques de los diversos estudios feministas de las últimas décadas del siglo XX. Es el resultado, también, de discusiones, experiencias e investigaciones, llevadas a cabo en contextos muy diferentes, en grupos de trabajo, en acciones institucionales pero, sobre todo, en la práctica cotidiana. Parece obligado, por tanto,

dedicar un pequeño espacio a los antecedentes de las preocupaciones que han permitido que libros como el que se presenta salgan a la luz.

Las investigaciones que utilizan el *género* como categoría de análisis comenzaron en la década de los años 60 del siglo XX, en los países anglosajones, de la mano de lo que se ha llamado el feminismo de la segunda ola. En los círculos universitarios estaban empezando a fraguarse líneas de investigación que, más tarde, darían origen a los *Women Studies*. En ellas se cuestionaba la invisibilidad de las mujeres en la historia de la humanidad ya que, afirmaban las estudiosas, nada podía haber sucedido sin que las mujeres estuvieran presentes. Así pues, la tarea más urgente era la de rescatar ese pasado silenciado de la mitad del género humano, pero pronto se observó la insuficiencia de tal enfoque: las mujeres no podían haber sido meras espectadoras o sujetos pacientes del devenir histórico, necesariamente tenían que haber participado en él, pero ¿dónde buscar esas acciones si las historias oficiales no se habían hecho eco de ellas?

Comenzó así una segunda tarea, la de devolverles su papel de sujetos históricos. Se examinaron los posibles sesgos en las investigaciones de las diferentes disciplinas, sobre todo en el ámbito humanístico, observando cuestiones que hasta entonces se habían pasado por alto, tales como que las muestras de las poblaciones estudiadas eran casi en exclusiva masculinas y que los resultados de las investigaciones se aplicaban por igual a ambos sexos, estableciéndose así supuestos científicos que distaban mucho de poseer esa objetividad y neutralidad atribuida a la ciencia.

A la luz de lo anterior, se realizan análisis de las diferentes disciplinas, acuñándose el término de *androcentrismo* para señalar el hecho de que todas ellas están deformadas por un enfoque que considera al hombre blanco, occidental, de clase media-alta como el patrón y la medida de todas las acciones históricas en el sentido amplio de la palabra.

Paralelamente, en educación, se planteaba la revisión de la igualdad de oportunidades, que en Europa procedía de una tradición asociada a los movimientos surgidos tras la Segunda Guerra Mundial, que tuvo la virtud, entre otras, de propiciar la extensión de la educación a amplias capas de la población y el acceso de las mujeres a los niveles universitarios en cifras impensables hasta entonces. En el Estado Español, el acceso de las mujeres a las carreras de ingeniería no tiene lugar hasta los años 60 y no desaparecen todas las restricciones hasta la Constitución de 1978. Por lo que respecta a las posibilidades de estudiar en centros mixtos, existen Institutos de Bachillerato segregados hasta la mitad de la década de los años 80.

Después de lo dicho, no es de extrañar que la preocupación por la Coeducación, en el sentido de la igualdad de oportunidades, haya llegado tarde a nuestras latitudes.

Pero, ¿qué ocurría en el campo de las ciencias experimentales? Las llamadas ciencias "duras" han sido mucho más impermeables a la mirada de *género*. Se han considerado, y todavía se consideran, como el dominio de lo objetivo, racional y neutro. Un dominio en el que no cabe ni lo subjetivo, ni lo afectivo y, por tanto, no hay lugar en ellas para los sesgos detectados en las ciencias humanas y sociales. Sin embargo, en la década de los años 60 surgió un conjunto de estudios denominados *Estudios Sociales de la Ciencia* que pusieron de manifiesto que la ciencia es una construcción humana y, por lo tanto, social, cuestionando así la supuesta neutralidad de la misma. Pero, ¿qué ocurría con el género como categoría de análisis en las ciencias experimentales? Los estudios de *Gender and Science* proceden de finales de la década de los 70 y se desarrollan a partir de los 80, así que su antigüedad es solamente de unos 20 años. En ellos se han seguido pasos semejantes a los señalados anteriormente en el caso de las ciencias sociales y, actualmente, existen numerosas líneas de investigación y diferentes corrientes, que sería imposible de reseñar en tan corto espacio.

Por lo que respecta al campo educativo, que es el que nos ocupa, las preocupaciones en la enseñanza de las ciencias experimentales proceden, también, de los países anglosajones, a la vista de aspectos tales como los diferentes resultados obtenidos por chicas y chicos en este ámbito, distintos comportamientos, intereses, expectativas, o la ausencia de mujeres en determinadas carreras y profesiones relacionadas con la ciencia y la tecnología.

En los años 80 del siglo que acaba de finalizar llega el interés a nuestro país, fundamentalmente en los ámbitos de la enseñanza primaria y secundaria, y encuentra eco en la reforma educativa que se está fraguando, plasmándose en el denominado *Igualdad de Oportunidades*, dentro de los *Temas Transversales* del currículo, estableciéndose cursos institucionales de formación del profesorado, master y postgrado, produciéndose, además, un número apreciable de publicaciones. Como siempre, las ciencias experimentales han sido más reacias a la introducción del género, pero se ha ido avanzando poco a poco.

Por otra parte, la escasez de mujeres en puestos relevantes de la actividad científico-técnica ha preocupado a diversas instancias internacionales y, en particular, a la Unión Europea; así surgió el Informe ETAN (2000), *European Technology Assessment Network on Women and Science*, elaborado por el Grupo de Trabajo de Expertas en Mujeres y Ciencia, que aportó datos cualitativos y cuantitativos sobre la posición de las mujeres en los ámbitos científico y

tecnológico, argumentando que todavía se mantienen grandes obstáculos para una completa equidad de género en la práctica tecnocientífica y que, consecuentemente, no se está desarrollando de forma adecuada el potencial docente e investigador de las científicas. El citado informe indica que dicha equidad de género sería beneficiosa no solamente para las mujeres, sino que también aportaría prácticas de investigación más justas y objetivas.

Algunos otros documentos internacionales establecen que la *igualdad* es una condición ineludible para la *calidad* en la ciencia. Por ejemplo, la *Declaración de la UNESCO sobre la Ciencia y el uso del conocimiento científico* (1998) establece que:

La igualdad en el acceso a la ciencia no sólo es un requisito social y ético para el desarrollo humano, sino también una necesidad para la realización de todo el potencial de las comunidades científicas y para orientar el progreso científico hacia el conjunto de las necesidades de la humanidad. Las dificultades que encuentran las mujeres, que constituyen la mitad de la población mundial, para acceder y progresar en las carreras científicas, así como participar en la toma de decisiones en ciencia y tecnología, deberían abordarse urgentemente.

Los esfuerzos realizados en este ámbito de investigación se complementan y correlacionan con estudios análogos realizados en el campo de la educación. Desde el comienzo de los programas ERASMUS y sobre todo desde el programa SOCRATES, la cuestión de las mujeres en la ciencia ha sido un punto central en la agenda de los estudios de las mujeres y de las redes de género en el área de la educación.

### **Enfoque y estructura del libro**

Uno de los problemas que encuentra el profesorado cuando quiere introducir en sus clases la mirada de género es que, si bien existen abundantes publicaciones con enfoques teóricos, son más escasas y están menos difundidas aquéllas que ofrecen la posibilidad de ser utilizadas didácticamente.

El libro que se presenta procede del interés de las autoras en las interacciones género-educación desde hace muchos años, y de experiencias e investigaciones llevadas a cabo en aulas de todos los niveles educativos y cursos de formación del profesorado, master y postgrado.

La experiencia indica que la utilización en las aulas de modelos de científicas que trabajaron en otras épocas y condiciones, o que lo hacen en el momento actual, refuerza la autoestima de



las alumnas en el proceso de aprendizaje y las estimula para la elección o continuidad de estudios de ciencias experimentales. Al mismo tiempo, posibilita que los alumnos perciban mejor la igualdad de mujeres y varones en la ciencia, facilitando el trabajo al profesorado preocupado por la integración de la perspectiva de género en el aula.

Por todo lo anterior, se ha elegido un enfoque entre todos los posibles; poner de manifiesto la presencia de las mujeres en la historia de las ciencias, que se podría denominar como una historia de obstáculos, invisibilidad, incompreensión y desconsideración. Pese a todo ello, las científicas han sido mucho más numerosas de lo que las historias de la ciencia y la tecnología, sesgadas por el *androcentrismo*, han reconocido y, actualmente, comienzan a hacerse visibles en obras que nada tienen que ver con los estudios de *Ciencia y Género*, como se puede observar en la muestra de bibliografía que se ha incluido.

Han quedado fuera de los textos y biografías de científicas que se ofrecen, las astrónomas, las informáticas y las matemáticas, por razones de espacio pero, sobre todo, porque toda selección es intencionada y, en este caso, la razón fundamental para la selección realizada ha sido la de que las actividades propuestas se han probado por las autoras en diversas acciones de formación del profesorado y en sus propias aulas.

Se ha procurado que sea un instrumento útil, huyendo de la erudición innecesaria e introduciendo actividades en todos los capítulos, así como algunas orientaciones para llevarlas a cabo.

Consta de seis capítulos, además de la introducción, en los que partiendo de un enfoque general de la *Coeducación en las ciencias experimentales*, que se aborda en el primero de ellos, se hace un recorrido, a vuela pluma, por la historia de las ciencias a través de la presencia de las mujeres en su construcción y producción, no sólo en la ciencia oficial, sino también en aquellas tareas que les han sido encomendadas desde hace siglos, tales como la alimentación o el cuidado de las personas.

Se ha prestado especial atención al siglo XX, al que se dedican tres capítulos, debido al enorme desarrollo de la actividad científica y técnica de los últimos cien años, poniendo de manifiesto que han existido aportaciones importantes a la ciencia realizadas por mujeres diferentes de Marie Sklodowska Curie, que es prácticamente la única figura femenina que aparece en los manuales y libros de texto al uso.

Se trata de materiales abiertos, que se pueden incluir en las más diversas secuencias de enseñanza-aprendizaje y en los niveles de Enseñanza Secundaria Obligatoria, Bachillerato o

universitarios, así como en cursos de formación del profesorado, dependiendo del grado de profundidad con que se quieran tratar. En Secundaria Obligatoria tendrán más carácter informativo y de debate sobre la igualdad de mujeres y hombres en la ciencia mientras que, en Bachillerato, cursos universitarios y de formación del profesorado, se puede profundizar en los modelos de ciencia subyacentes y en conocimientos científicos de mayor envergadura.

También se pueden utilizar de manera interdisciplinar, en colaboración con profesorado de Ciencias Sociales, Historia o Filosofía y, por supuesto, por todo el profesorado de Ciencias Experimentales.

La bibliografía seleccionada es asequible, se puede encontrar fácilmente y, con ella, es posible elaborar nuevas propuestas de trabajo o mejorar las que se ofrecen en el libro.

En el primer capítulo, *La coeducación en las Ciencias Experimentales* se hace un análisis de algunos aspectos relacionados con los desequilibrios de género en los centros educativos, tales como el currículo escolar, explícito y oculto, proponiendo posibles estrategias para integrar la perspectiva de género en la acción educativa. A este respecto, se sugieren actividades de distinta tipología:

- En el apartado 1.3. se incluye una actividad de tipo general, consistente en el diseño y la realización de un plan de trabajo para el área de ciencias.
- En el resto de apartados se plantean propuestas referentes a:
  - Realización de debates, revisión de conocimientos científicos, elaboración de nuevos textos, manejo de bibliografía y realización de pequeñas investigaciones, a partir de biografías o de textos originales de científicas.
  - Análisis de la importancia que el modelo de ciencia tiene para la realización del trabajo científico.
  - Reflexión sobre la presencia de las mujeres en la construcción del conocimiento científico, partiendo del concepto de alimentación, en uno de los casos, y de la situación actual a través de cifras de la Unión Europea y de artículos de diarios de gran tirada, en el otro.

El segundo capítulo, que se ha denominado *Pioneras en la construcción del conocimiento*, aborda la presencia y participación activa de las mujeres en los orígenes de las tradiciones que han ido confluyendo a lo largo de los siglos en la construcción del pensamiento científico. Se demuestra cómo formaron parte de escuelas filosóficas, en las que no constituían una excepción, de la tradición alquimista, precursora de la química actual, o de la medicina. También se examinan figuras de mujeres excepcionales como María la Judía, Hipatia de

Alejandría o Hildegarda de Bingen, por citar ejemplos notables, nombres que aparecían en textos científicos hasta el siglo XVIII, que desaparecieron de ellos a partir del XIX y que se han vuelto a recuperar a partir de las investigaciones sobre *Género y Ciencia*. Se proponen lecturas de textos y actividades que pueden permitir una reflexión sobre la construcción de la ciencia y las razones por las que las contribuciones de las mujeres no se recogen, habitualmente, en los manuales y libros de texto.

En el capítulo tercero, *El papel de las mujeres en el nacimiento y consolidación de la ciencia moderna*, se analiza el pensamiento de la nueva ciencia de los siglos XVII y XVIII, pretendidamente racional, objetiva y neutral, sobre las mujeres, poniendo de manifiesto la lucha de éstas a favor de su igualdad en la racionalidad y los obstáculos de todo tipo que tuvieron que superar para acceder a la actividad científica. La aparición de los *salones*, de la *dama de ciencia* y su importancia para la extensión y avance de la nueva ciencia en Europa, son también objeto de este capítulo. Se señala de qué manera, en el siglo XIX, con la consolidación e institucionalización de la ciencia, las mujeres son relegadas de nuevo al ámbito privado-doméstico, mediante la prohibición explícita o implícita de su acceso a las instituciones científicas de toda índole. Se examinan las figuras de algunas mujeres notabilísimas como Madame du Châtelet, Laura Bassi, Elizabeth Fulhame, Anne Finch Conway o Mary Somerville. Las propuestas de actividades, basadas en textos originales y biografías de científicas, permiten reflexionar sobre el nacimiento de la ciencia moderna o nueva ciencia, que no era la ciencia de nuestros días, sobre los debates que entonces tenían lugar, las relaciones entre filosofía y ciencia, la procedencia de principios y conocimientos científicos, así como acerca de la consolidación e institucionalización de la actividad científica en el siglo XIX, antecedente más próximo de lo que hoy se denomina ciencia. Obviamente, tratan de poner de manifiesto que las mujeres no han sido ajenas al nacimiento y construcción de la ciencia, aspecto de crucial importancia en el desarrollo histórico de las sociedades occidentales.

El capítulo cuarto, *El siglo XX: Pioneras en ciencia nuclear*, se ocupa de las aportaciones de aquellas mujeres que han trabajado en ciencia nuclear, desvelando que en cada uno de los descubrimientos que se han producido, desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, ha habido contribuciones relevantes de científicas. La correspondencia entre ellas muestra que mantuvieron contactos personales, que probablemente les sirvieron de apoyo para mantenerse en la profesión, en una época que no era favorable a la incorporación de las

mujeres a la ciencia ni a la vida pública. Se señalan los obstáculos que grandes personajes del campo científico pusieron a esta incorporación. Por otra parte, los contenidos que se ofrecen, además de permitir conocer los avatares y el modo en que ha ido progresando el conocimiento científico, pueden ser útiles para ilustrar un modelo de ciencia como actividad construida socialmente, más acorde con los enfoques *CTS* (ciencia, tecnología y sociedad). Finalmente, se proponen actividades basadas en biografías y textos originales.

El quinto capítulo trata de *Científicas Premios Nobel de Física y Química*, señalando que el incremento de la actividad científica en el siglo XX y la incorporación de las mujeres a ella, a pesar de todas las dificultades expuestas anteriormente, permitió que algunas de ellas recibieran el codiciado Premio Nobel y no solamente Marie Curie. Se hace hincapié, asimismo, en las figuras de aquellas que, aún mereciéndolo o trabajando con los científicos que lo recibieron, han quedado en el olvido, como Lise Meitner, por citar un ejemplo notable. La historia de una carrera de obstáculos, incompreensión y desconsideración del trabajo científico de las mujeres, más difícil de desvelar en tiempos de igualdad ante las leyes, se repite. La introducción de nuevos conocimientos, necesarios para comprender las investigaciones en ciencia nuclear, forma parte de un apartado. Las actividades, con un soporte biográfico y de textos originales, incluyen una guía para elaborar biografías de científicas y una selección de mujeres que trabajaron en la ciencia nuclear.

El capítulo sexto está dedicado a *Biólogas y geólogas del siglo XX*, subrayando el hecho de que algunas áreas científicas, como la biología, han sido menos reacias a aceptar mujeres, pues ya en el siglo XVIII se consideraba la botánica como una actividad apropiada para ellas. Por este motivo, se observa que ha habido mujeres que han realizado contribuciones muy importantes, aunque sus nombres no aparezcan en los manuales, tales como Rosalind Franklin, Rachel Carson o Lynn Margulis. Algunas recibieron el Premio Nobel en fisiología y medicina y de ellas, así como de sus descubrimientos, se incluye un cuadro resumen. En geología es más difícil encontrar investigaciones que se ocupen de poner de manifiesto la presencia de mujeres en el ámbito científico, pero aún así se han incluido las biografías de algunas geólogas pioneras de la industria del petróleo y figuras relevantes como la geofísica Inge Lehmann, incluyendo las actividades correspondientes.

Es deseo de las autoras que los materiales ofrecidos sean del agrado del profesorado, lo cual sería un estímulo para continuar las investigaciones llevadas a cabo en un campo en el que

todavía queda mucho camino por recorrer, el de la igualdad de mujeres y hombres en la ciencia.

Las autoras

Junio de 2001

## **1. La coeducación en las Ciencias Experimentales**

Una mirada superficial a la situación de la ciencia en la sociedad actual podría hacer creer que actualmente las relaciones entre las mujeres y la ciencia no contienen aspectos discriminatorios, y que éstos han sido cosa de otros tiempos. El acceso a la alfabetización o educación científica de las mujeres, la presencia mayoritaria de estudiantes femeninas en carreras universitarias en casi todas las Facultades y Escuelas Universitarias, con la excepción de la mayor parte de las de Ingeniería, así como una importante presencia de mujeres en equipos de investigación, podrían hacer pensar que nos estamos acercando a una situación de equiparación entre hombres y mujeres en el campo de las ciencias experimentales.

No obstante, un análisis más profundo de la realidad indica que, a pesar del incremento en términos numéricos de la presencia de mujeres en las actividades científicas, todavía quedan problemas pendientes de resolución y, además, la situación dista mucho de estar consolidada, dándose avances y retrocesos difíciles de evaluar. Podríamos decir, a grandes rasgos y con matices, que el problema no es ya el acceso de las mujeres a la educación científica y a la investigación, sino el lugar que ocupan en ellas, su situación en los centros de decisión, cuáles son sus itinerarios profesionales y los efectos que la discriminación -hoy más sutil que hace algunas décadas- ejerce sobre su autoconcepto y sus expectativas de logro.

El análisis de la realidad de las clases y de los centros escolares, desde una perspectiva no sexista, es un tema de reciente interés en nuestro país, a diferencia de los países anglosajones en los que ha constituido un centro de reflexión desde los años sesenta. Sin embargo, se ha de matizar que la mayor parte de las investigaciones se centraban en descubrir las carencias de las chicas en actitudes y aptitudes supuestamente necesarias para dedicarse a la ciencia y a la tecnología, es decir, se partía del *Paradigma de la debilidad* (Catalá y García, 1989) dando por descontado que las actitudes y aptitudes de los chicos eran las necesarias y correctas para

tales actividades. Con un enfoque semejante resulta muy difícil elevar la autoestima de un colectivo y de unas individualidades, las de las mujeres, que interiorizan que nada de lo que han aprendido, como consecuencia de su socialización diferencial, es útil o valorado por el sistema educativo. Los ejemplos, las autoridades científicas, las imágenes, los ejercicios y actividades que se proponen tienen que ver, mayoritariamente, con intereses masculinos. Nada hay en la ciencia ni en la tecnología que haga referencia a la experiencia de las mujeres. En la actualidad, una parte de los estudios de género, tanto en el ámbito epistemológico como en el educativo, ha pasado de considerar a las mujeres como problema, ¿qué les ocurre a las mujeres que no acceden a la ciencia? a esta otra formulación, ¿qué le ocurre a la ciencia que las mujeres no acceden a ella? (Harding, 1996).

Por su parte, la LOGSE indica en su preámbulo que *"la educación permite avanzar en la lucha contra la discriminación y la desigualdad, ya sea por razones de nacimiento, raza, sexo, religión u opinión, que tengan un origen familiar o social, se arrastren de forma tradicional o aparezcan continuamente en la dinámica de la sociedad"*. No obstante, como la realidad social suele evolucionar más lentamente que las leyes, el sistema educativo presenta resistencias al avance en esta lucha.

### **1.1. El currículum escolar y los desequilibrios de género en los centros educativos**

Diversos estudios han puesto de manifiesto que una parte importante del profesorado de ciencias experimentales, de todos los niveles educativos, se adscribe a una concepción de la ciencia que la considera una actividad lógica, neutral, objetiva, poseedora de verdades absolutas descubiertas por hombres geniales y desinteresados, con un estatuto de cuasi-infalibilidad, rasgos asociados a la conducta del varón blanco de clase media-alta. La ciencia se presenta así como una marcha triunfal de la verdad contra el error, de lo objetivo contra lo subjetivo, de lo fuerte contra lo débil... y, como consecuencia, del triunfo de lo considerado masculino frente a aquello asociado a lo femenino. Esta concepción tiene consecuencias didácticas y, desde luego, dificulta el acceso de las mujeres a determinadas opciones profesionales y niveles de la investigación científica.

En esta misma línea, la aceptación por parte de sectores amplios de la población y de las comunidades científicas de los mitos que acompañan a la actividad científica, anteriormente

expuestos, sin cuestionarse sesgos de la misma, como su masculinidad implícita, no tienen consecuencias únicamente teóricas sino de actitudes y comportamientos sociales, pues puede llevar a una visión dogmática de la ciencia y a creer que sus respuestas a los problemas de la humanidad son unívocas, favoreciendo la intolerancia ante opiniones diferentes. Además, el sesgo masculino de la actividad científica no afecta sólo a las mujeres sino también a los hombres y a la propia ciencia (Keller, 1991).

En cualquier intervención didáctica existe un conjunto de concepciones implícitas que forman parte del *currículum oculto*, entre las que se encuentra el modelo de ciencia del profesorado y el que se presenta en los libros de texto. Un modelo de ciencia que desmitifique su supuesta neutralidad y objetividad, que contemple a ésta como una construcción personal y social resaltando la responsabilidad de las comunidades científicas ante los problemas de la humanidad, puede ser más favorable a un enfoque coeducativo. Dicho de otra manera, una ciencia planteada como el "arte de reformular preguntas" puede ser más útil desde un punto de vista no sexista. Piénsese, por ejemplo, que el azar y la probabilidad juegan también un papel importante en la construcción de la explicación de aquellos fenómenos que para la propia ciencia tienen la consideración de científicos.

Actualmente, el sexismo en la enseñanza no se manifiesta en el acceso global a la educación ni en el rendimiento académico, pues en el Estado Español, a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los países europeos, las alumnas son mejores estudiantes que los alumnos, circunstancia que se refleja en los resultados académicos y en el índice de abandono de los estudios, que es mucho más bajo que el de aquellos. Pero esta ventaja de tipo académico no se traduce en el nivel social, pues las mujeres siguen ocupando los puestos de trabajo menos valorados y recompensados socialmente.

Es preciso señalar, además, que el sexismo limita la formación de personas autónomas en la medida que las chicas y los chicos tienen como referencia unos patrones rígidos de cultura femenina y masculina -estereotipos- a los que deben adaptarse para conseguir la aceptación social. Así por ejemplo, una chica puede expresar sus sentimientos pero este mismo comportamiento recibe la sanción grupal y social cuando quien los exterioriza es un chico. Así pues, es preciso matizar que mientras que el estereotipo femenino se ha flexibilizado, es decir, se admiten socialmente la asunción de rasgos masculinos por parte de las mujeres, el estereotipo masculino es mucho más rígido y no se admiten en los hombres comportamientos considerados como femeninos: los chicos no lloran, ni siquiera en el siglo XX.

Quiérese decir que si bien los roles y estereotipos, asociados a la femineidad y a la masculinidad, limitan el desarrollo de la personalidad de hombres y mujeres, en la medida en que lo considerado masculino está más valorado socialmente, las repercusiones para unas y otros son diferentes. A riesgo de simplificar, se podría decir que en el caso de las mujeres, el sexismo existente dificulta o impide su acceso al mundo público en condiciones de igualdad, limitando su autoestima, y en el caso de los varones impide o dificulta su acceso al mundo de lo privado y de los afectos. El sexismo es, pues, un problema de desigualdad, asentado en prejuicios sociales pero, también individuales, por lo que la actitud individual y grupal del profesorado es decisiva en el cambio de la situación descrita.

Los centros educativos, en los que se socializa a niños y niñas, tienen la intención de tratar a todo el mundo por igual, pues unas y otros ocupan las mismas aulas y su curriculum es el mismo, pero olvidan que tratar de la misma manera realidades diferentes es lo más discriminatorio que existe. En este caso significa, ni más ni menos, obligar a las niñas a integrarse en el patrón masculino que impregna la cultura occidental, sin tener en cuenta su socialización diferencial previa en intereses, habilidades, actitudes y aptitudes que, además, el sistema educativo desconsidera. Nada de lo que han hecho las mujeres a lo largo de la historia de la humanidad figura en los libros de texto ni en los contenidos que se transmiten, con la excepción de algunas figuras como Marie Curie o la reina Isabel la Católica, por poner ejemplos sobradamente citados.

Nada más incierto que esta ausencia, pues aún suponiendo que las mujeres no hubiesen tenido nunca protagonismo en el mundo público, ¿es posible pensar que en tantos siglos de dedicación a la atención de las personas, a la alimentación, al vestido, a la salud de la familia, no hayan aportado nada valioso? A no ser que se piense en las mujeres como seres inferiores, en cuanto a inteligencia se refiere, tal suposición carece del más mínimo soporte científico, sin embargo esa es la realidad de una cultura, la occidental, que transmiten los libros de texto y el sistema educativo.

Algo que parece tan obvio no se ha puesto de manifiesto hasta el comienzo de los estudios de género, allá por los años 60 y todavía queda mucho camino por recorrer. La perspectiva de la historia, de la literatura, de la ciencia, es únicamente masculina y lo es de tal manera que toma al hombre como medida y patrón de todas las cosas, incurriendo en lo que se ha denominado *androcentrismo* que, en este caso se manifiesta en la selección de los contenidos del curriculum y en el tratamiento de la información en los libros de texto y materiales didácticos.



No se toma en consideración ninguno de los saberes de las mujeres y lo que se transmite es que solamente los hombres han hecho la historia de la humanidad. Así pues, falta la mitad de la historia, ya que es impensable que haya ocurrido ningún acontecimiento, sea histórico, científico o de cualquier índole, en el que las mujeres no hayan estado presentes.

Se han expuesto, pues, elementos de *curriculum oculto* como la selección de contenidos, impregnada de *androcentrismo* y la invisibilidad de las mujeres, pero hay más ya que en la intervención educativa, que dura muchos años, se evidencia la preponderancia del modelo masculino en el uso del lenguaje que, en la mayor parte de las ocasiones, olvida, margina o inferioriza a las mujeres mediante un uso abusivo del genérico masculino,

El sexismo también se pone de manifiesto en la organización y dinámica de los centros, así como en los valores que se fomentan que promueven el dualismo masculino-femenino, valorando el primer término del par y desconsiderando el segundo. Por ejemplo, se considera natural que los chicos sean poco reflexivos y desordenados, mientras que a las chicas se les exige que sean calladas y trabajadoras y así, en aras de una supuesta libertad, los chicos manipulan aparatos y las chicas anotan, ordenan o limpian.

Una observación cuidadosa de las aulas, indica que las interacciones entre el profesorado (masculino o femenino) y el conjunto de la clase se realizan de manera desequilibrada, pues el número de preguntas y respuestas dirigidas a los alumnos, así como el tiempo empleado, es mayor que cuando se dirigen a las alumnas, y todo ello sucede de manera inconsciente.

También es importante resaltar que diversos estudios han puesto de manifiesto la desigual ocupación de los espacios por parte de alumnas y alumnos, tanto del patio escolar como de los pasillos o de los laboratorios.

En las clases de Ciencias Experimentales, además de las categorías explicativas presentes en las demás áreas de conocimiento como el lenguaje, la contextualización de los saberes o la interacción entre profesorado y alumnado, ejerce un efecto discriminatorio importante el concepto de ciencia, como se ha comentado anteriormente.

Otro aspecto requiere atención en lo que a la didáctica se refiere. Se ha señalado repetidamente la necesidad de partir de las ideas y experiencias previas del alumnado para implicarle en el control de sus propios aprendizajes pero, salvo que exista intención coeducativa explícita, ¿se tienen en cuenta las experiencias previas de las chicas? ¿sus habilidades? ¿alguna de ellas es útil para la ciencia escolar?

Por otra parte, es bien sabido que ante un determinado proceso de enseñanza no todo el

alumnado progresa de la misma forma ni al mismo ritmo. El origen de esas diferencias de aprendizaje se atribuye a muchos factores, entre los que se indican habitualmente las capacidades personales, el origen social o familiar y los aprendizajes previos realizados, pero pocas veces se presta atención a las diferencias de aprendizaje que pueden tener su origen en el género y en menos ocasiones, todavía, se incluyen orientaciones derivadas de ello en los planes para la atención a la diversidad elaborados en los centros educativos.

Es preciso no olvidar que las diferencias dentro de cada uno de los colectivos de chicos y chicas son inmensas, de tal forma que no podemos generalizar: las chicas hacen..., los chicos hacen... También hay alumnas que interrumpen y alumnos callados y trabajadores, pero las pautas de comportamiento generales indican diferencias intergrupos importantes, como se ha señalado.

Muchas alumnas manifiestan inseguridad a la hora de manipular instrumentos como la balanza, el microscopio, el amperímetro o el voltímetro. Tal circunstancia no se suele dar en los chicos. Pero, a cambio, es difícil que una alumna haga saltar los dispositivos de seguridad de un taller de electricidad, lo cual es bastante habitual en los alumnos varones. Sin embargo, los libros de electricidad cargan las tintas en sus peligros, lo cual es pertinente para los chicos pero disuasorio para las alumnas, pues ellas suelen preguntar antes de manipular, y si alguna intervención especial se debe hacer es animarlas a que hagan montajes y manejen los aparatos, obviamente con prudencia. Las alumnas suelen presentar los trabajos e informes de manera limpia y ordenada, y de la misma forma realizan, por ejemplo, montajes eléctricos. Se observa, en cambio, que es difícil lograr que un elevado porcentaje de chicos haga un informe de lo que acontece, de forma ordenada y bien presentada, y la falta de cuidado en los montajes es bastante habitual.

Muchos años de docencia en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato avalan lo que se acaba de afirmar. Precipitación, desorden, e incluso temeridad son bastante comunes en los chicos; la inseguridad es la más común de las carencias de las chicas. Así pues, parece claro que se necesita una intervención diferenciada, sin perder de vista los estilos y ritmos de aprendizaje diferentes de cada persona, intervención que hoy reviste carácter de urgencia.

## **1.2. La integración de la perspectiva de género**

Una integración de la perspectiva de género en el área de Ciencias ha de permitir caminar hacia la consecución de, entre otros, los siguientes objetivos :

- Adquirir una idea más abierta y menos dogmática de las Ciencias, respecto a sus ideas iniciales.
- Comenzar a familiarizarse con un planteamiento interdisciplinar de las Ciencias.
- Percibir que la historia de las ciencias y la historia de la humanidad no se han escrito separadamente, y que las mujeres han estado presentes en ellas.
- Identificar y valorar algunas aportaciones de las mujeres a la ciencia, tecnología y bienestar de la humanidad, en el entorno más próximo y en otros más extensos.
- Cambiar de actitud respecto a la igualdad de mujeres y varones ante la ciencia.
- Mejorar la autoestima de chicas y chicos.
- Modificar el comportamiento agresivo e irreflexivo de un amplio colectivo de chicos.
- Superar las inseguridades manipulativas de un amplio colectivo de chicas.
- Aumentar el interés por las ciencias.

### **1.2.1. Un cambio necesario**

En líneas generales, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, el cambio necesario implica que se produzcan modificaciones en diferentes niveles. Siguiendo las orientaciones de diversos estudios de ciencia y género (Kelly, 1987; Keller, 1991; Askew y Ross, 1991; A. Lires et al, 1994), señalaremos las siguientes:

#### **a) Cambios en la producción de la ciencia**

Encaminados hacia la construcción de una ciencia que ha de convivir con la duda, el error y la incertidumbre; no poseedora de verdades absolutas. Una ciencia que intente convivir armónicamente con la naturaleza, abierta a la mirada interdisciplinar, que utilice el género como categoría de análisis.

Parece obvio indicar que estos cambios corresponden, fundamentalmente, a las comunidades científicas, pero no es menos cierto que el sistema educativo debe mostrarse favorable a ellos.

#### **b) Cambios en la ciencia escolar**

Una ciencia ligada al ámbito que nos rodea y a la historia, que tenga en cuenta las experiencias diferenciadas de niñas y niños, que dignifique aquellas habilidades y destrezas consideradas

"femeninas" como algo valioso para la propia ciencia y para cualquier persona, independientemente de su sexo biológico; que recoja aquellas aportaciones que las mujeres han hecho a lo largo de la historia; que tenga en cuenta la relación entre lo cognitivo y lo afectivo; que incorpore las interacciones existentes entre ciencia, tecnología, género y sociedad.

c) Cambios en el profesorado

El profesorado ha de adquirir instrumentos para detectar el sexismo y el androcentrismo en la ciencia y en la práctica escolar. Ha de aprender a huir del pensamiento dicotómico y a incluir el género en sus categorías de análisis.

d) Cambios en los chicos

Se ha de actuar corrigiendo los efectos no deseados de la construcción de la *masculinidad* en nuestras sociedades, asociados al estereotipo de género: la competitividad, la agresividad, la desconsideración de los aspectos afectivos y emocionales, el acaparamiento del material y de los espacios físicos y orales.

e) Cambios en las chicas

Del mismo modo, se han de paliar los efectos no deseados de la construcción de la *femineidad* asociados al estereotipo de género, tales como la inseguridad y la desvalorización de lo propio. Un elemento indispensable en la acción coeducativa es el fomento de su autoestima, mucho más baja que en el colectivo de varones.

### **1.2.2. Estrategias para el cambio**

No es sencillo diseñar estrategias que abarquen todos y cada uno de los niveles que se acaban de señalar, pues se trata de una cuestión enormemente amplia, que excede las posibilidades de este trabajo. Sin embargo, se pueden apuntar algunas líneas generales para abordar dicho cambio.

En primer lugar, es necesario subrayar la necesidad de enmarcar el desarrollo curricular en un contexto escolar más amplio. Los problemas de desigualdad no son sólo cuestiones curriculares, ya que las iniciativas curriculares antisexistas, por sí solas, corren el riesgo de dejar toda la responsabilidad en manos del alumnado y derivar en un enfoque unidimensional de la igualdad de oportunidades

Así pues, de la misma forma que el alumnado necesita emplear métodos de aprendizaje activos para desarrollar su capacidad de plantear preguntas, evaluar y tomar decisiones, el profesorado necesita dotarse de instrumentos para detectar el sexismo en el ámbito escolar. En este sentido, la realización de seminarios con pequeños grupos interesados es fundamental para elaborar materiales y diseñar formas de trabajo para experimentarlos. Por otra parte, el profesorado, femenino y masculino, constituye un modelo de rol para el alumnado, por lo que es esencial tener en cuenta sus actitudes e ideas sexistas antes de intentar cambiar las de este último.

Son múltiples las iniciativas que se pueden utilizar para realizar una acción positiva en el centro escolar cuyo objetivo final sería el de diseñar una política escolar antisexista. Para ello, es aconsejable comenzar por una fase de diagnóstico de la situación, partiendo de grupos de trabajo de personal docente interesado en el tema, que se dediquen a investigar sobre diferentes aspectos de la discriminación en el centro. En una segunda fase del trabajo se trataría de diseñar proyectos de intervención para modificar la situación diagnosticada.

Por lo que respecta al área de ciencias, se puede comenzar por analizar los sesgos sexistas en libros de texto y materiales didácticos, proponiendo alternativas a pequeña escala. Un segundo paso sería realizar observaciones pautadas de las clases por una persona externa, con objeto de desvelar los factores de desigualdad presentes en ellas. Los resultados obtenidos se discutirán en el grupo de trabajo, con la finalidad de realizar una puesta en común y diseñar las estrategias necesarias para someter, dichos resultados, a un debate en el aula y en los diferentes órganos del centro. El objetivo final del trabajo ha de ser la puesta en práctica de una acción positiva coeducativa, que implique cambios en los aspectos organizativos y curriculares, tanto en el área como en el centro.

En cualquier caso, es absolutamente necesaria la utilización de materiales didácticos que contemplen la perspectiva de género. Tal es la intención de la presente publicación. Como ya se ha indicado en la introducción, de entre todos los enfoques posibles, se ha elegido el de poner de manifiesto la presencia de las mujeres en la historia de las ciencias, que se podría denominar como una historia de obstáculos, invisibilidad, incomprensión y desconsideración.

### **1.3. Las mujeres en la historia de la ciencia**

Las ciencias en la actualidad se han constituido en el saber establecido e indiscutible, pero no siempre ha sido así. Las primeras formas del saber se agruparon en torno a la filosofía y, posteriormente, se fueron configurando diferentes tradiciones y prácticas. Algunas tradiciones que se pueden relacionar con la actividad científica, como la alquimia, la neumática, la fabricación de tintes, fármacos, adobes o explosivos, entre otros, se fueron agrupando y reorganizando, a lo largo de los siglos, para dar lugar a las actuales disciplinas científicas. La construcción de la ciencia moderna, según las reconstrucciones positivistas, se basó en una epistemología que postulaba la objetividad absoluta, la neutralidad axiológica y la voluntad de independencia respecto al contexto social e histórico. Prescindiendo de la discusión acerca del idealismo que suponen tales reconstrucciones respecto al nacimiento y construcción de la ciencia moderna, lo que sí es cierto es que en la categorización de los saberes occidentales, quedaron excluidos del concepto de ciencia los saberes relativos a la agricultura, el tinte, la alimentación o la elaboración de tejidos, en los que la presencia de las mujeres ha sido y sigue siendo importante.

Pero la ciencia moderna no es la ciencia, la tecnociencia, de nuestros días. Las corrientes críticas de la filosofía de la ciencia han cuestionado la ciencia de la *verdad absoluta* de finales del siglo XIX y comienzos del XX, que podía explicar todos los fenómenos, haciéndola evolucionar hacia la idea de ciencia como una categoría construida socialmente, un producto humano elaborado de una forma determinada y con un nivel de rigor. Los estudios sociales de la ciencia han señalado que ésta es una actividad humana, moldeada por las condiciones económicas, sociales y culturales de la sociedad en la que se desarrolla. Por su parte, algunas corrientes de los estudios de género sostienen que la ciencia no es un esfuerzo puramente cognitivo, sino que es una actividad profundamente social y personal. Asimismo, han añadido al análisis crítico de la ciencia la importancia de desvelar la masculinidad que impregna, no sólo los usos y aplicaciones de la misma, sino la forma en que aquella ha sido construida.

El pensamiento occidental se ha construido sobre la base de una concepción dualista del universo, según la cual todo está bajo el dominio de dos principios originarios, antagónicos e irreductibles entre ellos. La ciencia no escapa a este dualismo y asume las divisiones entre lo cognitivo y lo afectivo, lo objetivo y lo subjetivo y, en definitiva, entre lo masculino y lo femenino, valorando además el primer elemento de cada par y desvalorizando el segundo. Estas dicotomías impregnan la forma de percibir y pensar el mundo, la forma de conceptualizar y establecer los principios lógicos, afectando a las mujeres, a los hombres y a

la propia ciencia.

Por otra parte, la concepción que la mayoría de la población tiene acerca de cómo se construyen el conocimiento, las teorías científicas y la evolución de éstas, es decir, el modelo de ciencia, no se corresponde con una reflexión crítica sobre la actividad científica. Predomina un modelo estereotipado que la considera como la búsqueda de la verdad objetiva sobre el mundo físico. Este modelo combina una visión androcéntrica y mistificada de la ciencia -en la que el hombre es el conquistador y controlador de la naturaleza- con una fe positivista, es decir, una confianza casi ciega en el continuo avance tecnológico obtenido a través de la aplicación del método científico, cada vez más próximo a la verdad absoluta y conducente siempre al progreso imparable de la humanidad. Este modelo de ciencia se refuerza a través de la enseñanza y de la imagen de la misma que transmiten los medios de comunicación es, además, el que predomina en una gran parte de las comunidades científicas. Para avanzar en la construcción de saberes científicos, sin la atribución de masculinidad que hoy comportan, es necesario reconocer que la empresa científica posee un conjunto de rasgos que sólo se detecta con una mirada desde la perspectiva de género.

Se debe tener en cuenta, no obstante, que las ecuaciones establecidas entre mente, razón y masculinidad, y las dicotomías mente-naturaleza, razón-sentimiento o masculino-femenino, por citar algunas de las más relevantes, han variado a lo largo de la historia. Así, a lo largo del siglo XVIII, época de construcción y consolidación de la ciencia moderna procedente del siglo anterior, las definiciones de lo *masculino* y de lo *femenino* se fueron polarizando para adecuarse mejor a la división, entre el trabajo y el hogar, necesaria para la nueva estructura económica y social que se impondrá en el siglo XIX. Las mujeres pasaron a definirse como el *ángel del hogar*, nada más lejos de su posible adscripción a la actividad científica.

Para comprender la construcción del conocimiento científico, desde la perspectiva de la lógica de la complejidad, es preciso analizar los datos relativos a esa producción en el marco de los conocimientos de conjunto de que se dispone para cada caso particular. Esta lógica propone prestar atención a las dimensiones personales, emocionales y de género en la construcción y aceptación de las afirmaciones del conocimiento científico. En el proceso de reconceptualización del conocimiento parece necesario, pues, que la ciencia revise los conceptos centrales que la organizan, pero también debe prestar atención a la incorporación del saber de las mujeres

De acuerdo con esta última consideración, este trabajo, ya se ha dicho, utilizará la historia de

la ciencia como eje vertebrador. En concreto, se trata de reconstruir la historia de las científicas, de manera que recoja la relación entre las mujeres y el conocimiento. Para ello se ha de trabajar con una noción extensa de la historia de la ciencia, entendida como una reflexión sobre las formas y las mediaciones simbólicas, que hace referencia a mujeres que han dejado huella de su pensamiento y de su acción en diversos campos de la ciencia. Interesa conocer y profundizar en la historia de la ciencia, dado que la historia se utiliza para legitimar la situación actual y para establecer la legitimidad o ilegitimidad de los cambios. Para ello es indispensable el análisis de la autoridad de las mujeres en las distintas tradiciones en que estaba organizado el conocimiento antes de la consolidación de la ciencia moderna. Se deben revisar, también, los conflictos de autoridad que se plantearon durante la emergencia de la ciencia moderna y su paso de actividad amateur a actividad profesional. Dichos conflictos quedaron reflejados en la práctica científica de las mujeres, en la configuración de las instituciones científicas y en la autoría de las publicaciones.

La base factual de que se dispone, actualmente, respecto a la producción femenina de conocimiento, obliga a replantear la estrechez de los marcos conceptuales tradicionales de la historia de las ciencias. Téngase en cuenta que la historia del conocimiento se ha construido como un objeto cultural histórico, es decir, como un discurso con pretensiones de verdad.

Desde la perspectiva expresada, la exclusión de las mujeres de la ciencia y de la tecnología no es sólo el resultado de los procesos de socialización y de los condicionamientos familiares que pesan sobre las personas de ambos sexos, sino también el del propio desarrollo de la ciencia y de la forma en que el conocimiento científico se presenta a la sociedad. Las huellas que han dejado las mujeres han sido filtradas por la mirada de los hombres que la han reconstruido y escrito. Si su acceso al conocimiento ha sido difícil, cuando no prohibido en la mayoría de las épocas históricas, más difícil resulta aún recuperar sus huellas. ¿Cómo hacerlo?

El proceso de exclusión de las mujeres de la ciencia ha determinado no sólo la escasez de obra científica identificada como femenina, en comparación con la masculina, sino también su falta de transmisión. De todas formas, si se rastrea con convicción en el pasado científico de occidente, se hallarán muchas más mujeres de las que cabría imaginarse que contribuyeron a la creación de conocimiento y de ciencia.

Pero no se ha de caer en la tentación de volver a la historia de las grandes científicas porque este enfoque deja a las mujeres sin una tradición en la que insertarse a lo largo de la historia, conduciendo a una experiencia de presente sin pasado. Es preciso recoger el trabajo realizado



por distintos grupos de mujeres, ya sea en relación con el conocimiento científico o con las actividades artesanales.

Ahora bien, este rastreo no puede limitarse a utilizar las metodologías de las nuevas corrientes historiográficas, que impulsan la historia de las mentalidades o de los colectivos, ya que las mujeres fueron excluidas de las instituciones, prácticamente hasta el siglo XX. Además, uno de los problemas de esta investigación es la dificultad para localizar las fuentes, ya que el anonimato y el camuflaje han sido algunas de las características de estas mujeres.

Establecido ya que la participación de las mujeres en la historia no ha sido exactamente igual a la de los hombres, tampoco puede ser analizada de la misma forma. Así, algunos de los problemas metodológicos con los que se enfrenta la reconstrucción de la historia de las mujeres son los criterios de periodización, es decir, las etapas de desarrollo, transmisión e institucionalización de los conocimientos y de la práctica científica oficial, ya que no permiten recoger con precisión las aportaciones de las mujeres a la historia de la ciencia.

Además, es necesario tener en cuenta otros muchos factores para valorar la posición relativa de las mujeres en cualquier sociedad o momento de la historia, pero quizá dos de ellos sean los fundamentales: el acceso a la educación y la opinión de la sociedad –y de la ciencia- sobre las mujeres y el significado de ser mujer. Pero también se han de examinar las relaciones de las mujeres reales con el concepto normativo de *mujer* en cada momento histórico.

Por último, el análisis de la experiencia de las científicas no puede ser abordado con los conceptos actuales. Las palabras escritas por ellas no pueden adquirir significado calificando a sus autoras de histéricas, extravagantes o locas. Tampoco valdrá decir que sus planteamientos estaban equivocados. Hay que vencer las murallas de los siglos, dejando atrás el sentimiento de superioridad del actual y tratar de situar los textos y las ideas en el contexto científico-filosófico de la época correspondiente. Es necesario situar las palabras en su mundo y en su cultura. Sin este trabajo es imposible recuperar el significado de los textos para que puedan responder a las preguntas que se le planteen. Interesa, asimismo, detectar en qué momento surgen nuevas formas de lenguaje o de representación, como por ejemplo en la Edad Media, en la tradición alquimista, en el nacimiento de la ciencia moderna o en la tecnociencia actual. Tales serán los enfoques con que se intentarán abordar los capítulos y actividades relacionadas con la historia de las mujeres en la ciencia.

#### **1.4. Sugerencias para trabajar en el aula**

Se proponen a continuación diversas actividades. La primera de ellas está relacionada con la importancia del modelo de ciencia en la realización del trabajo científico. Se propone la utilización de la película *Contact*. Las siguientes están encaminadas a hacer patente la presencia de las mujeres en la historia de la ciencia y también a debatir sobre su escasa representación, en la actualidad, en los centros de decisión. Para ello se han incluido textos sobre la *Evolución histórica del concepto de alimentación* y sobre *La situación actual de las mujeres en la ciencia*. En los primeros se ha introducido el contenido de la invisibilidad de las mujeres de forma transversal. En los segundos, se han reproducido artículos que tratan específicamente el problema señalado.

Las actividades propuestas requieren la organización del aula en pequeños grupos para el análisis y debate de los textos. A esta fase debe seguir una de puesta en común en gran grupo.

##### **1.4.1. La importancia del modelo de ciencia en la realización del trabajo científico**

Para comentar con el alumnado la importancia del modelo de ciencia, en la realización del trabajo científico, se propone utilizar la película *Contact* (1997) del director Robert Zemeckis, con guión de Carl Sagan. En esta película, la Doctora Ellia Arrowway, interpretada por Jodie Foster, ejemplifica claramente cómo juega el azar en la explicación de los fenómenos científicos, cuando consigue recibir las señales emitidas desde la estrella Vega, y descifrar los mensajes que supuestamente llegan desde el exterior. No utiliza ninguna lógica especial en su trabajo, ni sigue ninguna fórmula matemática para interpretar la información recibida, sin embargo consigue obtener buenos resultados en su investigación.

Además, la película muestra la importancia de las relaciones personales en los equipos de investigación y los enfrentamientos entre las distintas posiciones ideológicas respecto a la ciencia.

Una vez pasada la película, se propone el siguiente cuestionario, para cumplimentar y debatir:

- ¿Qué tipo de observación lleva a cabo la Dra. Ellia Arrowway en la base astronómica?
- ¿Por qué la echan de la primera base de observación astronómica donde trabaja?
- Explica la opinión de la Dra. Arrowway sobre el trabajo científico y los objetivos de la

investigación científica.

- ¿Qué información recibe la Dra. Arroway que le permite pensar en la existencia de vida en la estrella Vega?
- ¿Por qué el Gobierno y el Presidente de EEUU le dan tanta importancia a la información que obtiene la Dra. Arroway?
- Explica cómo se desarrolla el trabajo de investigación en la base astronómica ¿Qué coincidencias y qué diferencias presenta respecto a la actividad científica en general?
- ¿Qué motivos se dan en la película para no seleccionar a la Dra. Arroway para el primer viaje en la cápsula?
- ¿Qué disculpa le da David Dunklin, su jefe, unos momentos antes del lanzamiento de la cápsula, respecto a no haber sido seleccionada? Indica la respuesta de la Dra. y di con quién estás de acuerdo.
- Explica el enfrentamiento entre ciencia y religión en la película.
- Explica tu opinión sobre el hecho de que la Dra. Arroway no tenga vida privada, ni familia, ni amistades al margen de su trabajo.
- Indica el único dato empírico, que muestra la película, del viaje que realiza la Dra. Arroway a la estrella Vega.
- ¿Crees que la Dra. Arroway realizó el viaje a la estrella Vega? Sea tu respuesta afirmativa o negativa, manifiesta tu opinión sobre el viaje, explicando en qué te basas.

#### **1.4.2. Evolución histórica del concepto de alimentación**

Se ha elegido para esta ejemplificación, la evolución del concepto de alimentación, ya que ha sido una actividad tradicionalmente encargada a las mujeres. Se proponen a continuación diversas actividades para realizar en pequeño grupo, que pueden llevarse a cabo en clases de biología o de química, como modo de introducir, por ejemplo, la educación para el consumo o para la salud. Puede ser una buena ocasión, también, para poner de manifiesto la provisionalidad de los conocimientos científicos.

- Lee el primero de los textos dedicados a *La evolución histórica del concepto de alimentación*, realizando las actividades propuestas en él:

Una de las formas posibles de abordar el estudio de la alimentación y nutrición humanas es examinar el

desarrollo histórico del concepto que, además, nos va a permitir poner de manifiesto que la mujer no ha sido ajena al quehacer de la ciencia y la tecnología. La historia de la alimentación, tradicionalmente encargada a las mujeres, es la historia de la humanidad y nos permitirá conocer múltiples datos de las sociedades en las que aquella se ha desarrollado.

Hace unos 50.000 años, se comenzó a utilizar el fuego en la preparación de los alimentos pues la carne cocida o asada es más fácil de digerir o masticar. Es altamente probable que las mujeres tuvieran mucho que ver con el descubrimiento del fuego y con su utilización. Hace sólo unos 7000 años, apareció la agricultura, formándose asentamientos en los que la cocina era un elemento imprescindible, en torno al cual las personas fueron aprendiendo a elaborar y transformar los alimentos para que fuese más satisfactoria su ingestión. En un principio, la alimentación dependía exclusivamente de lo que el entorno próximo proporcionaba, pero a medida que se fueron incorporando técnicas más avanzadas y, sobre todo, gracias al progreso de las comunicaciones, se hizo posible la diversificación de la dieta. Es imposible pensar que las mujeres no hayan estado presentes en todos estos procesos, siendo como han sido las encargadas de alimentar a la familia, a no ser que se piense en ellas como seres incapaces de desarrollar habilidades o técnicas de aprendizaje. Sin embargo, la historia de la alimentación rarisima vez las menciona (Álvarez Lires, Soneira y Pizarro, 1994).

- Realiza una investigación bibliográfica sobre los alimentos que acompañaban, en el antiguo Egipto, a los faraones cuando eran enterrados.
- ¿Existieron faraonas? Consulta bibliografía sobre esta cuestión.
- Lleva a cabo una investigación bibliográfica acerca de los cultivos que se introdujeron en Europa a partir de las Cruzadas.
- Haz un estudio del significado que tuvo, para la dieta europea, la introducción del cultivo de la patata, del maíz y el chocolate, procedentes de América en el siglo XVI.
- Comenta con tu grupo la siguiente afirmación: "Una comida satisfactoria influye en nuestro estado de ánimo. Comiendo cosas de sabor agradable nos sentimos bien y aumenta nuestra calidad de vida".
- Lee el siguiente texto y realiza las actividades propuestas:

#### *El gusto alimentario*

Que el gusto alimentario cambió lo prueban a la vez los relatos de viaje y los libros de cocina [...].

En Francia, como en los demás países de Europa, la utilización de especias orientales fue durante los siglos XIV, XV y XVI, uno de los principales rasgos de la cocina aristocrática. Ahora bien, desde el siglo XVII los viajeros franceses empiezan a desacreditar de manera sistemática los manjares aderezados con especias que se siguen sirviendo en el resto de Europa.

Además, aunque los cocineros franceses de los siglos XVII y XVIII siguen empleando la pimienta, el clavo y la nuez moscada -incluso con mayor frecuencia que antes- a decir verdad, parece que los utilizan en cantidades mucho menores y han dejado de emplear casi totalmente las demás especias: azafrán, jengibre, canela, cardamomo o malageta, pimienta lara, galanga, macis, etc. [VVAA (1992): *Historia de la vida*

*privada*. Taurus. Madrid].

- Analiza qué especias se conocen en tu grupo, indicando las comidas en las que se utilizan.
- Discute con qué factores está relacionado, en la actualidad, el cambio en las costumbres alimenticias (comidas rápidas, comidas preparadas...) ¿Tendrá relación con la incorporación de las mujeres a la vida pública? ¿Con los intereses de grandes compañías de alimentación?
- En el texto se habla de cocineros. ¿Están incluidas, en este plural las cocineras? ¿Tienen el mismo significado las palabras cocinera y cocinero? ¿Por qué?

Se sugiere una puesta en común de los resultados de cada uno de los grupos, examinando si existen diferencias de opinión y de conocimientos (por ejemplo, de especias y su utilización) entre chicas y chicos.

- Lee el siguiente texto y realiza las actividades propuestas al final del mismo:

***La dieta alimentaria: una cuestión de cantidad. Marie Anne y Antoine Lavoisier***

Si bien la alimentación se convirtió en una parte importante de la cultura de los pueblos, la respuesta a preguntas como ¿qué significa comer de forma sana y equilibrada? ¿qué tipos de alimentos necesitamos, en qué cantidades, qué destino tienen en nuestro organismo? es muy reciente y, en muchos aspectos, la investigación sobre ellas no ha terminado.

La química desempeñó un importante papel en la respuesta a muchas de las preguntas que acabamos de formular. Los trabajos de Antoine y Marie Anne Lavoisier, que colaboraron durante muchos años, aplicados a la nutrición, permitieron abordar el conocimiento científico de la misma.

Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836) se había casado a los catorce años con Antoine Lavoisier, de veintiocho. Era un matrimonio de conveniencia, del que se dice que fue arreglado por el padre de Marie para salvarla de una proposición real de matrimonio con un pretendiente viejo y degenerado. Resultó ser una de las uniones más fructíferas de la historia de las ciencias. Tan estrecha fue la colaboración entre ambos, que resulta prácticamente imposible, con los datos de que se dispone, separar las contribuciones de Marie de las de su famoso marido, aunque nos interesa resaltar que Lavoisier se dedicó a la actividad de recaudar impuestos durante mucho tiempo, lo cual le mantenía alejado del laboratorio largas temporadas. Así pues, todo hace suponer que la encargada de llevar a buen término las investigaciones y los cuadernos de laboratorio era Marie Anne.

Antoine Lavoisier, que ya era un químico reconocido, dirigió la educación y los intereses de su joven e inteligente mujer. Marie comenzó aprendiendo latín e inglés para traducir al francés los nuevos e importantes tratados de química procedentes de Inglaterra. Entre sus traducciones más importantes figuran las obras de Priestley y Cavendish, así como el *Ensayo sobre el flogisto* de Kirwan. También estudió dibujo y pintura con el pintor francés Louis David, gracias a lo cual ilustró los trabajos publicados por Lavoisier con representaciones minuciosas de los aparatos empleados en la experimentación, que se reproducían, en esta época, mediante grabados en cobre.

Antoine murió guillotinado en 1794, víctima de los excesos de la Revolución Francesa, y Marie, fugitiva por

algún tiempo, consiguió que se le devolvieran sus propiedades, continuando los estudios de química y publicando en 1805 *Mémoires de Chimie* con el nombre de su marido.

Por lo que al tema que nos ocupa se refiere, los estudios llevados a cabo por el matrimonio Lavoisier que nos interesan son los relacionados con las combustiones y oxidaciones, pues se ocuparon del intercambio respiratorio en los animales superiores y en las personas, identificando la respiración con una combustión. En uno de sus escritos podemos leer:

'La respiración no es más que una combustión lenta de carbono y de hidrógeno, similar a lo que ocurre en una lámpara o una vela encendida y, desde este punto de vista, los animales que respiran son verdaderamente cuerpos combustibles que se queman y consumen a sí mismos. En la respiración, como en la combustión, es el aire el que suministra oxígeno, pero en la respiración es la *substancia corporal* la que suministra el calor. Si el animal no repone constantemente las pérdidas respiratorias, la lámpara pronto se queda sin aceite y el animal muere del mismo modo que la lámpara se apaga cuando le falta combustible'.

A partir de este momento, los alimentos se consideran *combustibles* de los que se obtiene la energía necesaria para producir calor al quemarse con oxígeno, produciendo dióxido de carbono

La conclusión fue la de que los alimentos servían para reponer las pérdidas en la combustión, atribuyéndoseles una misión *energética*. *Su composición era indiferente. La dieta era una cuestión de cantidad* (Alic, 1991; Álvarez Lires, Soneira y Pizarro, 1994).

Realiza, sobre la base de lo discutido en el grupo, una pequeña exposición de las ideas, surgidas de la lectura, y del capítulo 3, acerca de la presencia de las mujeres en la ciencia en el siglo XVIII.

- Indica cuáles pudieron ser las razones de Marie Lavoisier para publicar los escritos con el nombre de su marido en exclusiva.

• Lee los textos siguientes, que se refieren a diversas ideas sobre la dieta en los siglos XIX y XX y realiza las actividades propuestas:

***Siglo XIX. La dieta: una cuestión de calidad***

Los estudios del matrimonio Lavoisier, a los que hemos hecho referencia, fueron la base de muchos otros posteriores (Pettenkofer, Voit, Rubner, etc), fundamentalmente en la escuela de Munich, que establecieron de forma definitiva a finales del s. XIX que los alimentos son combustibles necesarios para el mantenimiento de los procesos vitales, y que la energía que producen puede medirse en forma de calor. También se intentaba establecer la procedencia del nitrógeno en los tejidos de los seres vivos.

En 1816, Magendic (1783-1855) realizó uno de los primeros estudios de nutrición experimental en animales de laboratorio.

El experimento consistía en alimentar perros con alimentos de diferente composición. Los perros alimentados, bien con hidratos de carbono, bien con grasa (aceite de oliva o mantequilla), en exclusiva, morían solamente unos días más tarde que los privados totalmente de alimentos. Aquellos perros, alimentados con carne, únicamente, vivían y se desarrollaban normalmente.

Esta experiencia se ha venido utilizando, en la literatura especializada, como prueba de que las proteínas -

fuentes de nitrógeno- son indispensables para la nutrición de los animales. También se pudo comprobar que no todas las proteínas poseían el mismo valor nutritivo, pues no era posible mantener vivos a los perros suministrándoles gelatina como única proteína alimenticia.

Esta peculiar característica de las proteínas fue estudiada por el químico francés Liebig (1803-1873), quien pudo demostrar que, mientras los hidratos de carbono y las grasas son alimentos fundamentalmente combustibles, esto es, proporcionan al cuerpo la energía que precisa, las proteínas le proporcionan las sustancias que necesita para construir y reparar sus propias estructuras, es decir, son *materiales plásticos*.

Había nacido un nuevo concepto en la buena alimentación, *la calidad*. Ésta no era sólo una cuestión de cantidad (energía), sino que la dieta debería contener una cierta cantidad de componentes *proteicos-plásticos*.

### **Siglo XX. Una buena dieta es una dieta equilibrada**

A finales del siglo XIX parecía que ya estaba todo resuelto en cuanto a qué era lo que debía contener una buena alimentación: una fuente adecuada de energía en forma de hidratos de carbono y grasas, además de alimentos de reconstrucción o plásticos, proteínas, a los que debía acompañar una cierta cantidad de sales minerales. Parecía posible, pues, la alimentación a base de productos químicos purificados en forma de paquetitos que podrían llevarse cómodamente en el bolsillo (Berthelot, químico francés (1827-1907).

A comienzos del siglo XX, el bioquímico inglés Frederick Hopkins (1861-1947) descubrió que en los alimentos existían ciertas sustancias orgánicas indispensables para el desarrollo animal, que posteriormente recibieron el nombre de *vitaminas*. Su descubrimiento permitió explicar el origen de ciertas enfermedades conocidas como enfermedades carenciales.

Su papel en la nutrición es el de regular algunas de las reacciones químicas que se producen en el organismo, en particular las relacionadas con el metabolismo, por lo que se les conoce como *elementos reguladores*. Este papel también lo ejercen algunos metales como el sodio o el magnesio.

### **Sobredosis vitamínica**

Si en cualquier caso una ingestión excesiva de vitaminas es absurda, ya que el efecto que pudieran producir se podría conseguir con una cantidad mucho menor, existen ocasiones en que un abuso de vitaminas puede ser tóxico.

En efecto, todas las vitaminas conocidas se pueden dividir en dos grandes grupos: vitaminas liposolubles, esto es, solubles en grasa, y vitaminas hidrosolubles, que se disuelven en agua.

Una sobredosis de vitaminas hidrosolubles no produce efectos beneficiosos para el organismo, pero tampoco da lugar a efectos nocivos, ya que al disolverse en agua son fácilmente expulsadas por medio del sudor o de la orina; sin embargo, una dosis excesiva de vitaminas liposolubles- vitaminas A, D, E y K- puede dar lugar a una acumulación en diferentes partes grasas del organismo, lo que puede producir efectos patógenos (Álvarez Lires, Soneira y Pizarro, 1994); [Grande Covián, F. (1981): *Alimentación y nutrición*. Salvat. Madrid].

- Elabora un listado de todos los científicos que aparecen en los textos anteriores.
- Investiga sus aportaciones a la historia de la ciencia y, en particular, a la nutrición.
- ¿Por qué crees que no aparece ningún nombre de mujer en esos textos?
- ¿Dónde habría que buscar la contribución de las mujeres a la alimentación y a la nutrición de

los seres humanos?

- ¿Quién se ocupa en tu casa de la alimentación familiar?

- Reúne prospectos informativos sobre complejos vitamínicos.

- Indica en qué casos está justificada la ingestión de estos u otros complejos vitamínicos y en cuáles no lo está, justificando tus respuestas.

- Pregunta la opinión de la persona encargada de la alimentación familiar en tu casa.

• Lee el texto siguiente, que concreta el concepto actual de dieta equilibrada y realiza las actividades que se proponen:

### ***El concepto actual de dieta equilibrada***

Podemos concluir, por ahora, que una buena alimentación es la que nos proporciona:

Materiales energéticos mediante hidratos de carbono y grasas.

Materiales plásticos mediante proteínas y calcio.

Elementos reguladores, que son las vitaminas y algunos metales.

Otra interesante conclusión es que **COMER BIEN NO SIGNIFICA COMER MUCHO**.

De un modo general, puede considerarse como satisfactoria una dieta que contenga un 50% de hidratos de carbono o glúcidos, un 35% de grasas o lípidos y alrededor de un 10-12% de proteínas. Las vitaminas y minerales han de aportar menos del 1%.

Sin embargo, elaborar una dieta equilibrada para afrontar las necesidades que tiene el organismo de cada uno de los principios inmediatos es una tarea difícil, puesto que las necesidades de las personas son muy diferentes, dependiendo de la edad o de diferentes situaciones y, además, los alimentos naturales tienen composiciones diversas.

Por ello, tiene gran valor práctico la clasificación de los alimentos en grupos según su función, de tal manera que podemos elegir alimentos de entre dichos grupos para elaborar una dieta adecuada a las necesidades de cada persona y de cada situación, sin que resulte monótona o desagradable.

Los alimentos nos proporcionan tres tipos de nutrientes:

Los glúcidos y lípidos se emplean para conseguir energía, por eso se les llama *energéticos*. Los cereales, las legumbres, los azúcares, las frutas y verduras aportan fundamentalmente glúcidos, mientras que las grasas, carnes, pescados, huevos y productos lácteos proporcionan lípidos.

Las proteínas y los minerales contribuyen a formar las estructuras del organismo, por eso se les llama *plásticos o estructurales*. Los alimentos proteínicos son los lácteos, la carne, el pescado y los huevos.

Las vitaminas y los minerales permiten regular las actividades celulares. Actúan en pequeñísimas cantidades y reciben el nombre de *reguladores*. Se encuentran en las frutas y en las verduras, en los productos lácteos, así como en la carne, el pescado y los huevos.

Una dieta será equilibrada si tomamos a diario uno o dos alimentos de cada grupo, según los porcentajes indicados.

Habrás oído hablar de la *dieta mediterránea*, pero no siempre se aclara en qué consiste. Ahora lo aprenderás: Poca cantidad de azúcar, mantequilla o margarina.



Cantidades moderadas de productos lácteos, carne, pescado y huevos.

Mucha cantidad de verdura, fruta, legumbres y cereales.

Algunas veces al año se puede comer carne roja.

Algunas veces por semana, dulces, huevos, pollo o pescado.

Diariamente se debe consumir queso, lácteos, aceite de oliva, frutas, verduras, hortalizas, pan y cereales (Álvarez Lires, Soneira y Pizarro, 1994); [Ben, I., Brañas, M., Gargallo, J.M. y Pizarro, I. (1998): *Ciencias da Natureza, 3º ESO*. Editorial Galaxia. Vigo].

- ¿Crees que ya se sabe todo sobre la dieta alimentaria de los seres humanos?
- Confecciona una dieta semanal equilibrada.
- Compárala con la dieta que sigue cada una de las personas del pequeño grupo.
- Discusión de los resultados.

### 1.4.3. La situación actual de las mujeres en la ciencia

La Unión Europea (UE) alertaba, en el año 2000, sobre la escasez de mujeres en puestos relevantes de la ciencia y la investigación. Actualmente, se están desarrollando proyectos de investigación y se han formado redes de científicas de ámbito europeo, que tratan de establecer las causas de esta situación y de proponer acciones para paliarla. Como ejemplo de lo que se acaba de indicar, se comentan algunas cifras del año 1998 ofrecidas por la Dirección General XII de la UE:

Si bien el porcentaje de investigadoras en Europa es de un 23%, el porcentaje de profesoras titulares es aproximadamente del 14%, y el de catedráticas del 5%.

Después de lo dicho, no resulta nada extraño que nos encontremos con un bajo porcentaje de mujeres que están al frente de la investigación, tanto en posiciones de alto nivel como en organismos que toman decisiones sobre las políticas de investigación en lo referente a contenidos y a asignación de recursos.

Por otra parte, los porcentajes de mujeres, correspondientes a la representación de cada país en la Asamblea Europea de la Ciencia y la Tecnología, en el mismo año, son los siguientes:

PAÍS	%	PAÍS	%	PAÍS	%
AUSTRIA	2,8	BÉLGICA	5,3	DINAMARCA	5,2

FINLANDIA 6,1	FRANCIA 2,9	ALEMANIA 2,0
GRECIA 3,0	IRLANDA 4,8	ITALIA 3,0
HOLANDA 2,1	PORTUGAL 5,2	SUECIA 3,6
R. UNIDO 6,2		

Se han señalado diversas causas responsables de esta situación, algunas de las cuales se examinan en los artículos que se reproducen a continuación. Dos de ellos, del año 1991, proceden del suplemento de ciencia, técnica e informática del diario *El País*. Los otros dos corresponden a los años 1998 y 1999, respectivamente, y proceden de la sección de sociedad del diario *El Mundo*. A juzgar por los datos de la Comisión Europea, que se recogen en los artículos más recientes, no parece que las cosas hayan cambiado mucho en una década.

En base a lo comentado hasta ahora y a los artículos transcritos se proponen las siguientes actividades:

- Lee el artículo siguiente y discute en tu grupo las cuestiones propuestas:

***MUJERES HACIA LA CUMBRE. La escasez de académicas en EEUU provoca polémica en el país con más investigadores***

La prestigiosa Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos anunció recientemente su presentación anual de nuevos miembros, concediendo un codiciado honor a un reducido grupo de investigadores estadounidenses. Pero, de los 60 científicos elegidos para la academia, solamente seis son mujeres. Pocas mujeres científicas se sienten satisfechas por los resultados de la elección académica.

"Creo que es un porcentaje ridículo", dice Susana E. Leeman, neurocientífica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Massachusetts en Worcester, uno de los miembros recién elegidos. "Estoy muy orgullosa y complacida por mi nombramiento, pero 6 de 60 me parece sorprendente". Desde 1970, solamente un puñado de mujeres (como máximo media docena) ha sido elegido anualmente para la academia, a pesar de que el número de candidatas parece haber crecido considerablemente.

Según el Consejo de Investigación Nacional, en Estados Unidos, el porcentaje de doctores científicos que son mujeres se duplicó desde el 10% en 1973 al 20% en 1989, el último año del que se dispone de información. Si se tienen en cuenta todos los tipos de científicos en todas las áreas de la ciencia, las mujeres suponen, actualmente, casi un tercio del total.

Peter Raven, secretario de la Academia y encargado de dirigir las elecciones, dijo que esa institución estaba intentando por todos los medios reclutar miembros jóvenes y, por tanto, más mujeres. Pero la continuada escasez de académicas es una faceta de un tema más amplio. Las mujeres han compuesto durante años los rangos bajos y medios de la ciencia, y todavía no han logrado alcanzar los niveles superiores más que en un número muy reducido.

El problema no se reduce a la ciencia, pero, si la ciencia es una profesión donde la promoción depende

únicamente del valor de las ideas de un individuo, las barreras deberían ser menores que en otros aspectos de la vida.

No obstante, las investigadoras consultadas coinciden en afirmar que en realidad muchas de las dificultades que encuentran son peculiares de su ramo, y que ciertas características de la cultura científica tienden más a impedir el progreso femenino que a incentivarlo. Entre esas características está la extrema insularidad de la ciencia y la necesidad de encontrarse en el centro de las comedillas si uno pretende enterarse antes que los competidores de nuevos resultados importantes.

Las mujeres dicen que, debido a que con frecuencia se ven excluidas de las reuniones y colaboraciones científica más importantes, no tienen acceso a los círculos de cotilleos. También tienen menores oportunidades de presentar sus descubrimientos e ideas ante sus colegas más influyentes, una vía clave para conseguir influencia científica.

### ***Barreras menos visibles***

"Las barreras legales al progreso [de las mujeres] se han eliminado", dice Londa Schiebinger, profesora de historia y autora de la obra *The Mind has No Sex (La inteligencia no tiene sexo)*, sobre la historia de las mujeres en la ciencia. "Han desaparecido las barreras más visibles, así que lo que queda son aquellas cosas más imperceptibles, y son cosas de las que es difícil hablar, no sólo por no ser cuantificables, sino porque provocan mucha hostilidad cuando se mencionan a los hombres".

A pesar de las mayores oportunidades en los rangos inferiores, las mujeres están muy mal representadas en las categorías superiores de la universidad.

Ellas suman sólo el 3% de los profesores en las facultades de física y el 2% en las de ingeniería. La situación en ciencias como biología y biomedicina es algo mejor, con un 22% en la primera. Pero incluso ahí la mayoría está encuadrada en categorías de "ayudante de investigación" o "colaboradora", sin posibilidades de ejercer el profesorado:

Incluso como profesoras, las mujeres casi nunca dirigen el tipo de gran laboratorio que consigue subvenciones federales multimillonarias y da renombre. "Cuando las mujeres consiguen un cargo, a menudo quedan ceñidas a su reducido cubículo haciendo sus cositas", dice Leeman. "A medida que se hacen mayores no se las incorpora a ningún comité, ni participan en asignaciones de recursos o en la dirección de una institución".

Los salarios femeninos reflejan las eternas discrepancias. Aunque hombres y mujeres tienen prácticamente el mismo salario en los puestos inferiores, pronto empiezan a notarse las diferencias en subidas anuales. Después de trabajar 10 años en un puesto científico, los hombres ganan entre el 25% y el 35% más que las mujeres [Angier, N. (1991): *El País* (31-7-91)].

- Observa los porcentajes de "doctores científicos que son mujeres" dados por el Consejo de Investigación Nacional de Estados Unidos. Coméntalos junto a la opinión de Susana Leeman.
- El secretario de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, Peter Raven, indica que se "estaba intentando por todos los medios reclutar miembros jóvenes y, por tanto, más mujeres". ¿Crees que esa correlación entre "miembros jóvenes" (para la Academia) y "más

mujeres" responde a la realidad? ¿equilibrará esa acción el número de varones y mujeres en la Academia?

- En el artículo se dice: "... si la ciencia es una profesión donde la promoción depende únicamente del valor de las ideas de un individuo, las barreras deberían ser menores que en otros aspectos de la vida". Debatid en grupo vuestro acuerdo o desacuerdo con este párrafo. Contrastad vuestras opiniones con las de las investigadoras que aparecen en el párrafo, *Barreras menos visibles*.

- Lee el artículo siguiente:

### ***MUJERES FUERA DEL CIRCUITO***

#### ***Combinar tareas de investigación y de maternidad es una labor difícil***

Las razones del fracaso de las mujeres en llegar al techo de la ciencia constituyen una mezcla de lo obvio y de lo difícil de concretar. Muchas dicen que es en parte resultado de ser las que tienen y cuidan a los hijos. Combinar la maternidad y la ciencia es especialmente difícil, dicen, porque la mecánica de los experimentos de investigación con frecuencia requiere guardias nocturnas. Varios estudios demuestran que la mayoría de las mujeres científicas están casadas con otros científicos que están ligados al laboratorio días y noches y no contribuyen demasiado al cuidado de los hijos. Pero otras afirman que hay factores mucho más sutiles.

La ciencia se supone que es un paraíso para los extravagantes de la sociedad. Según el viejo estereotipo, los científicos son sabios [varones] solitarios que miran por microscopios y telescopios con tal abstracción que no perciben la presencia de otras personas; y mucho menos el sexo de esa persona. Pero la ciencia es una de las profesiones más gregarias. Muchos proyectos requieren una íntima colaboración entre equipos de investigadores, y los hombres parece que todavía se sienten más cómodos colaborando con hombres que con mujeres.

Las dificultades para colaborar se ven multiplicadas por el entramado de la ciencia, extraordinariamente internacional. A Estados Unidos llegan ejércitos de científicos extranjeros, y cuando proceden de lugares conservadores, como Japón, Oriente Próximo e India, los investigadores masculinos pueden ser todavía más reacios a colaborar con mujeres que los estadounidenses.

#### ***Circuito de conferencias***

Muchas mujeres se quejan de ser excluidas del importante circuito de las conferencias, una vía crucial hacia el reconocimiento, donde los científicos intercambian sus últimos descubrimientos antes de que la información se divulgue en la prensa científica. Pero muchas mujeres creen que cuando los organizadores de reuniones científicas forman el grupo de oradores, decidiendo quiénes son los ancianos más respetados, los jóvenes más prometedores o los participantes más entretenidos, pocas veces se acuerdan de ellas.

En la mayor conferencia sobre el cáncer de piel del año, celebrada el mes pasado en Nueva York, de los 47 investigadores del programa sólo uno era mujer, aunque el campo de la dermatología tiene un buen número de prestigiosas investigadoras.

Al preguntar por qué creía que las mujeres habían sido prácticamente ignoradas en la conferencia, Darrel S. Rigel, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York y participante en la reunión, dijo que

había sido un acto de negligencia, añadiendo que sería distinto en la reunión sobre cáncer de piel que él y sus colegas estaban organizando. "Tenemos muchas mujeres en nuestro programa", dijo. Pero al comprobar el número exacto rió nerviosamente. "Un momento", dijo. "Sólo dos de 28. No lo había pensado, pues nunca elijo a la gente por el sexo, esto me va a hacer recapacitar".

Las mujeres invitadas a participar encuentran otras dificultades. Muchas se quejan de ser sometidas a un análisis distinto que el de sus colegas masculinos, y ese análisis crítico no procede solamente de los hombres. "Cuando oigo hablar a alguien, tiendo a encontrar más fallos en lo que dice una mujer que en un hombre", dice Marjorie Oettinger, que acaba de obtener su grado de doctora en el Instituto Whitehead de Investigación Biomédica y empieza a ser conocida por sus éxitos en inmunología. "Si habla agresivamente, es pesada o simplona, lo noto. Siempre me siento incómoda por eso, pero soy más sensible a cómo se presenta una mujer".

Otro aspecto de la cultura científica que puede alienar a las mujeres es su escasa agresividad. Los investigadores con frecuencia se enzarzan en acerbas diatribas para desacreditar los resultados y razonamientos de otros, olvidando las bases más elementales de la cortesía. "Los científicos pueden llegar a comportarse como matones de patio de colegio", dice Caroline Porco, científica planetaria de la Universidad de Arizona en Tucson y directora de la misión espacial Cassini de la NASA [Angier, N (1991): *El País* (31-7-1991)].

Tras la lectura del artículo anterior se pueden proponer al alumnado las siguientes cuestiones, para discutir en grupo:

- Haz una relación de las dificultades que las mujeres encuentran para alcanzar una posición destacada en la ciencia.
- ¿Crees que estos artículos reflejan acertadamente las causas de la exclusión de las mujeres de los centros de decisión?
- ¿Podrías citar otras causas?
- ¿Qué opinas acerca de lo que afirma la doctora Oettinger sobre la distinta forma de juzgar el discurso de hombres y de mujeres?
- Comenta la afirmación de la doctora Porco acerca de la agresividad de que hacen gala muchos científicos.
- ¿Crees que las situaciones descritas por las doctoras Oettinger y Porco pueden tener que ver con la situación de las mujeres en la ciencia?
- Lee el siguiente artículo, referente a una reunión internacional, celebrada en Bruselas, convocada por la Comisión Europea (CE), para estudiar la situación de las mujeres en la ciencia:

***LA CIENCIA DISCRIMINA A LAS MUJERES. En las jerarquías científicas brillan por su ausencia***

Ciencia: sustantivo femenino, dice la lingüística. Pero, en realidad, la ciencia es eminentemente masculina. De cada cien estudiantes de ingeniería europeos, sólo seis son mujeres. En los Países Bajos y en el Reino Unido, el 95% de los profesores de ciencia son varones. Y aunque más de la mitad de los titulados superiores de la UE son mujeres, en las carreras de ciencia y tecnología se cuentan cuatro veces más chicos que chicas. Y para qué hablar de los puestos de poder. En las jerarquías, las mujeres brillan por su ausencia: sólo el 8% de los miembros de la Asamblea Europea de Ciencia y Tecnología (ESTA). Sólo 11 mujeres han recibido uno de los 441 premios Nobel de Ciencia. ¿Por qué? Esta es una de las cuestiones analizadas durante dos días en Bruselas por 400 expertas... y expertos de toda Europa, convocados la semana pasada por la Comisión Europea. Y la conclusión a la que han llegado es contundente: la ciencia es sexista.

SELECCIÓN.- "Hay quien afirma que la ciencia no tiene sexo. ¿Quiere eso decir que no tiene más que uno?", se preguntaba Françoise Collin, del Colegio Internacional de Filosofía de París. "En la mayoría de los países los mecanismos de selección favorecen a los varones y perjudican a las mujeres", apuntaba Mary Osborne, del Instituto de Química Biofísica de Goettiengen (Alemania). Y, para corroborar la discriminación, se han presentado datos científicos. De eso se ha encargado Christine Wenneras, del Instituto de Microbiología e Inmunología de la Universidad Göteborg. Esta científica ha analizado la selección del Consejo Sueco de Investigación Médica para las becas pos-doctorales de investigación, las más prestigiosas del país. El resultado: una mujer tiene que ser el doble de productiva que un hombre para que se la considere al mismo nivel científico. Tiene que publicar casi tres veces más artículos en revistas científicas de prestigio que él para optar a la misma plaza. Hasta 20 veces más si se trata de revistas especializadas en su área específica de investigación. Y ha de capear con los prejuicios de siempre: el éxito de una investigación dirigida por una mujer suele atribuirse al azar. Y al revés: cuando el que fracasa es un hombre, se tiende a pensar que ha tenido mala suerte. Son algunos de los datos del estudio de Wenneras, publicado por cierto en la prestigiosa revista Science.

Luego está lo de la vida privada: el pensar que una mujer, en cuanto se casa y tiene hijos, va a dejar de rendir; va a aparcarse su carrera en favor de su familia. "Es un prejuicio falso. Diversos estudios realizados en Finlandia y EEUU demuestran que las mujeres casadas son más productivas que las solteras. Y que las mujeres con hijos son igual de productivas o más que las que no los tienen", añade Wenneras.

ABERRANTE.- Pero, ¿por qué es vital que las mujeres metan cabeza en la ciencia? "Privarnos del potencial intelectual de la mitad de la población es sencillamente aberrante", opina Edith Cresson, responsable de investigación, innovación, educación, formación y juventud en la CE. Además, las mujeres pueden aportar a la ciencia su propia visión. "En un área que conozco bien, la política, la experiencia me ha demostrado que las mujeres tienden a abordar los problemas de una manera más concreta y práctica que los hombres", continúa Cresson.

Rita Levi Montalcini lo ha conseguido. Esta científica fue galardonada en 1986 con el premio Nobel de Medicina por el descubrimiento de una sustancia que regenera las células nerviosas. La Nobel de Medicina ha estado en Bruselas. Y, como Cresson, opina que las mujeres tienen mucho que aportar a la ciencia: "Si se creara una red mundial de científicas, podrían intentar plantar cara a los problemas del Tercer Mundo. Sobre todo, de cara a la situación de la mujer".

### *"Spain is different"*

Nadie se explica bien el por qué. Pero resulta que en los países del sur, tradicionalmente menos igualitarios que los del norte, es donde las mujeres se encuentran más abiertas las puertas de la ciencia. En España y Portugal, por ejemplo, el porcentaje de tituladas en carreras científicas, el de investigadoras y el de profesoras de disciplinas técnicas supera con creces al de las avanzadas Suecia o Dinamarca. Nuestro país es uno de los miembros de la UE con más mujeres en carreras científicas. En Biología, más de la mitad del alumnado son chicas. En Química y Matemáticas representan el 48%. Y en Física, el 35%. "En España las profesoras de ciencia son muchas, andan en torno al 35%. Y yo creo que ese es un referente muy importante para las alumnas, algo que las anima a estudiar carreras de ciencias", opina Esther Rubio Herráez, doctora en Ciencia Química que estuvo en Bruselas. Es un fenómeno mundial. En América latina se cuentan porcentualmente más mujeres estudiantes de ciencias (superan el 40%) que en los países europeos (32%). Y durante años Turquía, sí Turquía, ha estado a la cabeza del mundo en representación femenina en ciencia. Sea en el sur o en el norte, lo cierto es que ella se hacen cada vez con más puestos [Hernández Velasco, I. (1998): *El Mundo* (10-5-1998)].

Tras la lectura del artículo anterior discute con tu grupo las siguientes cuestiones:

- Compara y valora los porcentajes de mujeres en la Asamblea Europea de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con los datos pormenorizados por países ofrecidos por la Comisión Europea, que se ofrecen al comienzo de este apartado, y el 8% global que se cita en el artículo.
- Lee atentamente los resultados de la investigación de Christine Wenneras, relativos a los obstáculos que las científicas han de sortear en su carrera. Compáralos con las afirmaciones que se hacen en los artículos del año 1991, referentes a Estados Unidos.
- ¿Qué opinas de la afirmación de la señora Cresson acerca de la diferente forma de abordar los problemas por parte de hombres y mujeres?
- Examina la recomendación de crear redes de científicas, hecha por la Premio Nobel Rita Levi-Montalcini. De hecho ya se han creado algunas. ¿Crees que pueden ser efectivas? Haz una lista de tareas que podrían abordar dichas redes, tanto desde el punto de vista de la igualdad de oportunidades como desde otros temas relacionados con la ciencia, la tecnología y el desarrollo.
- Lee el siguiente artículo referente a los resultados del informe *Mujeres y ciencia* encargado por la Comisión Europea de Investigación:

***LA COMISIÓN EUROPEA CRITICA LA MARGINACIÓN DE LAS MUJERES EN EL MUNDO CIENTÍFICO. Un informe revela que es escasa su presencia en los altos cargos docentes.***

Desde 1901, fecha en que se falla el Premio Nobel de Ciencias, sólo 11 mujeres han sido galardonadas frente a 457 varones. Marie Curie es sin lugar a dudas la más famosa en esta limitada lista. Hoy en día sólo quedan

tres científicas vivas que hayan recibido este galardón: Rita Levi-Montalcini, una italoamericana de 90 años que lo recibió en 1986; Rosalyn Yalow, una estadounidense de 78 que fue premiada en 1977, y Christianne Nüsslein-Vol, alemana de 57 años que se llevó el Nobel en 1995.

Estos son algunos de los numerosos datos del voluminoso informe *Mujeres y ciencia*, patrocinado por la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea, que demuestra claramente la discriminación de hecho a la que están sometidas las mujeres en el mundo científico. Los autores del documento, 12 científicas, afirman que el potencial de mujeres en la investigación europea está infrautilizado. Ante esta situación, el comisario europeo responsable de la Política Científica, Philippe Busquin, considera que el sexto programa marco sobre investigación de la UE "deberá reforzar" la presencia de las científicas en la política de investigación comunitaria.

### ***Faltan datos***

La preocupación por esta situación empezó a notarse hace una década en la Unión Europea. De hecho, la mayor dificultad a la que se enfrentaron las autoras del informe fue la búsqueda y recopilación de cifras. Se resiente una "falta sistemática de datos publicados" al respecto, afirma el informe. Las científicas ocupan a menudo más puestos en el sector público, especialmente las universidades, que en el privado. A pesar de que aumenta cada día el número de mujeres que estudian carreras científicas, sigue habiendo una escasa presencia femenina en los altos cargos de ciencias en la totalidad de los estados europeos. En la mayoría de los países de la UE las mujeres representan el 50% del número de estudiantes que cursa una carrera universitaria, pero luego tienden "a desaparecer" de la vida académica. Los escasos datos disponibles indican que el número de profesoras universitarias varía del 18% en Finlandia al 4% en Austria. Curiosamente, Turquía posee la tasa más elevada con un 21,5%. Un dato que el informe no explica. España está entre los países a la cabeza, con un 13,2% de mujeres profesoras en la universidad. Una tasa que sitúa al mundo universitario nacional, en cuanto a presencia femenina, en el tercer lugar de la Unión Europea, justo detrás de Finlandia y de Francia (13,8%). Pero tras estas medias se esconden enormes diferencias en función de las carreras cursadas. Así, por ejemplo, y a pesar de las dificultades de encontrar datos segregados por sexos, la presencia de profesoras en Ciencias Químicas, Físicas o Ingeniería es escasa. En esta última carrera, la presencia femenina entre el profesorado varía del 4,6% en Italia al 2,1% en el Reino Unido. Unos porcentajes más reveladores si se toma en cuenta el número efectivo de profesoras en la carrera de ingenieros: en el Reino Unido solamente había en el curso 1994/1995 siete profesoras frente a 886 profesores. En la actualidad, y siempre en el Reino Unido, en la rama de Químicas el número de profesoras se eleva a tres y no existe una sola profesora en la ingeniería civil.

Los científicos suelen alcanzar los máximos niveles en las universidades (rector o vicerrector), recuerda el informe. La escasez de profesoras sólo puede desembocar en un reducido número de altos cargos en el mundo universitario. En 1999, en España el número de rectoras sólo alcanzaba el 1,6% del total. La tasa sube al 9,8% para las vicerrectoras. En Suecia, por contraste, el número de rectoras alcanza el 18% del total. Para resolver este problema, la Comisión prevé una serie de medidas con vistas al futuro. De entrada, mejorar las estadísticas. Además, Bruselas quiere apoyar las redes de mujeres científicas, y animar a las mujeres a pedir



becas. Finalmente, y entre otras medidas, el Ejecutivo comunitario quiere que los estados miembros se comprometan a alcanzar la paridad hombre/mujer en las academias e instituciones universitarias.

### ***El caso ejemplar de Portugal***

El informe Mujeres y ciencia, elaborado por 12 científicas a instancias de la Comisión Europea, revela que Portugal es el Estado miembro de la UE que parece haber tenido un mayor éxito a la hora de incorporar mujeres a los departamentos de ciencias de las universidades o a las plantillas de los institutos de investigación. En la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa, por poner ejemplo, el 30% de los catedráticos son en la actualidad mujeres, el 58,9% son profesoras asociadas y el 57,2% son asistentes. La presencia de mujeres alcanza incluso el 45,25% en los tres nuevos centros de investigación. ¿Cómo explicar esta situación teniendo en cuenta que antes de 1990 era muy difícil, en la práctica y salvo contadas excepciones, llevar a cabo tareas de investigación en el campo de las ciencias en Portugal? Los científicos lusos eran empleados por las universidades a cambio de salarios bajos. Faltaban infraestructuras y el presupuesto público no disponía de fondos a favor de la investigación, recuerda el informe. En las décadas de los 60 y 70, todos los profesores universitarios fueron obligados a dejar sus puestos de trabajo e incorporarse al Ejército para combatir en África. Esta escasez de profesores varones es la que desembocó en un incremento de la presencia femenina en el mundo universitario, explica el informe [GONZÁLEZ, J.C. (1999): *El Mundo* (29-11-99)].

- Examina atentamente los datos y comentarios que se hacen sobre la mayor presencia de mujeres en la investigación en los países del sur de Europa y en América Latina, considerados menos desarrollados, respecto a los del norte y centro de Europa, Reino Unido o Estados Unidos, tanto en este artículo como en el anterior.
- El artículo afirma que no se explican las causas de esta situación. Sin embargo, se aporta un dato: "Las científicas ocupan a menudo más puestos en el sector público, especialmente las universidades, que en el privado" ¿Crees que esta circunstancia puede favorecer una mayor presencia de las mujeres en la investigación? ¿Crees que la discriminación es menor en el sector público que en el privado? Debate con tu grupo estas cuestiones.
- Discute en el grupo las afirmaciones que se hacen en este artículo y en el anterior: "el potencial de mujeres en la investigación está infrautilizado" y "privarnos del potencial intelectual de la mitad de la población es sencillamente aberrante".
- Anota, finalmente, aquellos datos e informaciones que no tengan una explicación clara. ¿A qué fuentes de información se podría recurrir? Analizad esta cuestión en la puesta en común. Una vez localizadas las posibles fuentes, buscad las informaciones correspondientes.

## **2. Pioneras en la construcción del conocimiento**

En general, se cree que las mujeres estuvieron siempre alejadas de la construcción del conocimiento a lo largo de la historia o, en cualquier caso, que su participación en las tareas que hoy llamamos intelectuales se produjo de manera tardía, en los últimos siglos. También es una opinión generalizada que las científicas existieron únicamente en casos excepcionales. Sin embargo, los acontecimientos parecen haber evolucionado de forma distinta, ya que la historia es un relato con muchos principios pero sin ningún final. Una primera aproximación a la historia de la filosofía, hecha con el deseo de encontrar las huellas dejadas por las mujeres, indica que podemos identificar la presencia de filósofas en las escuelas griegas. También fue importante la presencia de mujeres en la tradición alquimista, precursora de la química actual, en la medicina, en la preparación de medicamentos y en las escuelas artesanales. Todas ellas se pueden localizar desde la antigüedad hasta la época medieval, es decir antes de la llamada Revolución científica.

La presencia de las mujeres en los orígenes de las tradiciones que han ido confluyendo a lo largo de los siglos en la construcción del pensamiento científico es de mucho interés para el profesorado de ciencias experimentales, de historia de la ciencia, de filosofía o de cualquier materia relacionada con las anteriores. La presencia femenina permite suministrar, al alumnado, ejemplos de mujeres que participaron en las distintas tradiciones anteriores a la ciencia actual. Dadas las características de las tradiciones filosófica, alquimista o artesanal, antes del siglo XVIII, estas mujeres no tuvieron una participación aislada en las tareas de construcción del conocimiento sino que se han identificado bastantes filósofas, alquimistas o médicas, en contra de lo que se considera habitual en aquellos momentos históricos. Ellas formaron parte de escuelas y tradiciones donde las mujeres no fueron casos excepcionales. Actualmente, se han podido identificar los textos de algunas mujeres y reconocer sus palabras, distinguir cuándo escribieron de forma individual, o reconstruir su presencia o su influencia. De otras mujeres todavía resulta difícil descifrar sus huellas.

Los ejemplos de filósofas, alquimistas, médicas y entomólogas son útiles para suplir la falta de información sobre las pioneras científicas en épocas antiguas que muestran algunas enciclopedias y libros de consulta al alcance del alumnado. Por otro lado, con estos ejemplos podemos contribuir a cambiar la visión estereotipada transmitida por algunos medios de comunicación que sólo resaltan la excepcionalidad de Marie Curie como figura científica estelar y femenina. Finalmente, con los textos para trabajar y las actividades que proponemos, se puede desarrollar la capacidad reflexiva del alumnado sobre el concepto de ciencia, el

proceso de construcción de la misma y los agentes que participaron en ella. Con las lecturas y actividades que se proponen en el apartado 2.12. de este capítulo, el alumnado puede reflexionar asimismo sobre la construcción de la historia de la ciencia y por qué las contribuciones de las mujeres no se recogen habitualmente en los manuales y los textos. En nuestra experiencia docente, hemos observado que en algunos casos las estudiantes se interrogan sobre la existencia de científicas en períodos de la historia distintos del actual. Con la información incluida en este capítulo y el siguiente se les pueden suministrar modelos de identificación y de referencia. La experiencia indica que estos modelos de científicas que trabajaron en otras épocas y condiciones refuerzan la autoestima de las alumnas en el proceso de aprendizaje y las estimula para la realización o la continuidad de estudios de carreras de ciencias experimentales.

## **2.1. Las filósofas**

Desde la antigüedad griega, las preguntas que se plantearon otras formas históricas de obtención del conocimiento, como la filosofía griega, fueron muy distintas de las que se plantea la ciencia actual. Esto permitió que las vías para obtener respuesta a las preguntas planteadas fueran distintas de las estrategias de investigación que utiliza hoy la ciencia moderna. La sabiduría se presentó en los siglos VIII y VII a. C. como una forma de conocimiento nuevo ligado a la religión y al mito. La especulación filosófica está sembrada de elementos mitológicos y poéticos. La *sofía*, como legado de la cultura materna hizo posible la participación de las mujeres en la tradición filosófica griega más antigua.

Las escuelas filosóficas eran comunidades político-religiosas que vivían en círculos muy cerrados, con locales propios en los que se hacía vida en común; las hijas de los filósofos se educaban de acuerdo con el ambiente en el que vivían, y algunas de ellas fueron mujeres cultas y brillantes. Durante siglos, haber nacido en una familia que tuviera acceso a la filosofía fue el motivo más frecuente para que una mujer se introdujera en ella, a pesar de que la vida de la mujer en la Grecia antigua transcurría dentro de unos cauces bien establecidos: matrimonio, hogar e hijos.

En la escuela pitagórica es donde las mujeres hicieron su primera aparición como seguidoras y practicantes de filosofía. La filosofía pitagórica da mucha importancia a la *paideia*, la

educación que contribuye a la mejora de los seres humanos y que se consigue a través de la percepción de los sentidos, mirando formas bellas y escuchando buenas melodías, o mediante la percepción intelectual, como es el estudio de las matemáticas. De acuerdo con estos planteamientos de la escuela pitagórica, la mujer, aunque estuviera sometida a las normas de conducta social, no debía actuar como una simple ejecutora de la voluntad del marido ni subordinarse al criterio de éste, sino que debía apoyarse en su propio buen sentido, su juicio, su prudencia y su capacidad de afecto, cualidades que eran fruto de su *paideia*. Esta educación no se limitaba al cultivo de las artes útiles, que eran lo esencial de la educación femenina en el mundo griego, sino que iba acompañada de un rigor intelectual y de lenguaje. Cuanto más inteligente y culta fuera la mujer pitagórica, mejor desarrollaría su papel de esposa y madre de familia.

Se conocen los nombres de hasta diecisiete pitagóricas entre sus discípulos más ilustres: Timica, Fíltide, Ocelo, Ecelo, Quilónide, Cratesiclea, Teano, Mia, Lastenia, Abrotelea, Equécrates, Tirsénide, Psírrode, Teadusa, Boio, Babelia y Cleecma. La educación recibida en la escuela pitagórica permitió a Teano, la mujer de Pitágoras, a sus hijas y a sus condiscípulas hacer poesía, matemáticas o psicología. Se han identificado textos de Teano, de Perictione, la madre de Platón, de Phyntis, de Melissa y de Myia, la hija de Pitágoras, de Aseara de Lucania y posiblemente de la mujer de Milon de Crotona.

La mayoría de los textos que han llegado hasta nuestros días, ya sea por azar o porque fueron los únicos conservados por los Padres de la Iglesia, hablan de problemas de orden religioso, moral y práctico; de los deberes de la mujer y la esposa perfecta, que no estaban en contraposición a la mujer cultivada de espíritu que se dedicaba a la especulación. Así, versan sobre el comportamiento que debe guardar una mujer en relación con el cuidado de los hijos, y con la alimentación, para vencer los celos o para recuperar al marido infiel.

En la Academia o escuela platónica se realizaban actividades pedagógicas, en forma de lecciones o diálogos, en torno a la filosofía, las matemáticas, la música, la astronomía, la división y la clasificación, conceptos centrales de la lógica clásica. Las filósofas platónicas iban disfrazadas de hombres. De la escuela cínica se conservan fragmentos escritos de Hiparquia. En el jardín epicúreo la presencia femenina estaba representada por Temista y Leontio.

## 2.2. Hipatia de Alejandría (370-415)

En el siglo IV, Hipatia de Alejandría, se ocupó de explicar las doctrinas de varios filósofos griegos, especialmente de Platón y Aristóteles. Ella escribió el *Comentario a la aritmética de Diofanto*, el *Canon astronómico* y los *Comentarios a las cónicas de Apolonio*. Compuso asimismo obras filosóficas dentro de la tradición de la escuela de Alejandría y con fuerte tendencia a la teurgia, es decir a creer en la posibilidad que los dioses influyan sobre los fenómenos naturales. Descrita por sus biógrafos contemporáneos como una mujer sabia que "consiguió un nivel de cultura que superó ampliamente a todos los filósofos contemporáneos", "elogiada y apreciada por la ciudad y sus dirigentes que la consultaban sobre asuntos públicos", "enseñaba públicamente a todo el que quisiera escucharla". Sócrates Escolástico, 120 años después del asesinato de Hipatia, dice de ella que "consiguió un grado tal de cultura que superó de largo a todos sus filósofos contemporáneos. Heredera de la escuela neoplatónica de Plotino, explicaba todas las ciencias filosóficas a quien lo deseara. Con este motivo, quien quisiera pensar filosóficamente iba desde cualquier lugar hasta donde ella se encontraba".

Según otro historiador, Damascio, Hipatia, "de naturaleza más noble que su padre, no se conformó con el saber que viene de las ciencias matemáticas, en las que había sido introducida por él, sino que se dedicó a las otras ciencias filosóficas con mucha entrega". La calificación de Damascio se explica por el sentido que da Platón a la condición de nobleza, como propia de "una persona de buena memoria, tenaz y amante de toda clase de trabajo". Damascio define así a Hipatia: "Dado que la naturaleza de Hipatia era rápida y dialéctica en el discurso y precisa y política en la acción, el resto de la ciudad a buen derecho la amaba y la obsequiaba grandemente, y los jefes, cada vez que se hacían cargo de las cuestiones públicas, era normal que fueran a buscarla a ella". Los biógrafos de Hipatia dejan constancia de su autoridad indiscutible en los ambientes cristianos cultos situados al margen de la ortodoxia. Fue víctima de un conflicto de autoridad entre el poder civil y el poder eclesiástico de la ciudad y fue lapidada por una multitud cristiana en Alejandría, acusada de conspirar contra el obispo Cirilo contra el prefecto. Sócrates Escolástico dice de ella:

Por la magnífica libertad de palabra y acción, que le venía de su cultura, accedía de manera respetuosa a los jefes de la ciudad, y para ella no era motivo de vergüenza estar en medio de los hombres. En realidad, a causa de su extraordinaria sabiduría, todos la respetaban profundamente y le tenían un temor reverencial. Por este

motivo, al mismo tiempo fue creciendo la envidia hacia ella. Como a veces coincidía con el prefecto Orestes, la envidia puso en circulación la calumnia de que ella no permitía su reconciliación con el obispo Cirilo. Algunos hombres de ánimo escaldado se pusieron de acuerdo para sorprenderla cuando volviera a casa. La tiraron del carro, la mataron, la despedazaron miembro a miembro y los quemaron.

La mayoría de las filósofas eran mujeres con autoridad en su época, que participaron en los debates del momento, pero fueron sometidas a mecanismos de desautorización o de sanción social que provocaron su anonimato, la desaparición de su obra o, lo que es más peligroso todavía, la falta de legitimidad de su producción científica.

### **2.3. Boticarias, médicas y brujas**

El estudio del pensamiento tardomedieval sugiere que a partir del siglo XI se asistió a un verdadero y auténtico proceso de innovación cultural y social que sentó las bases de una sociedad y una cultura nuevas. Se produjo la conjunción de dos tradiciones epistemológicas de larga tradición en Occidente: el cristianismo y la influencia griega de manera que provocaron un florecimiento en las escuelas monacales y catedralicias. La metafísica o la visión cosmogónica del mundo ocupan las preocupaciones de la filosofía en su emancipación de la teología. Profesores universitarios, predicadores y pensadores fueron esparciendo por Europa nuevos saberes y metodologías del conocimiento. Los conventos fueron para las monjas un centro de cultura. En sus bibliotecas se disponía de libros de matemáticas y astronomía. Pero además, en los conventos se realizaban trabajos; no sólo para alimentar y mantener sana a la comunidad, sino también en obras de caridad como las de curar a los enfermos y aliviar la vida de los pobres.

En este contexto, algunas mujeres rompen el silencio y empiezan a escribir. La abadesa Heralde de Landsberg, de Saint-Odile en el Monte Sio, en Alsacia redacta hacia el 1175-1185, una de las primeras enciclopedias hechas por una mujer, el *Jardín de las Delicias* (*Hortus deliciarum*). El libro tiene un capítulo dedicado a la Trinidad, otro la historia de la Creación, y a temas de astronomía, agricultura, agrimensura y a las vías de comunicación.

Hildegarda de Bingen (1098-1179) fue la décima hija de una familia de la baja nobleza de Bermersheim (Alemania). Su educación religiosa en un convento de clausura, desde los ocho años, estuvo centrada en el canto. Aprendió música y a tocar un instrumento de diez cuerdas. Las mujeres no gozaban de los mismos derechos que los varones de su misma posición social

y lo mismo ocurría dentro de la Iglesia. Los monasterios femeninos estaban bajo la supervisión y vigilancia de un monasterio masculino, que jurídicamente los representaba.

Fue abadesa del convento de Disibodenberg (1136) y fundadora del monasterio de Bingen, y no dudó en oponerse a las autoridades eclesiásticas en materia de disciplina. La vida de Hildegarda, con su autoridad carismática, como las otras místicas medievales fue un intento permanente, no sin problemas, de escapar al control de las instituciones pensadas socialmente para ellas: el matrimonio y el monasterio. Era una mujer respetada y admirada en su época, una de las personalidades intelectuales y místicas más importantes de su tiempo y mantuvo correspondencia con abades y abadesas, monjas y monjes, eclesiásticos, papas, arzobispos, emperadores, reyes y nobles geográficamente alejados. Realizó cuatro viajes de predicación, siguiendo la invitación de diferentes autoridades, transgrediendo los papeles sociales que la Iglesia atribuía a las mujeres, ya que les prohibía la predicación y la misión pastoral. Sus colaboradores más importantes fueron Volmar, un monje del monasterio que fue su consejero, su asistente, su amigo y, cuando fue necesario, su secretario, y Richardis, una monja que fue su secretaria durante su corta vida.

La obra de Hildegarda abrió el espacio de la escritura visionaria y mística. Escribió varios tratados donde explica las visiones que, tras recibir la ratificación papal, propiciaron su canonización y extendieron su prestigio entre los grandes del mundo. Hay que entender "la visión" como una estrategia para conferir autoridad a sus propios pensamientos, que, tratándose de una mujer, si no hubieran sido visiones quizá no hubieran tenido mayor importancia. La visión de Hildegarda no procede de la meditación sino que es el resultado de un extraordinario desarrollo de la imaginación creadora. A su primer libro de visiones, el *Scivias (Conoce los caminos)*, siguió el *Libro de los méritos de la vida*, y el *Libro de las obras divinas*, donde se revela toda su fuerza poética.

Hildegarda se expresaba en sus obras en términos específicamente femeninos y se preocupaba por aquellos aspectos que los hombres habían tratado desde un punto de vista masculino. Fue famosa por sus curas y por su destreza médica. Escribió un libro que desborda claramente las preocupaciones y los estudios de una ávida vida dedicada a la oración. Son los nueve volúmenes de historia natural, *Physica* o *Los nueve libros de las sutilidades de las diversas naturalezas de las criaturas*. Es un compendio de lo que se entendía por naturaleza (del griego *physis*), siguiendo la tradición de los manuales enciclopédicos medievales que se escribían con finalidad divulgadora. En él hay observación, conocimiento directo de las

plantas, los animales y la naturaleza, y establece la relación entre los productos de la naturaleza y los seres humanos y busca los conocimientos relacionados con el hombre, su equilibrio y su salud. Resalta las virtudes de todo su entorno tanto desde el punto de vista médico como del alimenticio o el medioambiental. El primer libro lo dedica a las plantas, describiendo más de doscientas. De acuerdo con la relación entre el macrocosmos y el microcosmos, característica de la alquimia, Hildegarda establece una clasificación de los temperamentos de las plantas según su cualidad caliente o fría, seca o húmeda, y también de los temperamentos humanos según las mismas cualidades. Los otros libros los dedica a las piedras, peces, aves, animales, reptiles y metales.

El concepto de "ciencia" en Hildegarda es el propio del contexto medieval y, si bien no admite comparación con la idea moderna de ciencia, no puede ser rechazado como una simple curiosidad. Su obra médica *Causae et curae* o *Libro de la medicina compuesta* es una de las más avanzadas de su época. En *Causae et curae*, Hildegarda aplicó la teoría de los cuatro humores al sexo femenino y escribió de una manera clara sobre los problemas que afectan a las mujeres, como la menstruación y la concepción. Los estudios en torno a los medicamentos constituían uno de los temas de preocupación de aquellos tiempos. Hildegarda trabajó en la preparación de medicamentos y dejó escritas varias recetas. En sus textos aconseja la utilización de plantas que permiten curar la melancolía, reforzar el vigor y prevenir la bilis negra mal eliminada, pero indica que la salud humana se conserva fundamentalmente con un régimen alimenticio sano.

#### **2.4. La tradición médico – farmacéutica en España**

En España, varios monasterios fueron el centro de las actividades médicas y farmacéuticas desarrolladas por las monjas. Es difícil encontrar testimonios directos de la sabiduría de las monjas, puesto que la trabajaban como una forma de caridad cristiana, sin notoriedad pública. Han sido estudiados los casos de Sevilla y de Vallbona de les Monges (Lleida), un monasterio femenino fundado en el siglo XII. Los monasterios disponían de una botica, adjunta al hospital, donde se atendía a los peregrinos y a la gente que habitaba en la comarca. Los Reales Monasterios castellanos recibían las preparaciones farmacéuticas directamente elaboradas por la Farmacia Real. Pero los monasterios catalanes, para atender la botica tenían que realizar



toda una labor de preparación de medicamentos que exigía diferentes conocimientos. En primer lugar, la recolección de las plantas medicinales de acuerdo con sus propiedades curativas; en segundo lugar, las técnicas farmacéuticas apropiadas para la desecación, molienda o destilación de la planta, tal como queda documentado en los inventarios de las boticas o farmacias de los conventos. Las monjas especializadas en este trabajo tenían que conocer el uso de las técnicas de laboratorio necesarias para obtener el aceite esencial o la parte de la planta que interesaba para poder preparar los medicamentos. Por último, tenían que conocer las proporciones en que se debían mezclar los ingredientes para preparar los medicamentos, máxime habida cuenta que trabajaban con algunas plantas, como la belladona, que, en proporción inadecuada, podían ser mortales. La monja boticaria se distinguía en algunas órdenes, como la benedictina de Vallbona de les Monges, por llevar la llave de la botica pendiente de una cinta al cuello.

El trabajo con unas proporciones determinadas, con efectos curativos, tiene su importancia histórica, puesto que la noción de dosis en la administración de medicamentos, junto al descubrimiento de las propiedades terapéuticas de los preparados mercuriales, antimónicos y ferruginosos, data del siglo XVI y es fruto del trabajo realizado por Paracelso.

## **2.5. La tradición médica**

Para situar la sabiduría médica de las mujeres hay que recordar que han sido siempre sanadoras. Fueron las primeras médicas, comadronas y anatomistas de la historia occidental: atendían los partos, sabían hacer abortos y cuidaban de la salud de las personas. También fueron las primeras farmacólogas dedicadas al cultivo de hierbas medicinales. Durante muchos siglos fueron médicas sin título; excluidas de los libros y de la ciencia oficial, aprendían unas de otras y se transmitían sus experiencias de madres a hijas o entre las vecinas. La gente las llamaba "mujeres sabias", y durante mucho tiempo constituyeron la única atención médica al alcance de los pobres y de las mismas mujeres.

Trótula fue una médica del siglo XI, de la escuela salernitana, autora del tratado *Passionibus Mulierum Curandorum* o *Trotula Maior* y del *Ornato Mulierum* o *Trotula Minor*, dedicado a la cosmética y a las enfermedades de la piel. Sus obras gozaron de la consideración de clásicas hasta el siglo XVI. El *Trotula Mayor*, atribuido siempre a autores de sexo masculino,

fue el libro más veces transcrito y copiado de todos los tiempos. En los textos de medicina producidos por la escuela escolástica latina en Europa durante los siglos XIII y XIV, no se reconoció autoridad a las mujeres. Sin embargo, existen conocimientos originales y útiles que se atribuyeron a mujeres anónimas, sin asociarlos a una mujer individual.

Durante el siglo XIII, las Universidades crearon las primeras Escuelas de Medicina. Los médicos no hacían ningún tipo de práctica experimental mientras estudiaban, y se dispone de datos que indican que durante el siglo XIV sus servicios eran muy solicitados por las clases acomodadas. La Iglesia no se oponía a que los reyes y la nobleza tuvieran médicos, especialmente si eran sacerdotes o actuaban con su colaboración, pero no veía con buenos ojos la existencia de las "curanderas", mujeres que solían actuar solas, que estaban organizadas y que tenían poderes sobre la salud.

Se puso en cuestión quién ejercía el control de la medicina. En un momento en que la ciencia emergía como una nueva forma de poder y de control de la sociedad, los médicos tenían un nivel de conocimientos que no alcanzaba a curar a nadie, mientras que las mujeres, con su práctica empírica acumulada, tenían por su parte cierto poder. Las instituciones de la Iglesia intervinieron en este debate entre el empirismo y la nueva ciencia, entre la autoridad de los hombres y la de las mujeres, tal como lo habían hecho en otros momentos históricos. Las sanadoras nunca fueron unas supersticiosas ignorantes; el conflicto de autoridad entre ellas y los médicos tuvo lugar porque su trabajo era importante para la sociedad y porque detentaban una autoridad que actualmente poseen los médicos.

La autoridad eclesiástica contribuyó a disfrazar este debate organizando la persecución contra las curanderas. Éste es el caso de algunas de las mujeres acusadas de brujería por la Real Inquisición española, fruto de la connivencia entre la Monarquía y la Iglesia. El objetivo de la Inquisición se planteó como un combate contra la herejía y la infidelidad, que se apoyaban en la magia y los poderes ocultos; nunca se planteó como una lucha contra la práctica de la medicina. Así, algunas de las acusaciones contra las brujas fueron las de tener una sexualidad femenina, estar organizadas y poseer poderes mágicos sobre la salud.

## **2.6. La alquimia alejandrina: María la Judía**

La alquimia, una tradición precursora de la química actual, es el primer intento de articular las experiencias referidas a la transformación de los materiales con la teoría. La alquimia buscaba simultáneamente la perfección material y la salvación espiritual.

En la tradición alquímica la autoridad científica femenina está representada por María la Judía, una de las primeras figuras conocidas de la tradición alquímica, que vivió en Alejandría en los siglos I y II. María describió procedimientos y aparatos que todavía hoy se utilizan en los laboratorios, como los alambiques y los aparatos de destilación. No se conservan textos suyos, y la información más detallada está en los escritos de Zósimo de Panopolis, de finales siglo III, aunque también fue citada por los alquimistas árabes.

María hizo también contribuciones de orden más teórico sobre el principio único de las sustancias. Cuando Zósimo describe los aparatos la cita o la parafrasea. María era una persona de gran erudición en las tradiciones y el saber alquímico que contribuyó tanto teórica como prácticamente a la alquimia helenística. Inventó diferentes aparatos, de los que el *balneum Mariae* o baño María es el más conocido. Otros fueron conocidos a partir de su descripción, como los hornos y los aparatos para cocer y destilar, hechos de metal, arcilla y cristal. Consideraba los recipientes de cristal especialmente útiles porque "permiten ver sin tocar".

La consideración de las alquimistas como figuras míticas de la alquimia es uno de los mecanismos sociales de desvalorización de la actividad científica de las mujeres. Parece difícil aceptar que la obra de María la Judía, citada por muchos autores, tanto de la tradición árabe como de la europea, no tenga una autoría reconocida. Es importante destacar que el hecho de poner en duda la autoridad femenina a lo largo de la historia, como ha ocurrido con María la Judía, ha producido como efecto la eliminación de la autoridad femenina y la falta de transmisión de la misma. En el siglo IV, los mecanismos de atribución de la autoría de una obra alquímica dependían del criterio de quien escribía o copiaba el libro, aunque normalmente se respetaba la tradición. En cualquier caso, parece difícil que se atribuyera un texto a una mujer sin que ésta hubiera tenido ninguna relación con él.

## **2.7. La tradición alquimista**

En los siglos XVI y XVII, los objetivos de la alquimia se centraron en la redención y el perfeccionamiento de la materia y del espíritu, se combinaron con las esperanzas milenarias

de salvación universal y estimularon el crecimiento de las sociedades secretas, que después tuvieron continuación en las academias científicas. En ellas fue cobrando un papel importante la elaboración de una química utilitaria y abierta.

Gracias al impacto de la imprenta, los manuscritos alquimistas, que hasta entonces se habían mantenido secretos y habían circulado de mano en mano, se pudieron reunir y publicar. En los textos alquímicos se estudia la acción de los medicamentos químicos, la de las estrellas y todos los temas propios de una época en que las líneas de división entre la magia y la ciencia no estaban bien delimitadas.

En la tradición alquimista se creía que no se podía confiar un conocimiento a cualquiera, porque podría ser peligroso en manos inexpertas. Por ello se vio la necesidad de seguir un proceso de iniciación en el arte de la alquimia. Por otro lado, a partir del siglo XVI el campo de conocimientos de la alquimia se fue ampliando: cada vez se trabajaba con más sustancias, de las que se fueron conociendo sus propiedades y se prepararon ácidos fuertes, a partir de los cuales se identificaban las sales. En esta época, en Europa, las personas cultas se interesaron por la alquimia que adquirió cierto nivel de popularidad y que triunfó cuando consiguió preparar medicinas químicamente. Estas medicinas fueron incluidas a finales del siglo XVII en la farmacopea, que las había rechazado hasta aquel momento. La mejor ilustración de la popularidad de la química durante este siglo es el gran número de cursos de esta especialidad y el número de libros de texto disponibles. En Francia, estos cursos se realizaron fuera de la Universidad debido a la persistente oposición de las instituciones médicas. En París, en el *Jardin des Plantes* se realizaban lecturas de textos químicos. Las mujeres cultas, que tenían prohibido el acceso a la Universidad, asistieron a dichos cursos. El intento de enseñar química a estudiantes, boticarios y cirujanos de la Facultad de Medicina hizo que algún profesor fuera expulsado temporalmente y otros fueran sometidos a censura.

## **2.8. Marie Le Jars de Gournay (1565-1645)**

Marie le Jars nació y murió en París, en una familia de origen noble. No se conoce la formación que recibió, pero, puesto que tenía el veto de su madre, fue probablemente autodidacta. El proceso de alfabetización que supone la apertura lingüística de las lenguas vulgares europeas convertidas en lenguas de escritura, junto a la ampliación de los círculos de

lectura derivada de la mayor facilidad de reproducción del libro impreso, permitieron el acceso de algunas mujeres a la escritura y al conocimiento. Marie le Jars es conocida como teórica feminista, ya que escribió dos libros, *Égalité des hommes et des femmes*, 1622, y *Le Grief des dames*, 1626, fue al mismo tiempo una mujer de acción. Formó parte de la escuela de tradición alquímica entendida como *el arte de perfeccionar magisterios y de extraer esencia puras de los compuestos separándolos de sus materias corporales*. Añade Marie que, como era una actividad cara y tenía pocos recursos, tuvo mucha suerte pues un amigo le proporcionó el acceso al horno de una fábrica de vidrio, cerca de su casa en París, para poder realizar sus experimentos. La parte experimental que recuerda Marie le Jars no es muy diferente de la que abordaron sus contemporáneos, es decir que ella conocía y realizaba los experimentos de la época.

## 2.9. Marie Meurdrac

Hay pocos datos de la vida de Marie Meurdrac y poco se sabe de las condiciones en qué trabajó. Publicó *La Chymie charitable et facile en faveur des dames* (1666), uno de los doce tratados de química escritos en el siglo XVII. El libro sigue los principios de la alquimia, del mismo modo que sus contemporáneos, según los cuales las sustancias están formadas por tres principios: la sal, el azufre y el mercurio. El libro incluye un conjunto de recetas de química práctica y cotidiana: adobes y ungüentos. Está estructurado en seis partes que hablan de principios de laboratorio, de aparatos y técnicas, animales, metales, de las propiedades y la preparación de medicinas simples, de compuestos medicinales y cosméticos. Incluye también tablas de pesos y 106 símbolos alquímicos. La obra tuvo una buena difusión con tres ediciones. En la de 1867 se indica "revisada y aumentada con varias preparaciones nuevas y curiosas" y fue traducida al italiano.

La capacidad selectiva de la memoria histórica, y la posición periférica que las mujeres casi siempre están obligadas a ocupar en la cultura científica, hicieron que el esfuerzo de Meurdrac no trascendiera a la historia. Los libros, que resultan ignorados, se pierden y su mensaje es olvidado. En este caso, no ayudó mucho a Meurdrac el haber pertenecido a la tradición alquimista que también ha sido ignorada por la historia de la ciencia. Hasta el siglo XX la alquimia no ha empezado a ser considerada. A partir de entonces algunas historias de la

química han señalado su carácter de precursora de la química actual.

El texto de Marie Meurdrac es un ejemplo del fenómeno que se ha planteado en diferentes momentos de la historia, de manera recurrente, que consiste en menospreciar el valor intelectual de un trabajo por el hecho de haber sido escrito por una mujer. Marie Meurdrac se plantean el problema de la enseñanza y opina que no es una actividad propia de mujeres, aunque sabe de otras que ya habían publicado algún texto.

## **2.10. Las artesanas**

La ciencia moderna emergió a partir del conocimiento elaborado con anterioridad en varias instituciones sociales: en los talleres artesanales o en los gremios, en los Salones científicos y en las Academias Reales. Estas instituciones fueron el escenario de los conflictos de autoridad planteados durante los siglos XVII y XVIII.

El trabajo artesanal fue, junto a la tradición filosófica y el experimentalismo que se implantó durante estos siglos, una de las tradiciones que dio origen a la nueva ciencia. No todas las mujeres interesadas en la actividad científica provenían de la aristocracia: en Alemania y su área de influencia procedían especialmente del trabajo artesanal. Las mujeres tenían una posición consolidada en el trabajo artesanal, y en muchos gremios eran miembros de pleno derecho. Esto les permitía tener derechos civiles, como comprar, vender y ser representadas ante los tribunales de justicia. La necesidad de realizar observaciones precisas en astronomía, botánica, zoología y anatomía hizo que las habilidades de las mujeres como ilustradoras fueran especialmente valiosas. En este terreno tenían mucha experiencia y destreza para captar los finos detalles tan necesarios para el auge de la descripción y el experimentalismo.

Durante la Edad Media, los gremios artesanales habían sido instituciones de aprendizaje de las técnicas y los oficios. Se adoptó como norma que, en caso de muerte del padre o del marido, la mujer tenía el derecho de ocupar su lugar y de encargarse del taller, con el objetivo de asegurar la continuidad de la producción. En el mundo artesanal, las mujeres podían trabajar y sustituir a los hombres en su oficio en épocas de crisis o de enfermedades como la peste. En Barcelona, por ejemplo, tenían permiso de las autoridades de la ciudad, los Consellers, para trabajar mientras durara una situación excepcional, pero se terminaba la autorización en el momento en que se volvía a la normalidad. La dedicación de estas mujeres

al trabajo artesanal fue un ejemplo para muchas otras.

### **2.11. María Sybilla Merian (1647-1717)**

A mitades del siglo XVII, María Sybilla nació en Frankfurt del Meno. Era hija de un artista y grabador muy conocido. Experta en pintura a la acuarela y al óleo, en pintura sobre textiles y en grabados sobre planchas de cobre; podía dibujar flores, plantas e insectos con una naturalidad perfecta y era una buena observadora enterada de los hábitos de las orugas, las moscas, las arañas y otros animales semejantes. Fue una pionera al cruzar las fronteras de la educación y el género para adquirir un conocimiento sobre los insectos y educar a sus hijas mientras observaba, pintaba y escribía.

Su primer libro apareció en tres partes de 1675 a 1680, *Blumenbuch*. Era una colección de grabados sobre planchas de cobre, sin texto, de flores aisladas, coronas, ramilletes y ramos. Apareció firmado con el nombre de *María Sibylla Graffin, hija de Mathias Merian el Viejo* y fue publicado por su marido. Su prólogo de 1680 aportaba anécdotas, algunas seleccionadas de una amplia lectura, sobre las personas que amaban y apreciaban la belleza de las flores.

La década de 1660 fue un periodo importante para la historia de la entomología: la observación continuada y la mejora de la ampliación de los instrumentos ópticos permitieron una nueva comprensión de la anatomía y mudas de los insectos, e hicieron que los naturalistas creyeran en la generación espontánea de ciertos insectos. Se probaron nuevos sistemas de clasificación. Merian parece haber utilizado sólo una lente de aumento, no un microscopio, y en este estadio de investigación no hacía disección o al menos no hace referencia a ella. Merian publicó los dos volúmenes de *La maravillosa transformación y singular alimentación con flores de las orugas. Pintadas del natural y grabadas sobre cobre (Raupen)*. El primer volumen salió en 1679 y el segundo en 1683. En cada una de las cien láminas, cincuenta por volumen, disponibles en blanco y negro o coloreadas a mano, según el deseo o el bolsillo de la persona compradora, se representaban del natural una o más especies de insectos en sus diversos estadios: oruga o larva, pupa con capullo o sin él, para describir la transformación de las orugas. En algunas láminas se incluía el estudio del huevo. Cada cuadro se organizaba en torno a una única planta y cada planta se identificaba con sus nombres latinos y alemanes, y una página o dos de texto en alemán recogía las observaciones hechas por María Merian. Se

centraba en los rasgos externos de los insectos a medida que cambiaban y en las plantas en las que las larvas se alimentaban en diferentes épocas del año, según lo que hoy llamaríamos una visión ecológica. Merian estaba más interesada en los ciclos de vida de los insectos que en los insectos muertos. Se centró en las interacciones dentro de la naturaleza y en los procesos orgánicos transformativos.

Publicar las *Raupen* era notable para una mujer, tal como dijo Christopher Arnold en el verso que se incluye en la portada del libro de 1679: "notable que las mujeres también se aventuren a escribir para ustedes / con un cuidado / que ha dado a muchos eruditos tanto que hacer". En el año 1685 se separó de su marido, ingresó con sus dos hijas en la comunidad labadista de Friesland y recuperó el nombre de soltera. María Sibylla buscaba orugas y mariposas en su nueva residencia y extendió su interés por las ranas. Allí trabajó de forma sistemática en un libro de estudio de insectos. La obra de Merian está imbuida de espíritu religioso y para ella era importante la legitimación de su tarea entomológica por la religión: los insectos y las plantas son obra de Dios. Cuando abandonó la comunidad, se trasladó a Amsterdam, donde fue muy bien recibida en los círculos de naturalistas y coleccionistas. Allí estudió las magníficas colecciones naturalistas del Jardín Botánico y del Museo de Anatomía de la ciudad.

En aquella época, las mujeres sólo viajaban como esposas y asistentes de las familias, o solteras bajo contrato con la Compañía de las Indias Orientales. En 1699, Merian para poder continuar sus observaciones, a sus cincuenta y dos años organizó con su hija de 21 años un largo y caro viaje a Surinam, una colonia holandesa. Describe así su trabajo: "Las serpientes y animales similares los ponía en botellas de brandy que sellaba con papel perforado [...]. Para las mariposas, ponía la punta de una aguja en la llama hasta que estuviera caliente o incandescente y pinchaba la mariposa con la aguja. Las mariposas morían rápidamente y no sufrían". Merian permaneció dos años en Surinam y tuvo que volver porque enfermó de malaria. A la vuelta vendió las especies exóticas que había traído de la colonia y los dibujos que había hecho de la fauna y la flora para poder recuperar el precio del pasaje, método que también utilizó para financiar sus investigaciones.

En 1705 publicó en Amsterdam *Metamorfosis de los insectos de Surinam*, en holandés y en latín, con sesenta planchas de cobre. Era la editora, la autora y comercializó sus libros. Fue su mayor trabajo científico, con sesenta ilustraciones donde describe detalladamente el ciclo de diferentes orugas, gusanos, polillas, mariposas, escarabajos, abejas y moscas, fruto de un



trabajo empírico de mucha importancia. Utilizó el mismo sistema de clasificación que en las *Raupen* poniendo toda la atención en los procesos de transformación, e hizo un esfuerzo explícito para conectar sus hallazgos con los de otros naturalistas. Además de la descripción de las plantas, Merian incluyó recetas para utilizarlas. Estuvo tentada de realizar un trabajo más interpretativo pero, dado el desarrollo aún incipiente de las teorías en aquel momento, no se atrevió, tal como se puede deducir de sus palabras: "Podría haber realizado un texto más completo, pero como el mundo hoy es muy susceptible y los puntos de vista de la gente culta difieren tanto, sólo presento mis observaciones".

María Sybilla Merian, una buena ama de casa, virtuosa y con autoridad, fue una figura importante en los círculos de los botánicos, los científicos y coleccionistas de Amsterdam hasta su muerte. Participó en una empresa científica en el margen creativo existente entre el taller doméstico y la academia culta. Supo aprovechar las ventajas de vivir en la marginalidad, a pesar de no poder seguir las conferencias y disecciones académicas como hicieron los naturalistas contemporáneos.

La obra de María Sybilla es la más citada en la entomología del siglo XVIII y dejó su huella en la identificación de seis plantas y nueve mariposas. Hay dos mariposas que llevan su nombre. Hasta finales del siglo XVIII, sus libros aparecieron en diecinueve ediciones. La desautorización de su obra llegó más tarde, en forma de una edición revisada de su trabajo realizada en 1834 por el Reverendo Lansdown Guilding. Éste consideró que el libro *Metamorphosis* estaba lleno de errores y que los dibujos eran rudos; acusó a Merian de haberse dejado engatusar por "algunos taimados negros" y dijo que sus informes sobre los remedios tradicionales eran "historias inútiles". Más tarde se volvió a recuperar parcialmente su trabajo, pero es difícil encontrar su nombre en los textos actuales.

## **2.12. Sugerencias para trabajar en el aula**

La mejor forma de trabajar en clase para visibilizar la participación de las filósofas en las escuelas filosóficas griegas es analizar sus textos. Para ello es útil tener en cuenta algunas consideraciones didácticas. Antes de proponer la lectura de cualquier texto, es necesario que el alumnado tenga algunas ideas sobre el contexto histórico de la época en el que fue escrito. Asimismo, en función de la edad del alumnado y el nivel de profundidad del análisis que se

quiera realizar, deberá conocer las características de la escuela filosófica o la tradición científica y los problemas que se proponían analizar. También sería de interés que dispusiera de unas someras referencias sobre la situación de la mujer en el momento histórico en que vivió. Para ello, puede ser útil la información incluida antes de las actividades, en cada capítulo. Si se desea ampliar el trabajo bibliográfico del alumnado, se puede pedir que consulten algún manual de historia de la ciencia y alguna enciclopedia de la historia de las mujeres.

Las orientaciones didácticas a tener en cuenta para que el alumnado valore las aportaciones de las científicas son las mismas del trabajo de aproximación a textos históricos. Es necesario tomar todas las precauciones para que no incurran en anacronismos, desconsiderando o despreciando por ejemplo las reflexiones de las científicas porque ahora ya se sabe que sus explicaciones no son correctas. No es necesario insistir que una persona que analice los textos, por ejemplo de María la Judía o de Marie Meurdrac, teniendo como única referencia la conceptualización de la química escolar, no dispone de los elementos para juzgar el valor de sus ideas en el campo de la alquimia. Por ello, el alumnado debe seguir el trabajo indicado en las pautas que aparecen a continuación, en las que se propone la obtención de resultados concretos y no de divagaciones en general.

Dadas las dificultades encontradas para reconstruir la historia de las científicas, a veces no es posible disponer de datos personales de las mismas. Pero la experiencia indica que en los casos en que se pueda disponer de una pequeña biografía de la científica e incluso de su fotografía, el alumnado contextualiza, sitúa y comprende más rápidamente el valor de sus aportaciones.

### **2.12.1. Las opiniones de las filósofas griegas**

A continuación, se presentan fragmentos de los textos de las filósofas griegas que se han conservado. Los textos pueden ser utilizados en clase para promover la discusión con el alumnado. Para cada texto se indica el nombre de la autora y el tema que se desarrolla en el texto. Las ideas que se exponen en los textos coinciden con lo que sabemos de las tradiciones y de las ideas propias de los primeros seguidores de las escuelas filosóficas.

Se conserva un fragmento del libro *Sobre la Piedad*, de Teano, una filósofa pitagórica, donde

reflexiona sobre la concepción pitagórica de los números. Este texto puede ser utilizado en clase de matemáticas, de filosofía o puede ser útil para ilustrar las preocupaciones de algunas mujeres en la antigüedad, en este caso de las filósofas griegas.

He oído decir que muchos Griegos pensaban que Pitágoras había dicho que todo había sido engendrado por el Número. Pero esta afirmación nos perturba; ¿cómo nos podemos imaginar cosas que no existen y que pueden engendrar? Él dijo no que todas las cosas nacían del número, sino que todo estaba formado de acuerdo con el Número, ya que en el número reside el orden esencial, y las mismas cosas pueden ser nombradas primeras, segundas, y así sucesivamente, sólo cuando participan de este orden (Meunier, 1980).

Las opiniones de Teano quedaron recogidas en las cartas que se han conservado. En el siguiente fragmento de una carta dirigida a la filósofa Rhodope, manifiesta su preocupación por los debates filosóficos del momento. Este texto, como el anterior, puede servir para ilustrar las preocupaciones de algunas mujeres en la antigüedad, en este caso de las filósofas griegas.

¿Estás desesperada? Yo también estoy desesperada. Tú no soportas de ningún modo no disponer del libro de Platón que lleva por título *Las Ideas o Parménides*. Pero yo también estoy muy preocupada, ya que nadie ha venido para hablarnos de Cleon. En realidad, yo no enviaré este libro antes que alguien venga a aclararme qué es lo que pasa con este hombre. Porque yo estoy muy apasionada por su alma, tanto porque es la de un filósofo como porque tiende a la práctica del bien sin descanso y guarda el temor de los Dioses Infernales. Y no creas que sea de una forma distinta de la que yo digo. Estoy efectivamente medio muerta y no aguanto más mirar el astro que luce durante el día (Meunier, 1980).

Perictione escribió el libro *Sobre la sabiduría*, donde habla de la jerarquización de las ciencias. Este texto puede utilizarse en clase de filosofía o puede servir de introducción para un curso del área de ciencias experimentales donde se desee reflexionar sobre la ciencia en tanto que una forma de explicación de la realidad. Para trabajarlo con alumnado de la ESO será conveniente aclarar algunas expresiones como "los accidentes que afectan a lo real".

El hombre ha nacido y ha sido creado para contemplar el principio de la naturaleza universal, y la función de la sabiduría es precisamente la de poseer y contemplar la inteligencia manifestada en las realidades. La geometría, la aritmética y las otras disciplinas especulativas de orden científico sólo se ocupan de algunas realidades. La sabiduría, en cambio, se ocupa de todas las modalidades de lo real. Efectivamente, la sabiduría se comporta siempre teniendo en cuenta todas las realidades, como la vista se comporta en función de todo lo que es visible, y el oído en función de todo lo que se puede oír. Pertenece a la sabiduría tener conciencia de los accidentes que sobreviven universalmente a todas las realidades y contemplarlos; a las ciencias naturales, conocer aquellos que corresponden a la mayoría, y finalmente, le corresponde a una ciencia determinada juzgar aquellos que son propios de una cosa particular. Hete aquí porque la sabiduría busca los principios de todas las cosas reales. Las ciencias naturales, de aquellos que son producidos por la naturaleza. La geometría, la aritmética y la música descubren los principios de la cantidad y de la consonancia (Meunier, 1980).

Aesara de Lucania escribió: *Sobre la naturaleza humana*, donde reflexiona sobre la introspección, es decir, sobre el interés por estudiar la experiencia consciente. Este texto se puede utilizar en clase de filosofía o de psicología como actividad de ampliación.

La naturaleza humana me parece que es un modelo de ley y de justicia, tanto para la casa como para la ciudad. Quien siga las trazas e indague en el interior de sí mismo, lo descubrirá. Pues dentro de él existen la ley y la justicia, que es la disposición ordenada del alma. Pues un compuesto de asociaciones no podría originarse de una sola cosa, ni tampoco de muchas que fueran iguales. (Pues es necesario, ya que los actos que deben realizar son diferentes, que las partes de nuestra alma sean también distintas, tal como en el cuerpo existe la facultad de la vista, del oído, del gusto y del olfato; ya que no todas las cosas guardan la misma afinidad con todas) (Meunier, 1980).

Los textos anteriores pertenecientes a distintas filósofas pueden ser utilizados como lectura individual en clase para promover una posterior discusión en grupo. Para orientar la discusión se puede incluir un cuestionario con algunas de las siguientes preguntas, según correspondan al texto.

- A partir de la lectura, analiza el texto, resume las preocupaciones que expresa la filósofa y discute con tu grupo de trabajo las opiniones que tenéis sobre las reflexiones de la filósofa expresadas en el texto.
- Anota tu punto de vista y la conclusión del grupo.

### **2.12.2. La obra de Hildegarda de Bingen**

A continuación se presenta en primer lugar, un texto de Hildegarda y se propone el análisis de la miniatura que ilustra el texto citado. Esta actividad puede ser utilizada en clase de filosofía o de ciencias experimentales para introducir la idea de la autoridad de las mujeres en determinadas épocas históricas y mostrar las estrategias que utilizaron para poder opinar sobre temas en los que su voz nunca hubiera sido escuchada. Hildegarda utilizó la inspiración divina como recurso para conferirse autoridad. Ella tuvo un gran reconocimiento por parte de las autoridades civiles y eclesiásticas de su tiempo.

En segundo lugar, se presentan los textos de las recetas de Hildegarda que se pueden utilizar en clase de química. Sirven como actividad de introducción del estudio de las mezclas y de la cantidad de las sustancias. Tal como se indica en el cuestionario, se propone al alumnado que analice las sustancias y los procesos que se citan en las recetas de Hildegarda.

- Lee con atención el texto Hildegarda de Bingen (1098-1179) del *Scivias*:

Y he aquí que fue en el año cuarenta y tres del curso de mi vida temporal, cuando en miedo de un gran temor y temblor, viendo una celeste visión, vi una gran claridad en la que se oyó una voz que venía del cielo y dijo: "Frágil ser humano, ceniza entre las cenizas, podredumbre entre la podredumbre, di y escribe lo que veas y oigas. Pero como tienes miedo de hablar, eres ingenua e ignorante para escribir, dilo y escríbelo, no fundándote en el lenguaje del hombre, no en la inteligencia de la invención humana, sino fundándote en el hecho que ves y oyes esto desde arriba, en el cielo, en las maravillas de Dios [...] [Cirlot, V. y Garí, B. (1999): *La mirada interior*. Martínez Roca. Barcelona].

- Analiza la miniatura con la que se inicia la obra *Scivias* que ilustra el pasaje citado. Indica los personajes que hay dibujados e imagina quienes podían ser. Intenta dar un significado a las lenguas de fuego y a la miniatura en su conjunto.

- Discute con las compañeras y compañeros de tu grupo de clase por qué Hildegarda de Bingen escribió siempre haciendo referencia a sus visiones, incluso en las cartas de respuesta a las consultas que le hicieron personajes importantes de su tiempo.

- Lee las recetas propuestas por Hildegarda de Bingen (1098-1179) en *Physica. Libro I: Sobre las plantas*:

- Cocer vigorosamente bálsamo en agua [...], durante la cocción añadir dos veces más de siempreviva, añadir ortiga y mezclarlo todo.
- Reducir a polvo una parte de jengibre, una media parte de regaliz y una tercera parte hecha tanto de cedoaria como de jengibre; pesar el polvo obtenido y tomar el mismo peso de azúcar. En conjunto deberá pesar aproximadamente treinta piezas.
- Si una mujer sufre mucho durante el parto, cocer en agua, lentamente y con precaución, hierbas perfumadas como el hinojo y el ásaro; quitar el agua y poner las hierbas aún calientes alrededor de sus muslos y en su espalda; envolverlas con una sábana con cuidado para que desaparezca el dolor y su vientre se abra más fácilmente y de manera menos dolorosa.
- El cardo es cálido. Pero el hombre que tomara o bebiese veneno, machaque la cabeza del cardo, su raíz y las hojas, y tome este polvillo echado en la comida o en la bebida y expulsará el veneno de sí. Y si alguien tiene "uzslecht" en su cuerpo, mezcle este polvillo con manteca fresca, y cuando se unte con ella sanará (Pernoud, 1995).

Los textos que se incluyen a continuación de los *Libros VII y VIII: Sobre los animales y Sobre los reptiles* del libro de historia natural *Physica*, se pueden utilizar en clase de biología, como actividad de introducción para ilustrar cómo se describían en el siglo XI estos animales, o bien como actividad de ampliación, después de que el alumnado haya estudiado el escorpión y el camello. Este análisis permitirá aplicar los conocimientos adquiridos y realizar una comparación entre la descripción antigua y la actual.

- Lee los siguientes fragmentos de Hildegarda de Bingen (1098-1179) de los volúmenes de historia natural, *Physica* o *Los nueve libros de las sutilidades de las diversas naturalezas de las criaturas*. Realiza una descripción basada en los conocimientos actuales de los dos primeros animales que cita Hildegarda. Compara tu descripción con la realizada por Hildegarda y señala qué semejanzas y qué diferencias encuentras.

- El escorpión tiene dentro de sí calor ardiente y fuego, así como un cierto amargor de las penas infernales, y todo lo que en él hay es veneno mortífero y supone la muerte del hombre y algunas veces de los animales, tanto que, si alguien quiere preparar con él pócimas venenosas y quien lo prepara diese a alguien a probar o tocar, éste moriría. Y ninguna medicina se obtiene a partir de él, a no ser una muerte segura (*Libro VIII: Sobre los reptiles*).
- El camello tiene en su interior un calor impetuoso, sin embargo es bastante templado, de allí que sea tibio, y esto debido a la circunstancia de la volubilidad de sus costumbres. En sus gibas tiene: en un aparte, la fortaleza de un león; en la otra, la de un caballo, y lo que resta de su cuerpo es de la naturaleza del burro. Así, la giba que está junto a su cuello tiene la fortaleza de un leopardo, y es la que está próxima a la parte de la fuerza; y la giba que está a continuación no sólo es de la fortaleza del caballo, sino que por esta condición aumenta de tamaño y de altura (*Libro VII: Sobre los animales*) [Cirlot, V. y Garí, B. (1999): *La mirada interior*. Martínez Roca. Barcelona].

### 2.12.3. Las monjas boticarias

A continuación se propone una actividad de análisis de la iconografía presente en una farmacia del siglo XVIII. La actividad se puede realizar en la clase de ciencias de la naturaleza o de educación para la salud. En ella se propone analizar los dibujos presentes en la fabricación de las pastillas y puede servir de introducción.

- Busca en un libro de iconografía cristiana los símbolos utilizados en los moldes para fabricar pastillas. En el siglo XVIII, se utilizaban figuras que hacían referencia a frutas, hojas, flores, pájaros, conchas o estrellas. Intenta establecer el significado de los distintos moldes sabiendo que los frutos representan los dones del Espíritu, la granada es el emblema de la vida, la cereza evoca la dulzura del carácter que realiza buenas acciones, un cesto con frutas es el símbolo de la fertilidad, la margarita simboliza la inocencia, el trigo es el símbolo de la Eucaristía, la almendra es el atributo de la Virgen María y los pájaros son símbolos de la elevación espiritual. Las conchas simbolizan las peregrinaciones y el Sol es el ordenador del cosmos.

#### 2.12.4. El laboratorio de María la Judía

A continuación se proponen dos actividades que se pueden realizar en clase de química. La primera actividad puede servir de introducción al curso. En ella, a partir de la descripción de los alambiques de María la Judía, se propone analizar la utilidad de estos instrumentos de laboratorio y averiguar en qué consistía la alquimia, la precursora de la química actual. La segunda actividad se puede utilizar como actividad de ampliación puesto que se trata de reconocer los nombres alquímicos de algunas sustancias.

- Lee la descripción que hace María la Judía (s. III) del *kerotakis*, una herramienta fundamental para la alquimia, tanto para reblandecer los metales por la acción del calor como para mezclarlos con los colorantes, uno de los principales procedimientos que empleaban para intentar transformar los metales en plata o en oro:

Consta de tres partes, una en la que se calienta el material que hay de destilar; una parte fría para condensar el vapor, y otra para recogerlo. Una pieza de metal triangular o rectangular servía para mantenerlo caliente y para evitar que la cera se endureciese [Patai, R. (1982): "Maria the Jewess, the founding mother of alchemy". *Ambix*, 29: 3].

- Lee la descripción del *tribikos*, un alambique más complicado, hecho por María la Judía:

Os describiré el *tribikos*. Una aparato construido a partir del cobre y descrito por María, la transmisora del Arte. Pongan tres tubos de cobre dúctil, una sartén un poco más gruesa que la de cocer pasteles. Su longitud tendría que ser de un cúbito y medio. Hagan tres tubos así y un tubo de anchura de una manga y una abertura proporcional a la cabeza del alambique [...] [Patai, R. (1982): "Maria the Jewess, the founding mother of alchemy". *Ambix*, 29: 3].

- Intenta dibujar los instrumentos a partir de las descripciones de María la Judía y explicar para qué servían. Busca información sobre que es la alquimia y discute con tu grupo la importancia de las aportaciones hechas por María la Judía.

- Investiga la utilidad del baño María en la cocina de tu casa y en el laboratorio. Dibuja un montaje en el que intervenga y confecciona una lista de procesos culinarios y químicos en los que se usa el baño María.

- María la Judía es considerada por algunos autores una figura mítica de la alquimia, es decir, no se afirma que no existiera, pero se pone en duda quién fue exactamente. Discute con tu grupo de trabajo estas opiniones.

- Lee el siguiente texto de María la Judía e identifica las sustancias y los conceptos científicos que hay en el mismo:

Existen dos combinaciones: una que pertenece a la acción de blanquear, la otra a la de amarillear; una se obtiene por trituración, la otra por calcinación [...]. Las dos combinaciones tienen muchos nombres, como agua de salmuera, agua divina incorruptible, agua de vinagre, agua del ácido de la sal de mar, de aceite de castor [...]. Los recipientes o instrumentos para realizar estas combinaciones deben estar hechos de vidrio. Hay que tener cuidado en no agitar la mezcla con las manos porque el mercurio es mortal, de la misma manera que el oro que se encuentra allí está corrompido [Patai, R. (1982): "Maria the Jewess, the founding mother of alchemy". *Ambix*, 29: 3].

### **2.12.5. Las sustancias químicas de Marie Le Jars**

A continuación se presenta un texto de Marie Le Jars que se puede utilizar en clase de química. Sirve como actividad de ampliación puesto que se trata de reconocer los nombres y las fórmulas de sustancias químicas.

- Lee un fragmento de la autobiografía de la alquimista María le Jars (1565-1645):

Utilizaba cantidades de oro, cobre, plomo, hierro, estaño y mercurio, para aprender los constituyentes de aquellos metales juntamente con las propiedades de las sales corrosivas, principalmente los vitriolos, los alumbres y los cloruros de sodio y de amonio, y quería prender algún tipo de conocimiento sobre los ácidos minerales, nítrico, sulfúrico y hidroclorehídrico, los cuales habían sido descubiertos por los alquimistas en el siglo XIII (Schiebinger, 1989).

- Identifica los nombres y las fórmulas de las sustancias químicas que hay en el texto así como los nombres de los grupos de sustancias. Busca los nombres actuales de los vitriolos e indica su composición así como la de los alumbres.

### **2.12.6. La química de las mujeres**

A continuación se presenta un texto de Marie Meurdrac que se puede utilizar en clase de química. La actividad intenta ilustrar una de las estrategias seguidas por las científicas ante las dificultades de producción y manipulación del conocimiento científico. Ellas escribieron libros dirigidos a las propias mujeres y se reconocieron de una genealogía femenina.

- Lee la introducción del libro de Marie Meurdrac *La Chymie charitable et facile en faveur*



*des dames* (1666):

Cuando empecé este pequeño tratado, era sólo para mi propia satisfacción y con la intención de retener el conocimiento que había adquirido con un largo trabajo y con diferentes experimentos que repetí muchas veces. No puedo ocultar que, después de ver que lo he terminado mejor de lo que me hubiera atrevido a esperar, estoy tentada de publicarlo: pero aunque tengo razones para que vea la luz, también tengo razones para guardarlo escondido y evitar así que esté expuesto a las críticas. Me he mantenido sin encontrar una solución a este conflicto interior durante los dos últimos años. Me objetaba a mí misma que no es una profesión propia de una mujer la de enseñar; que debe mantenerse en silencio, escuchar y aprender, sin mostrar su propio conocimiento; que no es propio de su posición el ofrecer un trabajo al público y en este caso debe ganarse una reputación que no es una ventaja habitualmente para las mujeres.

Por otro lado, me halaga el no haber sido la primera mujer que ha publicado alguna cosa; ya que la mente no tiene sexo y si las mentes de las mujeres fueran cultivadas como las de los hombres, y si se dedicara más tiempo y energía a instruir las desde el principio, después serían iguales que las de los hombres [Bishop, L.I. (1970): "Marie Meurdrac, first lady of chemistry?" *Journal of Chemical Education*, 47: 6].

Discute con tu grupo el significado del título del libro escrito por Marie Meurdrac. Analiza por qué a pesar de ser la autora de uno de los pocos tratados de química del siglo XVII, a Marie le daba miedo escribir.

### **2.12.7. El estudio de los insectos en María Sybilla**

A continuación se presentan textos de María Sybilla que se pueden utilizar en clase de biología. Las actividades propuestas pueden ser de ampliación de conocimientos. En la primera actividad se propone analizar la influencia de la formación artesanal en la formación científica de María Sybilla y sus producciones sobre la metamorfosis de los insectos. En la segunda actividad se trata de valorar los conocimientos de María Sybilla. Para ello se propone analizar las descripciones presentes en su libro sobre las pupas, las orugas y las mariposas. En la tercera actividad se propone revisar su descripción de la araña. Asimismo en las actividades se aprovecha para insistir en los conceptos de generación espontánea y red trófica.

- **María Sybilla (1647-1717) dice en *Metamorfosis de los insectos de Surinam* (1705):**

Estas investigaciones las comencé en 1660 [...]. Desde mi juventud me ha interesado el estudio de los insectos. Empecé con los gusanos de seda en mi ciudad natal, Francfort del Man; luego observé las mucho más hermosas mariposas diurnas y nocturnas que se desarrollaban de otros tipos de orugas. Ello me llevó a coleccionar todas las orugas que podía encontrar con el fin de estudiar sus metamorfosis [...] y trabajar con mi arte de pintora para poder esbozarlas del natural y representarlas con colores fieles.

Desde mi juventud había estudiado insectos. En Francfort empecé a estudiar los gusanos de seda. Cuando comprobé que las mariposas y las orugas se desarrollaban más aprisa que todas las otras orugas, recogí todas las que pude encontrar para observar su metamorfosis. Luego me retiré de la sociedad y me dediqué sólo a estas investigaciones. Además, aprendí el arte de dibujar, lo que me permitió dibujarlas y describirlas tal como se encuentran en la naturaleza. Recogí todos los insectos que pude encontrar alrededor de Francfort y Nuremberg y los pinté [...] de la forma más exacta posible en pergamino [Zemon, N. (1995): *Mujeres de los márgenes. Tres vidas del siglo XVII*. Cátedra/Feminismos. Madrid].

- En la discusión en clase posterior a la lectura de los textos, se puede plantear la siguiente pregunta: ¿A qué edad empezó a observar los insectos María Sybilla Merian?

- Casi todas las pintoras del inicio de la Edad Moderna habían nacido en una familia de pintores. Comenta con tu grupo en qué medida podía influir el haber nacido en una familia de tradición artesanal, como María Sybilla Merian, para dedicarse a la actividad naturalista. Anota tus conclusiones.

- Busca en el libro de Natalie Zemon Davis, citado en la bibliografía del texto anterior, los dibujos de los insectos y plantas de María Sybilla. Elige uno de ellos y dibújalo con la máxima fidelidad posible.

• María Sybilla (1647-1717) dice en su libro *Raupen* (1683), en el texto que acompaña la lámina 23, con un insecto dibujado en sus estadios de huevo a mariposa sobre un cerezo:

[...], cuando por la gracia de Dios descubrí la metamorfosis de las orugas, pasó un largo tiempo hasta que apareció esta bella mariposa. [...] Luego durante varios años seguidos, continué guardando estas orugas y las mantenía hasta julio con las hojas de cerezos, manzanos, perales y ciruelos. Tienen un bello color verde, como la hierba tierna de la primavera, y una encantadora raya negra a lo largo del lomo, cruzando otra raya negra cada uno de los segmentos, de los que sobresalen cuatro cuentas redondas y blancas que brillan como perlas. Entre ellas hay una mancha oval amarillo dorado y debajo, una perla blanca. Por debajo de los tres primeros segmentos tienen tres garras rojas a cada lado, luego dos segmentos vacíos, tras los cuales hay cuatro patas verdes del mismo color que las orugas y a final otra pata a cada lado. De cada perla brotan largos pelos [...]

Cuando dicha oruga alcanza todo su tamaño, como se puede ver en la hoja verde y el tallo, hace un capullo verde y lustroso, brillante como la plata y de forma oval, dentro del cual primero muda y arroja toda su piel y se convierte en una pupa color hígado [...]. La mariposa es blanca y tiene manchas moteadas verdes, dos ojos amarillos y dos tentáculos marrones. En cada una de las cuatro alas hay unos cuantos círculos concéntricos, negros, blancos y amarillos [Zemon, N. (1995): *Mujeres de los márgenes. Tres vidas del siglo XVII*. Cátedra/Feminismos. Madrid].

En la puesta en común en el grupo y en la clase, se pueden sugerir los siguientes aspectos:

- Identifica los conceptos científicos que utiliza Merian en su descripción y defínelos.

- Escoge una mariposa, una oruga y una pupa que sean parecidas a las del texto de Merian. Realiza su descripción y compárala con la que hizo Merian en 1679.
- Explica qué es la generación espontánea e indica cuál es tu opinión respecto a ella.
- Indica la diferencia que hay entre una lente de aumento y un microscopio.
- María Sybilla (1647-1717) en su libro "*Metamorfosis...*" (1705) incluye el siguiente comentario de la lámina 18, *Arañas y hormigas en un guayabo*:

No tejen largas telas de araña, como algunos viajeros nos harían creer. Están todas cubiertas de pelo y provistas de afilados dientes con los que dan mordiscos profundos y peligrosos, a la vez que inyectan un fluido en la herida. Su alimento y presa habitual son las hormigas a las que resulta difícil escapar cuando se mueven por los árboles. Estas arañas (como otras) tienen ocho ojos: dos para mirar hacia delante, dos para mirar hacia atrás, dos para mirar a la derecha y dos para mirar a la izquierda. Cuando no encuentran hormigas, cogen pajarillos de los nidos y les chupan toda la sangre de sus cuerpos [...] [Zemon, N. (1995): *Mujeres de los márgenes. Tres vidas del siglo XVII*. Cátedra/Feminismos. Madrid].

En la puesta en común en el grupo y en la clase, se pueden sugerir los siguientes aspectos:

- Identifica los elementos presentes en la descripción de la araña hecha por María Sybilla Merian.
- Busca información sobre la red trófica en la que participan las arañas y analiza si coincide con los datos que recogió Merian en Surinam.

### **3. El papel de las mujeres en el nacimiento y consolidación de la ciencia moderna**

Para poder valorar en su justa medida las aportaciones de las mujeres a la ciencia, es sumamente ilustrativo analizar cuál era el pensamiento sobre su capacidad en los siglos XVII, XVIII y XIX, en los que tuvo lugar el nacimiento y consolidación de la ciencia moderna occidental.

Los supuestos tradicionales, sustentados por la ciencia, sobre la inferioridad de la naturaleza de las mujeres y la necesidad de controlarlas y subordinarlas fueron la base de la *Querelle des femmes*. Recibe este nombre un debate sobre la valía intelectual de las mujeres que duró unos 300 años, desde comienzos del siglo XV hasta la mitad del siglo XVII, aunque tal debate continuó durante el XVIII, el XIX y el XX bajo diferentes supuestos.

Con anterioridad al siglo XV ya existían debates sobre este tema, pero eran los hombres eruditos, en exclusiva, los que tomaban parte en ellos. A partir de esta centuria, las mujeres comenzaron a participar también, con quejas y demandas, tratando de refutar los argumentos expuestos en contra de su igualdad en la racionalidad. Las mujeres que participaron en la *Querelle* eran cultas, y su propia experiencia probaba que tenían mentes racionales y que, por tanto, podían beneficiarse de lo que se consideraba una educación masculina.

Sería muy larga la enumeración de los argumentos misóginos esgrimidos en nombre de la ciencia, que las mujeres, privadas de autoridad científica, debían combatir, entre los cuales, aparte de su inferioridad, figuraban algunos como su *maldad intrínseca y su asociación con todos los vicios*, de los cuales el más repetido era *su naturaleza insaciable y lujuriosa, más difícil de satisfacer que secar los océanos*.

La educación era la pieza clave en el pensamiento y argumentación de las personas, mujeres y algunos hombres, que intentaban defender al sexo femenino en la *Querelle*. Las mujeres participantes alababan los placeres del estudio, declarándose partidarias del desarrollo del intelecto femenino. La primera mujer, de la que se tiene constancia escrita de su participación en el debate, fue Christine da Pizzano que afirmaba en sus escritos que las condenas de los hombres eran "arbitrarias ideas fabricadas", "tonterías" e "insultos malvados". En su libro *La ciudad de las damas*, publicado en 1405, refutaba todas y cada una de las acusaciones que se le hacían a las mujeres.

Ya en siglo XVII, otras mujeres participaron en el debate. Entre ellas cabe citar a la italiana Lucrecia Marinella, la holandesa Anna Maria von Schurmmann o la española María de Zayas.

Lucrecia Marinella fue una erudita veneciana que publicó un tratado titulado *La nobleza y excelencia de las mujeres con los defectos y deficiencias de los hombres*, en contestación a otro titulado, *Los defectos de las mujeres*. Marinella esperaba "despertar a las mujeres de su largo sueño de opresión". Valoraba las actividades "femeninas" y opinaba que la función de su sexo no era agradar a los hombres, sino "comprender, gobernar, procrear y dotar al mundo de gracia".

Anna Maria von Schurmmann (Utrecht, 1607-1678) fue una erudita holandesa que defendía la educación científica femenina. Mantuvo relación filosófico-científica y de amistad con Descartes. Sus obras sobre la educación de las mujeres se publicaron en Leyden en 1641. Tuvo discípulas que prepararon programas de estudios científicos para las mujeres, pero el obispo Burnet los rechazó, a pesar de que la defensa de dichos estudios se hacía con

argumentos como el siguiente: "Cualquier cosa que perfeccione y adorne el conocimiento humano es adecuada para una mujer cristiana. Cualquier cosa que llene la mente humana con inusual y honesto deleite es apropiada para una mujer cristiana".

María de Zayas (1590-1661) asegurará que las mujeres y los varones son iguales porque tienen alma, y que la verdadera razón para que aquéllas no fuesen cultas residía en la falta de oportunidades y no en la falta de capacidad.

Pero los alegatos de las mujeres, y de algunos varones, influyeron poco en las ideas dominantes, tanto en el campo social como en el político. La mayoría de los hombres eruditos de los siglos XVII y XVIII hablaban en nombre de la nueva ciencia pero sus argumentaciones, pretendidamente científicas, estaban basadas en las viejas ideas misóginas, que resucitaban antiguos prejuicios en nombre de una investigación pretendidamente objetiva y racional, tales como la innata superioridad de los varones, y así, los estudios de fisiología y anatomía "confirmaban" la innata inferioridad de las mujeres, perpetuando la idea de su irracionalidad y la necesidad de aceptar un papel subordinado al hombre, entre otras cosas, "por su propensión a la enfermedad y a la locura".

### **3.1. Las mujeres en el pensamiento de las Luces**

La Revolución Científica del siglo XVII propició un nuevo talante, al confiar en la capacidad humana para buscar soluciones racionales. En esta nueva mentalidad resultaba tan útil el trabajo artesano como el científico, pues ambos contribuían al progreso y a la felicidad de los seres humanos. El ideal ilustrado será heredero de este pensamiento.

Sin embargo, parece que la Ilustración, el Siglo de las Luces, no iluminó por igual a todos los sectores y por lo que respecta a las mujeres, se podría denominar como Siglo de Sombras, pues aunque muchas participaron en el movimiento intelectual y científico, no sin esfuerzo, muy escasas fueron las que consiguieron el reconocimiento de las instituciones y, en el mejor de los casos, se las consideró como excepciones o casualidades. Se podría afirmar que:

La Ilustración no cumplió sus promesas en lo que a la mujer se refiere, quedando lo femenino como aquel reducto que las Luces no supieron o no quisieron iluminar, abandonando, por tanto, la mitad de la especie en aquel ángulo sombrío de la *pasión*, la *naturaleza* o lo *privado* [Molina, C. (1994): *Dialéctica feminista de la Ilustración*. Anthropos. Madrid].

Efectivamente, los más conspicuos pensadores ilustrados se constituían en defensores de los derechos de los ciudadanos, los esclavos, indios y niños, pero muy pocos abogaban por los de las mujeres. A pesar de que hablaban en nombre de la pretendida lógica y racionalidad de la ciencia, continuaban afirmando, de acuerdo con los más ancestrales supuestos, que las mujeres eran inferiores en la razón y en la ética, tratando de justificar su subordinación y el ideal de mujer callada, obediente, sumisa, modesta y casta. Múltiples ejemplos de lo que se acaba de afirmar se pueden hallar en los más importantes pensadores del siglo XVIII, desde Rousseau, Locke y Hume hasta Kant, pasando por Voltaire.

El filósofo Kant, en 1784, afirmaba que la Ilustración es la liberación del hombre de su culpable incapacidad, entendiendo como tal la imposibilidad de servirse de la propia inteligencia sin la guía de otro. La causa de tal incapacidad no procede, según Kant, de la falta de inteligencia, sino de la falta de decisión y valor para servirse de ella sin tutelaje. A las mujeres se las excluyó de este proyecto de liberación, del proceso de racionalización ilustrada, colocándolas fuera de la razón y de la palabra tal como ha indicado repetidamente la profesora Amorós, considerándolas seres dependientes, carentes de autonomía, en definitiva, apéndices sumisos del "otro".

Pero, al mismo tiempo que la nueva ciencia, con su pensamiento biologicista, contribuía a perpetuar la opresión de las mujeres, la voluntad de crítica y de transformación social del pensamiento ilustrado le obligaba a defender el papel de la educación como elemento crucial para tal transformación. Como consecuencia, de forma paradójica, el Siglo de las Luces, fue un tiempo propicio para la polémica sobre esa mitad denostada de la humanidad. Hacia finales de siglo aparecerán los *Derechos de la mujer y de la ciudadana* de Olympe de Gouges, que morirá decapitada durante la Revolución francesa; los *Cuadernos de quejas de las mujeres*; escritos en defensa de los derechos de las mujeres como los de la inglesa Mary Wollstoncraft con su *Vindicación de los derechos de la mujer* (1791); los del francés Condorcet, los del alemán Theodor Von Hippel, *Sobre el avance de las mujeres* (1792), o los de la española Josefa Amar y Borbón, así como los de los monjes benedictinos Feijoo, en el *Teatro Crítico Universal* y Sarmiento en la *Demostración Crítico-Apológica*, en defensa de la igualdad de hombres y mujeres en la racionalidad. Todavía, hacia finales del siglo XVIII, el ilustrado Vicente do Seixo escribirá su obra en defensa de las capacidades intelectuales de las mujeres, que se publicará en 1801. Por su título, en el más puro estilo del XVIII, podemos observar que la *Querelle* distaba mucho de haber finalizado: *Discurso Filosófico Económico*

*Político sobre la capacidad o incapacidad natural de las mujeres para las Ciencias y las Artes, y si en razón de su constitución, o por defecto de su potencia intelectual, y organización física, deben o no tener otras ocupaciones que las de la rueca, calceta y aguja, como pretenden algunos hombres, o deberá dárseles otra educación que la que se les da actualmente, y cuál sea ésta.*

Es necesario señalar, no obstante, que el cambio en positivo de las condiciones materiales de vida y la posibilidad de mayores oportunidades, para un conjunto de mujeres, propició que aumentase considerablemente el número de las que se pudieron dedicar a actividades como la científica que, con la excepción de unas poquísimas privilegiadas, les había estado vedada hasta entonces.

### **3.2. Salones e instituciones ilustradas**

Los foros desde los que la nueva cultura y la nueva ciencia se difundían, durante los siglos XVII y XVIII, eran las Academias. Pero en Europa existió una institución científico-literaria, al margen o al lado de las Academias, la de los *Salones*, en la cual al calor de la nueva ciencia surgen las *salonières* o las *damas de ciencia* que se interesan por todos los campos de ésta. Pensemos que, con la Revolución científica, muchos hombres ricos se dedicaron a la ciencia reuniéndose en grupos, permitiendo que sus mujeres, hermanas o hijas participasen en la actividad científica. Independientemente de que la ciencia se considerase apropiada o no para las mujeres, en Italia, Francia, Alemania e Inglaterra, un sector importante de la población femenina pudo estudiar fuera de los conventos, único refugio posible en la Edad Media, constituyendo los salones un lugar privilegiado de acceso a la ciencia, incluso para algunas mujeres con pocos recursos, cuando conseguían la protección de la *salonière* correspondiente. En los *salones* se divulgaban y discutían las nuevas filosofías de Descartes, Newton, o Leibniz, si bien no poseían revistas o actas en las que publicar artículos o debates. Las *salonières* solían actuar de mecenas de los nuevos talentos científicos o literarios masculinos, y sus propias aportaciones permanecían en el anonimato, siendo la excepción la de aquellas que alcanzaron un cierto reconocimiento. Los salones también ofrecieron un lugar a opiniones y proyectos que no tenían acogida en las Cortes. Un ejemplo de ello lo constituye la *Enciclopedia* francesa, gran proyecto rechazado en la Corte, atacado por jesuitas y jansenistas, que fue propiciado por el salón de Madame Pompadour. Paradójicamente,

algunos de los artículos sobre la entrada *Mujer*, en dicha obra, son todo un ejemplo de misoginia y prejuicios, y ni los salones ni Madame Pompadour se mencionan en sus páginas. Pese a la actividad de las mujeres a favor de la nueva ciencia, la consideración sobre su capacidad intelectual no varió substancialmente respecto a épocas anteriores. Mientras que las *damas de ciencia* se dedicasen a jugar y a divertirse con los nuevos inventos científicos, su afición era tolerada e incluso resultaba de buen tono, pero una cuestión muy diferente era que abordasen el estudio riguroso de la filosofía natural (denominación que recibía la ciencia en aquel tiempo) o de las matemáticas, campos en los que tendrían que competir con los hombres. Es cierto que, al calor de la moda, muchas damas y muchos caballeros también desarrollaron una afición por la ciencia superficial y frívola, sin comprensión de los principios en los que se basaba, pero también es verdad que nunca hasta entonces, tantas mujeres habían formado parte de las comunidades científicas, estudiando y trabajando, con los medios a su alcance, en los más variados campos.

En España, durante el siglo XVIII existieron unas instituciones, las *Sociedades Económicas de Amigos del País*, defensoras del pensamiento ilustrado, que perseguían la recuperación de los sectores marginados, tales como vagabundos, pobres u hospicianos, argumentando que podían ser útiles para el progreso del país. De la misma manera, dicho pensamiento defendía la incorporación de la mujer a trabajos productivos, pero a la hora de valorar su capacidad intelectual se mostraba retrógrado. Buena prueba de ello lo constituye el hecho de que hacia finales del siglo XVIII se produjo una fortísima polémica en respuesta a la demanda de grupos de mujeres, sobre su admisión en las *Sociedades Económicas*, pese a que sus estatutos no lo impedían.

En el caso de la *Sociedad Matritense*, ilustrados como Cabarrús, en 1786, se oponían a su admisión, argumentando que tal hecho ponía en cuestión "el pudor y el recato" y que su incorporación llevaría el caos a la institución por su "naturaleza anárquica, su incapacidad para plegarse a las leyes y normas establecidas, así como por su naturaleza frívola e inestable".

Jovellanos, por su parte, era partidario de dicha incorporación, reconociendo sus capacidades intelectuales y la posibilidad de admitirlas por sus méritos y no por su extracción social. Sin embargo, creía que, por recato, no acudirían a las *Sociedades Económicas*, pero que podrían hacer propuestas desde sus casas.



Campomanes, en su famoso *Discurso sobre la Educación Popular de los Artesanos y su Fomento*, sostendrá que el debate sobre la capacidad de las mujeres es poco útil y que más bien habría que propiciar su laboriosidad y no una educación intelectual. Vemos, pues, que incluso entre los defensores de la igualdad de las mujeres, el pensamiento respecto a su educación era más bien moderado.

El 27 de agosto de 1787, Carlos III aprueba la admisión de las mujeres en las *Sociedades Económicas*, pero la sociedad ilustrada llamaba *bachilleras*, de manera despectiva, a las mujeres intelectuales, y pocas se atrevieron a desafiar tal crítica, con la excepción de un pequeño grupo perteneciente a la nobleza y a la burguesía, que desempeñó una importante labor en las *Sociedades Económicas*. Desgraciadamente, las Actas de las reuniones de las mujeres, o bien no existieron o se han perdido, y únicamente se tienen noticias, gracias a los trabajos de investigación realizados sobre la época, de las siguientes: Mari Carrillo de la *Sociedad Económica de Santiago de Compostela*; María Reguera de Mondragón de la *de Lugo*; M<sup>a</sup> Adelaida Destreham y su hermana, hijas del Conde de Guzmán, M<sup>a</sup> Francisca de Sales Portocarrero, Condesa de Montijo; Juana Rabasa Soler, María Isidra de Guzmán y de la Cerda, y la Duquesa de Osuna, de la de Madrid, así como Josefa Amar y Borbón *de las de Madrid y Zaragoza*, que dejó escritos firmados con su nombre.

### **3.3. La divulgación científica**

Es difícil de comprender, en nuestro tiempo, la enorme importancia que tuvo la divulgación científica en los siglos XVII y XVIII. En estos siglos, de nacimiento y desarrollo de la ciencia moderna, existía un público ávido de conocer los nuevos descubrimientos, las explicaciones sobre los nuevos sistemas de explicación del mundo. Muchos hombres adinerados se convirtieron en científicos aficionados, constituyendo círculos en los que se debatía o se hacían demostraciones experimentales. Sus esposas y hermanas se convirtieron en damas de ciencia. Muchas de ellas alcanzaron gran nivel de competencia, y a medida que avanzaba la Revolución científica, había más mujeres que se interesaban y participaban en todos los campos de la ciencia.

La nueva ciencia no se desarrolló en las universidades, de la que estuvo ausente durante mucho tiempo, sino en las Sociedades y Academias Científicas y en los Salones. Era una

actividad amateur, no profesional. Muchas mujeres contribuyeron a los avances de la nueva ciencia, pero muy pocas consiguieron el estatuto de científicas o filósofas, según la denominación de la época, como mucho se les concedía el estatuto de aficionadas.

Pues bien, el gran problema consistía en que en los siglos XVII y XVIII la mayor parte de las obras científicas estaba escrita en latín, y se había excluido a las mujeres del estudio de las lenguas clásicas; por otra parte, tampoco el conocimiento de esta lengua era patrimonio de una gran mayoría de hombres interesados en la nueva ciencia, ni aunque lo conocieran, disponían de tiempo para dedicarse a tal tarea. Así pues, las mujeres que, en su casa con preceptores o de forma autodidacta, habían aprendido latín u otras lenguas y estaban interesadas en la *filosofía natural*, desempeñaron un importante papel traduciendo obras antiguas y modernas.

En el siglo XVIII, el Siglo de las Luces o de la Ilustración, la ciencia newtoniana sustituye al cartesianismo en el continente europeo, en medio de grandes controversias. Por otra parte, el ideal ilustrado de ciencia útil lleva a la necesidad de escribir en la lengua propia de cada país para que los conocimientos científicos lleguen a un mayor número de personas. Comienza a aparecer literatura científica en inglés, francés, alemán o italiano, que es necesario traducir para estar al día de las novedades y de las investigaciones que se estaban realizando. También, en aras de ese ideal ilustrado, es preciso escribir obras explicativas de ciencia para un público, hombres y mujeres, que quería acceder a los conocimientos científicos.

Tengamos en cuenta que la mayor parte de los pensadores del siglo XVIII, tales como Voltaire o Locke fueron divulgadores de ciencia. Así pues, el concepto de divulgación no tenía las connotaciones peyorativas de vulgarización de las que, a veces, se reviste hoy en día, sino que era una actividad absolutamente necesaria para la instrucción y para el trabajo que realizaban las personas dedicadas a la ciencia. En este campo desarrollaron un gran papel las mujeres. Pensemos en Marie Anne Lavoisier, que tradujo a Kirwan y a Priestley, cuyos trabajos fueron imprescindibles para las investigaciones sobre la combustión, o en Madame du Châtelet, que tradujo la obra de Newton, imprescindible para el conocimiento del filósofo inglés en el continente europeo.

Aparece un gran número de obras dirigidas a las mujeres, escritas por mujeres o por hombres. Las razones para ello son varias. Al igual que ocurría con el público masculino, existía un apreciable número de damas interesadas en la ciencia y, tanto los constructores de instrumentos científicos como aquellos que querían convencer a la sociedad de la importancia

de la nueva ciencia e inventos, buscaban el mayor apoyo posible. Muchas mujeres, interesadas en la educación científica de las de su sexo, escribieron obras específicas destinadas a tal fin y, además, algunos pensadores consideraban que las mujeres, más próximas al estado de naturaleza y menos contaminadas por viejos prejuicios escolásticos, eran un público más proclive a la recepción de los nuevos conocimientos.

Señalemos, por último, que la divulgación científica, ya se hiciera mediante obras especializadas o mediante traducciones, precisaba de un conocimiento profundo de la ciencia, pues las obras estaban escritas en un estilo oscuro y no era fácil seguir los razonamientos ni los cálculos que en ellas se contenían, al tiempo que se ofrecían explicaciones y comentarios críticos. Al respecto puede verse, en este mismo capítulo, la traducción que Mary Somerville realizó de la obra de Laplace o, ya en nuestros días, cualquier traducción-estudio crítico de la obra de Newton, por poner un ejemplo actual.

Priscilla Wakefield en una de sus obras, *Introducción a la Botánica*, escribió, a propósito del tema que nos ocupa:

La botánica es una rama de la historia natural que tiene muchas ventajas; contribuye a la salud del cuerpo y a la alegría de temperamento, al presentar un incentivo para tomar el aire y hacer ejercicio; es adecuada para la capacidad más elemental, y los objetos de su investigación se ofrecen sin gasto ni dificultad, lo que los pone al alcance de todas las situaciones sociales; pero con todo eso y esos atractivos se ha visto confinada, hasta fechas recientes, a las filas de los eruditos, lo cual se puede atribuir a los libros que de ella trataban, pues estaban escritos sobre todo en latín; una dificultad que desalentaba a muchos, especialmente al sexo femenino, de intentar obtener conocimiento de una ciencia que así se defendía de ser abordada [Wakefield, P. (1818): *An introduction to Botany, in a series of familiar letters, with illustrative engravings*. Solomon W. Conrad. Filadelfia].

Se conocen múltiples obras de divulgación de la Revolución científica. Entre ellas, acostumbra a citarse la de Fontenelle (1686), *Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos*, en forma de un diálogo entre un filósofo y una marquesa que quiere instruirse en la filosofía de Descartes, que alcanzó enorme popularidad y fue traducida hasta el siglo XIX. Ya en el siglo XVIII, Francesco Algarotti publica *El newtonianismo para las damas* (1737), siguiendo el mismo esquema. Fue traducido al inglés por Elizabeth Carter (1717-1806). Los constructores de telescopios y microscopios, como Benjamin Martin o James Ferguson, escriben obras sobre filosofía y astronomía, dirigidas a jóvenes "*gentlemen and ladies*", y

también lo hacen científicos reconocidos como Euler o Lalande.

Al mismo tiempo, comienzan a aparecer publicaciones periódicas, con secciones científicas, dirigidas a las mujeres, como *Athenian Mercury* en la década de 1690 o *The Ladies' Diary*, entre 1704 y 1840. En ellos se incluían artículos sobre astronomía, problemas matemáticos, enigmas. Muchas mujeres proponían problemas y enviaban soluciones, tal como se pone de manifiesto en una editorial de 1718, aunque muchas veces lo hacían con seudónimo, de forma anónima o con iniciales. En una de sus editoriales correspondiente a 1718 se podía leer:

Y para que el resto del Bello Sexo se vea alentado a probar las Matemáticas y el Conocimiento Filosófico, ve aquí que su sexo tiene juicios tan claros y un ingenio tan ágil y rápido, un espíritu penetrante, y facultades de discernimiento y sagacidad como los nuestros [...] y puede llevarlas a la solución de los problemas más difíciles [...] Podemos alabar eso en las Amazonas de nuestra nación; y los extranjeros se asombrarán si les muestro no menos de cuatrocientas o quinientas cartas de otras tantas mujeres, con soluciones geométricas, aritméticas, algebraicas, astronómicas y filosóficas [Reynolds, M. (1920): *The learned lady in England: 1650-1760*. Houghton Mifflin. Boston].

### **3.4. Mujeres y ciencia en el siglo XIX**

De nuevo, desde principios supuestamente científicos, se intenta "probar" la inferioridad intelectual de las mujeres, especialmente en lo referente al trabajo científico.

Desde la Ilustración, las sucesivas revoluciones liberales decimonónicas ampliaron la categoría de ciudadanía a sectores sociales excluidos de su ejercicio, pero fundamentaron la conceptualización de los derechos políticos y de ciudadanía en la exclusión femenina y en la universalización de la norma masculina. Paradójicamente, las mujeres conseguirán sus primeros derechos de ciudadanía en marcos más participativos.

Además, el discurso de género consolidó como valor cultural de la modernidad la idea de separación entre el espacio público y el privado, asignando a los hombres el primero y a las mujeres el segundo. Así pues, la masculinidad quedaba adscrita al mundo público, es decir, al ámbito de lo laboral, de lo político, de la ciencia..., mientras que las mujeres, presentadas como *el ángel del hogar* quedaban relegadas al ámbito de la casa. De esta manera se demarcaron, desde el género, mundos separados y valores diferentes, consolidando prácticas

sociales que restringieron la participación pública de las mujeres. ¿Cómo podrían, en estas condiciones, acceder a la práctica científica?

Pero existe un aspecto en el discurso del siglo XIX que nos interesa remarcar por su importancia para el desarrollo de la ciencia occidental:

Este discurso postuló que el hombre blanco era el único sujeto universal de la historia, negando así la categoría de sujetos y creadores de la civilización occidental, de la cual la ciencia constituye un elemento importantísimo, a las mujeres y a otros grupos sociales que no entraban en la categoría de hombres blancos [Nash, M. (2000): *Gènere, identitat urbana i participació ciutadana, Discurs pronunciat en la commemoració de l'Onze de setembre a Barcelona*. Ajuntament de Barcelona. Barcelona].

Afirma la citada autora que el discurso elaborado por el Conde de Gobineau en su obra *Ensayo sobre la desigualdad de las razas humanas* (1853) consagra las premisas de la desigualdad y, consecuentemente, la jerarquización entre los seres humanos al identificar a las mujeres y a las "razas" no blancas con los "otros" inferiores. De esta manera, se establece una de las influencias decisivas en las pautas culturales de la nueva Europa moderna industrial.

Como consecuencia inmediata, las mujeres pasaron de nuevo a la invisibilidad, ignorándose su condición de sujetos históricos capaces de influir en la transformación social, pues las nociones de progreso y modernidad se hicieron incompatibles con las mujeres, que quedaron al margen de esa visión. Se ha tardado casi dos siglos en recuperar ese papel. Para ilustrar lo que acabamos de afirmar, diremos a modo de ejemplo que hemos encontrado en textos histórico-científicos del siglo XVIII los nombres y las aportaciones de mujeres tales como Hipatia de Alejandría, Anna Maria von Schurmmann, Lucrecia Marinella y otras, nombres que desaparecieron en el siglo XIX y que no han vuelto a aparecer hasta que las investigaciones sobre ciencia y género, a partir de los años 80, los han recuperado. No es de extrañar, pues, que la investigación sobre la participación de las mujeres en la historia de la humanidad, en la ciencia, diste mucho de estar terminada.

A medida que la ciencia se volvía cada vez más compleja, especializada y profesionalizada, pasando a ser tema de estudio reconocido en las universidades, las mujeres que se habían dedicado a ella, cuando era una actividad amateur, vieron como se las apartaba, pues no se les permitía estudiar ni formar parte de las nuevas instituciones científicas.

En 1794, se fundó la *École Polytechnique de Paris*, pero las mujeres no fueron admitidas en ella hasta 1972. En Gran Bretaña, la *Real Sociedad* seguía siendo totalmente masculina, pero

la *Real Institución*, fundada en 1799 por el conde Rumford para promover la investigación científica, dependía de las suscripciones de los miembros de ambos sexos y las señoras elegantes asistían a las conferencias de la institución.

En 1831 se fundó la *Sociedad Británica para el avance de las Ciencias* y, una vez más, la cuestión de la participación de las mujeres saltó a la palestra, pues su presidente consideraba que las mujeres no deberían asistir a la lectura de los trabajos, ya que de lo contrario las reuniones se convertirían en "una especie de reuniones de diletantes en lugar de una reunión filosófica seria de hombres que trabajan". Finalmente, se admitió a las mujeres en la reunión general y en las conferencias vespertinas, en calidad de Asociados Filosóficos de los Miembros. Como su asistencia era más numerosa que la de los hombres, se restringió su acceso, pero ellas hicieron caso omiso de las restricciones y continuaron asistiendo a las reuniones. En 1837 se las invitó a las sesiones de geología e historia natural, más "adecuadas" para las mujeres, pero desde unas galerías especiales. Se tienen noticias de que una mujer, Carolyn Fox, que fue una de las principales defensoras de la educación de las mujeres, logró asistir, sin incidentes, a las sesiones sobre ciencias físicas. En 1839 consiguieron ser admitidas en todas las secciones, si bien en galerías separadas o en zonas bien delimitadas. En 1853 se comenzó a admitirlas como miembros, pero en 1876 todavía se les impedía ser elegidas para los comités y puestos directivos de la Asociación.

Mientras que la *Sociedad Botánica de Londres*, la *Sociedad Zoológica* y la *Real Sociedad de Entomología*, fundadas entre 1827 y 1833, admitieron mujeres desde ese mismo momento, la *Sociedad Linneana*, la *Real Sociedad de Microscopía* y la *Real Sociedad de Londres*, no admitieron mujeres hasta el siglo XX.

A pesar de que muchas sociedades científicas europeas se fundaron bajo los auspicios de mujeres poderosas, como la *Academia de Berlín*, en 1700, gracias a Sofía Carlota, reina de Prusia o la *Academia de Ciencias de San Petersburgo*, con el patrocinio de las emperatrices Catalina I, Ana y Catalina la Grande, se prohibía la entrada a las mujeres aún a finales del siglo XIX.

Por lo que respecta a las Universidades, la mayor parte de ellas impidió el acceso de las mujeres hasta finales del siglo XIX. Cuando consiguieron este acceso, muchas veces era sin derecho a matrícula, por lo que solamente podían asistir en calidad de oyentes. En España, no hubo acceso real hasta 1910, y las primeras mujeres que se pudieron matricular en las Escuelas de Ingeniería lo hicieron en la década de los años 60 del siglo XX.

Sin embargo, como casi siempre, no todo fueron sombras para las mujeres en el siglo XIX. Factores tales como la extensión de la educación elemental para niñas y niños, las luchas antiesclavistas y las luchas de las mujeres, reavivaron la polémica sobre la educación de éstas o su participación en la actividad científica y, a pesar de todas las dificultades, muchas mujeres realizaron importantes aportaciones a la ciencia y a la tecnología.

### **3.5. Las naturalistas**

La historia natural de los siglos XVII, XVIII y parte del XIX era una disciplina omnicompreensiva, pues abarcaba aspectos de las ciencias que hoy llamamos medicina, biología, geología y química. El interés por la historia natural se vio favorecido en la Inglaterra del siglo XVII, cuando aumentó la consideración de las ciencias empíricas, uniéndose a ello las expediciones al Nuevo Mundo y al Lejano Oriente, que casi siempre incluían la esperanza de encontrar nuevos productos naturales que sirviesen a las necesidades de la medicina o a las demandas de la agricultura y del desarrollo industrial dependientes, en gran parte, de productos animales y vegetales. Posteriormente, este interés pasaría al continente europeo. Hacia mediados del siglo XVIII se comienza a estudiar la botánica al margen de los remedios de botica, y también la historia natural se va separando de la medicina. Otro tanto sucede con la química y con la biología o la geología, que aparecerán como tales hacia finales del siglo, y más claramente, a comienzos del XIX.

Durante la Revolución científica y la Ilustración, la creación de jardines botánicos y de gabinetes de curiosidades, que incluían colecciones de minerales, animales disecados, plantas e instrumentos científicos, fueron ocupaciones favoritas de personajes adinerados.

Por otra parte, a partir de la invención del microscopio, en el siglo XVII, se estudian los insectos y se aplica al estudio de la fisiología, que hasta entonces pertenecía al campo de la física. Se discute sobre la generación espontánea, sobre la regeneración o palenginesia, y sobre un conjunto de cuestiones como la existencia del alma, el pecado original y otras, que hoy nos parecen completamente ajenas a las ciencias de la naturaleza.

Con los medios de que se disponía en el siglo XVIII, poco más se podía hacer que especular para explicar unas observaciones que eran poco precisas. Los microscopios que permitieron apreciar la célula no aparecieron hasta 1830; el huevo de los mamíferos se observó por

primera vez en 1826 y la fecundación de un óvulo por un espermatozoide tuvo que esperar hasta 1875, aunque este último retraso tuvo mucho que ver con el androcentrismo de la ciencia que consideró, durante mucho tiempo, que sólo el espermatozoide tenía poder para generar un nuevo ser, actuando la mujer como mero receptáculo, pero esta cuestión requeriría un análisis más pormenorizado.

En la época que estamos analizando se consideró que la botánica era una ocupación apropiada para las mujeres, pues además de contribuir a que no estuvieran ociosas, impedía el tumulto de las pasiones y disminuía el gusto por las diversiones frívolas. Algo semejante ocurrió con la astronomía, pues ésta permitía la contemplación de los cielos, apartando a las mujeres de las tentaciones terrenales. De todas formas, una vez que se aceptó la formulación hecha por Linneo acerca del sistema sexual de las plantas, no faltaron voces que se alzaron en contra de que las mujeres se dedicaran a actividades "tan poco castas" como estudiar dicho sistema mientras botanizaban. Hacia mediados del siglo XIX, en algunos círculos eruditos se consideraba que era poco masculino el interés por las plantas.

Las mujeres desarrollaron un enorme interés por la botánica y por sus aplicaciones, por la entomología, por la geología, la biología marina y la paleontología pero, como siempre, sus nombres y aportaciones no se han recuperado hasta fechas muy recientes y algunas permanecerán para siempre en la invisibilidad. Muchas de ellas fueron también ilustradoras, coleccionistas y traductoras de obras de botánica, labores fundamentales en una época, en que la mayoría de los textos estaban en latín y no se había inventado la fotografía. Algunas mujeres viajaron, aunque fueron las menos por razones obvias, descubriendo nuevas especies que introdujeron en Europa.

Entre estas mujeres se puede citar a Marianne North (1830-1890), que viajó a Canadá y Estados Unidos para pintar la vegetación "tropical". Luego pasó a Jamaica, Brasil, Lejano Oriente, Chile, Australia y los mares del sur. Realizó muchas pinturas de plantas y un catálogo botánico, que se expusieron en el Museo de Kessington: Su colección se albergó en una galería de los Jardines Botánicos Reales. Las sarracénias que recolectó llevan su nombre, *Nepenthes northiana*, así como la *Northea seychelliana*, *Areca northiana*, *Kniphofia northiana* y *Crinum northianum*. También se interesaba por la zoología, y su autobiografía, a modo de libro de viajes, tuvo dos ediciones.

Las sociedades botánicas admitieron mujeres con más facilidad que otras asociaciones científicas. En 1836 se fundó la *Sociedad Botánica de Londres* y el diez por ciento de sus



miembros eran mujeres. La Sociedad se interesaba por problemas sociales como la adulteración de los alimentos, las enfermedades o el tratamiento de las aguas negras, pero ninguna mujer fue elegida nunca para dar una conferencia importante ni para ocupar cargo alguno, pese a que ello no estaba prohibido.

Respecto a la geología, comenzó a ser considerada ciencia a comienzos del siglo XIX, impulsada por las personas que recolectaban fósiles, entre las que se encontraban muchas mujeres, algunas de las cuales se procuraban, de esta manera, el sustento para su familia. Entre ellas podemos citar a las tres hermanas Philpot y a Marie Anning, que descubrió en 1821 el primer esqueleto de plesiosauro, que fue adquirido por el duque de Buckingham.

La *Sociedad Geológica de Londres* publicó numerosos informes sobre descubrimientos geológicos y paleontológicos realizados por mujeres. El primero, en 1823, era de Marta Graham, *Informe sobre algunos efectos del último terremoto en Chile*.

Una de las primeras mujeres de la que se tiene noticias acerca de su actividad como geóloga fue la baronesa Martine de Beausoleil, que debido a su interés por la mineralogía, dedicó 30 años de su vida al estudio de las matemáticas, la química, la mecánica y la hidráulica, publicando varias obras, entre 1620 y 1640, en las que informaba sobre minas y yacimientos minerales en Francia y trataba de convencer al rey de la utilidad de explotar tales recursos. Se ocupaba de metalurgia, tipos de minas, fundiciones, ensayo de metales y métodos científicos para localizar yacimientos.

El famoso Charles Lyell, que estableció documentadamente la antigüedad de formaciones geológicas, trabajaba con su mujer Mary Elizabeth Horner, que era una aventajada conquióloga y le acompañó en todas sus expediciones geológicas. Muchas de las amigas de Lyell trabajaron en historia natural, lo mismo que sus hermanas y cuñadas. Difícil será que sepamos alguna vez cuáles fueron sus contribuciones. Respecto a Horner, el autor del obituario de Lyell escribió de ella: "Si no hubiera sido parte de él, ella misma hubiera gozado de más fama".

Lyell daba conferencias en el *King's College* de Londres y a ellas asistía una gran cantidad de mujeres interesadas en la historia natural, pero el obispo de Londres excluyó a las mujeres de las aulas. Lyell, en protesta, trasladó las conferencias a la *Institución Real*, pero se organizó una controversia semejante acerca del supuesto problema que constituían las mujeres que asistían a ellas.

Sin embargo, algunas entomólogas alcanzaron categoría cuasi-profesional. Entre ellas cabe citar a Maria Aimée Lullin entomóloga suiza, que estaba casada con un naturalista ciego, Huber (1750-1831). Ella realizó todas las investigaciones, las observaciones y los escritos sobre las abejas, que se publicaron con el nombre de su marido. Entre sus descubrimientos figuran las funciones de las antenas, la expulsión de los zánganos del panal y la fertilización de la reina en pleno vuelo.

### **3.6. Sugerencias para trabajar en el aula**

En todas las épocas, las mujeres participaron en el desarrollo de la ciencia y de la tecnología. Observaron la naturaleza, realizaron experimentos, desarrollaron técnicas, diseñaron aparatos, especularon con la estructura del universo. Algunas, como Anne Conway, idearon sistemas filosóficos, pero como ella se han perdido para la historia de la ciencia. Rara vez recibieron el crédito que merecían; muchas vieron como su trabajo se atribuía a científicos varones; otras, consideradas en su tiempo, han sido rebajadas, con posterioridad, al papel de asistentes; incluso, en muchos casos, su existencia se ha visto negada por los historiadores de la ciencia. Se ofrecen a continuación textos y biografías de científicas que se han experimentado con alumnado de Bachillerato, con el fin de propiciar el debate y contribuir a su sensibilización sobre la importancia de la Historia de la Ciencia y de la presencia o ausencia de las mujeres en ella. También pueden resultar útiles para conocer las opiniones de alumnas y alumnos sobre la igualdad ante la ciencia de varones y mujeres. Durante la experimentación de los mismos se ha podido detectar que, si bien existe una opinión favorable a esa igualdad, son las alumnas las que la perciben con mayor claridad, persistiendo en los chicos mayor adscripción a los estereotipos tradicionales.

Puesto que en los siglos XVII, XVIII y gran parte del XIX la ciencia y la filosofía coexistían, algunos de los textos se pueden utilizar en colaboración con profesorado de filosofía, obviamente en el nivel de bachillerato.

#### **3.6.1. Anne Finch Conway (1631-1679)**

Esta científica puede considerarse una representación paradigmática de la historia de las mujeres en la ciencia.

Fue una de las pocas mujeres que tuvo acceso a una educación científica formal, pues su hermano mayor dirigió sus estudios y la puso en contacto con científicos de renombre de la época, entre los que se cuentan More, Descartes y Van Helmont. La obra de Descartes, uno de los pilares de la Revolución científica, comenzaba a conocerse en Inglaterra gracias a More que era profesor de Cambridge. Con él aprendió Anne la geometría euclidiana, y también estudió matemáticas y astronomía, así como la *Kabbala*, una de las fuentes de las teorías alquimistas. Tras su matrimonio con el conde de Conway, las largas ausencias de su marido le permitieron dedicarse al estudio en profundidad.

En 1670, van Helmont llega a Inglaterra con la intención de curar a Anne de unas fuertes y recurrentes migrañas que sufría, que ni el médico William Harvey, ni famosos curanderos habían logrado erradicar. Van Helmont tampoco lo logró, pero permaneció en Ragley Hall, la casa de Anne, durante diez años, montando allí un laboratorio, trabajando con More y con Anne Conway, de tal manera que Ragley Hall se convirtió en un centro intelectual bajo los auspicios de su dueña.

Anne creó una síntesis filosófica original, intentando conciliar su religión con las nuevas teorías científicas. Conway negaba la distinción cartesiana entre materia y espíritu. Para ella, la naturaleza no era una máquina sino una entidad viviente, constituida por *mónadas* individuales dotadas de fuerza vital e integradas en el orden cósmico. La materia podía ser transformada, monádicamente, en formas más elevadas.

Al igual que muchos naturalistas de los siglos XVII y XVIII, creía que las diferentes especies de plantas y animales estaban organizadas en una Gran Cadena del Ser, de tal manera que la naturaleza era jerárquica y culminaba, en la tierra, en los seres humanos.

Después de la muerte de Anne, Helmont volvió al continente e hizo publicar su cuaderno de notas, en Holanda en 1690, en latín. En 1692 se publicó en Londres, bajo el título *The principles of the most ancient and modern philosophy, concerning God, Christ, and the creature; that is concerning spirit, and matter in general*.

De vuelta a Europa continental, van Helmont recaló en Hannover, donde Leibniz y su discípula Sofía de Hannover discutían la obra del holandés. Era el período de formación de la filosofía de Leibniz y van Helmont les explicó las ideas contenidas en la obra de Conway, de

tal manera que a ella se debe el concepto de mónada como base indivisible de toda materia y vida, concepto que Leibniz incorporaría a su sistema filosófico.

Leibniz se opuso al sistema mecanicista cartesiano y al sistema newtoniano de partículas elementales dotadas de gravedad, proponiendo un universo constituido por mónadas dotadas de fuerza vital, tal como Conway había postulado, dando origen al vitalismo.

Es bien sabido que la Revolución científica dio el triunfo al sistema newtoniano, pero la controversia entre cartesianismo y newtonianismo, así como la consiguiente entre newtonianismo y vitalismo, ocupó los años siguientes del siglo XVII y, prácticamente, todo el XVIII. El vitalismo influyó decisivamente en los filósofos naturalistas alemanes y en el desarrollo de las teorías evolucionistas modernas. Aunque Leibniz reiteró las referencias a la "condesa de Kennaway", Anne Conway, como fuente de sus ideas, la obra de esta mujer se atribuyó a van Helmont.

Para darnos una idea de la importancia de la obra de Conway, basta con reflexionar sobre el hecho de que la Revolución científica tuvo que ver con la naturaleza de la materia y del movimiento, así como con la relación entre ambos conceptos.

Su obra influyó en la de otras filósofas-físicas de la época, tales como Isabel de Bohemia, discípula de Descartes, que intercambió con su maestro Leibniz y con van Helmont una extensa correspondencia científico-filosófica; Sofía de Hannover, que fue la colaboradora científica y política más próxima a Leibniz; su hija Sofía-Carlota, que también estudió con Leibniz y fundó con su marido, Federico de Prusia, la *Academia de Berlín* en 1700; la reina Carolina de Brandeburgo que, después de estudiar con Leibniz, propició la correspondencia de 1716 entre Leibniz y el newtoniano Clarke sobre la polémica entre la filosofía mecanicista y vitalista.

Un importante elenco de filósofas (físicas) que podría considerarse como la escuela vitalista, de las cuales la más importante fue sin duda Anne Finch Conway, ha sido olvidada por la historia de la ciencia, incluso en obras que prestan especial atención a las mujeres científicas.

**Tras la lectura de la biografía de Anne Conway se pueden plantear al alumnado las siguientes cuestiones, para su discusión en grupo:**

- Indaga cuáles eran los principios de la filosofía vitalista.
- Revisa las polémicas entre cartesianismo y newtonianismo en el Siglo XVIII.
- ¿Por qué se dice en el texto que la filosofía vitalista está relacionada con las teorías actuales sobre la evolución?

- ¿Sabes cuáles eran las diferencias entre los conceptos de masa y volumen en los sistemas cartesiano y newtoniano?

- Enumera las razones por las que crees que la obra de Conway ha sido ignorada por la historia de la ciencia y de la filosofía. Debátelo en tu grupo de trabajo.

### **3.6.2. Laura Maria Catarina Bassi (1711-1778)**

Nació en Bologna (Italia), país en el que durante los siglos XVII y XVIII tuvo lugar un gran florecimiento de la ciencia y de la participación de las mujeres en ella, sobre todo en el norte. Entre todas ellas destaca la figura de Laura Bassi, que fue la primera profesora de física en una universidad, la de Bologna y que, al final de su vida, era famosa en toda Europa, pese a que el Senado italiano intentó restringir sus apariciones en actos públicos y en los círculos sociales de la ciudad. De su matrimonio tuvo nueve hijos.

Educada por el médico de la familia, Gaetano Taconi, estudió matemáticas, filosofía, anatomía, historia natural y lenguas (griego, latín, francés e italiano). En marzo de 1732 fue elegida miembro del Instituto de la Ciencia de Bologna y en 1733, a los 21 años, sostuvo un debate público con cinco profesores de la universidad, alcanzando, ese mismo año, el grado de Doctora en Filosofía. Realizó numerosas peticiones de aumento de salario y de responsabilidades, a fin de continuar sus estudios y ayudar a sufragar los gastos del equipamiento preciso para realizar experimentos de física, sobre todo de electricidad. Sus demandas parece que no tuvieron demasiado éxito, con excepción de una pequeña pensión del Senado.

Fue profesora de la Universidad de Bologna desde 1732 hasta 1778, año de su muerte, ocupando la cátedra de Física Experimental. Publicó numerosos trabajos sobre física cartesiana y newtoniana, siendo una de las primeras personas que explicó física newtoniana (filosofía natural) en Italia. Dos de sus disertaciones en latín fueron publicadas en los *Comentarios del Instituto de Bologna* y muchas de sus conferencias se han conservado manuscritas.

Sin embargo, sus contribuciones han sido totalmente ignoradas y no sólo no aparecen en las historias oficiales de la ciencia, sino que algunos historiadores afirman que sólo dio lecciones privadas en su casa, pese a que está documentada su docencia en la Universidad de Bologna

desde 1732 hasta 1778. Laura Bassi constituye otro ejemplo del olvido, desconsideración e invisibilidad de las mujeres en la ciencia.

- Lee el texto anterior.

- Investiga cuáles eran las ideas y los conocimientos sobre la electricidad en la época en la que vivió Laura Bassi.

- En el siglo XVIII se inventa el pararrayos y se realizan muchas experiencias sobre electrificación de los cuerpos. Selecciona algunas en la bibliografía y discútelas en pequeño grupo.

- ¿Qué tiene de extraordinario el caso de Laura Bassi en su tiempo?

### **3.6.3. Gabrielle-Émilie le Tonnelier de Breteuil, marquise du Châtelet (1706-1749)**

De la misma forma que la matemática italiana, María Agnesi (1718-1799), fue una de las primeras personas que explicó el cálculo de Newton y el de Leibniz, la marquesa du Châtelet tiene el mérito de haber contribuido a introducir en el continente europeo la filosofía natural newtoniana, así como la filosofía vitalista de Leibniz y Conway en Francia. Para comprender la importancia de este hecho baste con señalar que las controversias entre cartesianismo y newtonianismo, así como entre mecanicismo y vitalismo, atraviesan todo el siglo XVIII, siendo la *Academia de Ciencias de París* uno de los bastiones de la filosofía de Descartes. Así pues, la contribución de Châtelet fue de fundamental importancia para el avance de la Revolución científica. Sin embargo, Émilie ha pasado a la historia, más que por sus importantes contribuciones científicas, por sus relaciones con Voltaire y por sus tumultuosos amores con diversos personajes de su época, entre ellos el propio duque de Richelieu.

Cuando era niña, era demasiado alta para su siglo y poco agraciada, por lo que su padre, el barón de Breteuil, pensando que no encontraría marido y debido a "la pobre opinión" que tenía de muchos obispos, decidió darle la mejor educación posible, lejos de los conventos. Así pues, Émilie, si bien no pudo asistir a los colegios para hombres ni a la Universidad, estudió en casa con los mismos preceptores que sus hermanos.

A los diecinueve años, en 1725, se casó con el marqués de Châtelet, un terrateniente de oficio militar, que permanecía mucho tiempo ausente dedicado a la guerra. Tuvo tres hijos de este matrimonio, de los cuales sobrevivieron una hija y un hijo. La marquesa du Châtelet se forjó

un proyecto de vida, como podemos leer en sus escritos, en el que ocupaban un lugar importante, la amistad, el amor y el estudio. Vive en París, ciudad en la que tiene una intensa vida social, de la que siempre regresa para dedicarse al estudio. Sus maternidades no se lo impiden, pues las señoras de su medio social disponían de nodrizas y preceptores que se ocupaban de la crianza y educación de las criaturas. En todo caso, las madres se ocupaban de supervisar estos asuntos, pero no de realizarlos personalmente.

En 1733 conoce a Voltaire, que acaba de regresar de Inglaterra, se hacen amantes y, debido a los problemas que los escritos de aquél suscitan en la corte, se trasladan al castillo de Cirey, propiedad del marqués, que remodelan, instalando una enorme biblioteca y un laboratorio, donde se realizan toda clase de experimentos al estilo de la época, convirtiendo el Salón de Cirey en el centro francés de la ciencia newtoniana. Por él pasan muchas de sus amistades, hombres y mujeres, personas interesadas en la ciencia e incluso científicos famosos en su tiempo, tales como Maupertius, Clairaut, Algarotti, los Bernouilli, Anna Barbara Reinhardt o König. También establecen relaciones con las Academias Científicas y con las diversas escuelas europeas, sobre todo la newtoniana holandesa, viajando a ese país para discutir con Musschenbroek y 'S Gravesande.

Según consta en la correspondencia privada de Voltaire, fue la marquesa quien estimuló y acrecentó el interés continuado de ambos en la ciencia newtoniana, a pesar de haber sido formada en el cartesianismo. Voltaire lo reconoce en sus escritos, explicando que en *Los Elementos de la filosofía de Newton* (1738), atribuidos a él en exclusiva, Madame du Châtelet, a quien llamaba *Lady Newton*, había explicado los aspectos más complejos de la cosmología y que los capítulos de óptica eran básicamente obra de ella. En la biblioteca pública de la antigua Leningrado, se encontró el cuarto capítulo de una obra perdida de Châtelet, *Ensayo sobre óptica*, que es una obra de divulgación de la *Óptica* de Newton, que contiene un tratamiento más avanzado que el de los *Elementos*.

En 1737, la *Academia de Ciencias de Francia* anunció un concurso para el mejor ensayo sobre la naturaleza del fuego. Hemos de aclarar que la química del siglo XVIII está llena de controversias sobre la naturaleza del "fuego", entendiendo por tal todas las manifestaciones del calor. Se discute sobre si es un elemento-principio de los cuerpos o simplemente un instrumento necesario para las reacciones químicas. Voltaire decide participar y comienza a realizar experimentos junto a la marquesa. Ésta piensa participar de forma independiente;

trabajando de noche y en secreto escribió su ensayo, *Disertación sobre la naturaleza y la propagación del fuego*.

Llega a diversas conclusiones tales como que la luz y el calor eran la misma substancia y que una y otro se generan dependiendo de que las partículas se desplacen en línea recta o de forma irregular, afirmando también que diferentes colores de luz emiten diferentes cantidades de calor. "El fuego", dice la marquesa en una carta a Maupertius, "no tiene peso, podría ser un ente particular, que no sería ni espíritu ni materia, al igual que el espacio, cuya existencia, como se ha demostrado no es ni materia ni espíritu". Ninguno de los dos trabajos obtiene el premio, quizá por su fondo newtoniano opuesto al cartesiano de la Academia, tal como indica la marquesa en sus cartas, pero se publican, junto a los ensayos de los ganadores, entre los que se encuentra el matemático Euler, cartesiano y leibniziano según Châtelet.

En 1738 publica la *Carta sobre los Elementos de la filosofía de Newton*, que apareció en el *Journal des Savants*. Se trata de una revisión de la teoría de la atracción newtoniana tal como había aparecido en los *Elementos*. También se hablaba en él de la necesidad de un texto de física en francés, lo cual se ha interpretado como una propaganda para su libro *Instituciones de física*, del que nos ocuparemos seguidamente.

Dicha obra se publicó de forma anónima en 1740 y, posteriormente, una edición revisada de la misma en Amsterdam en 1741, así como otra en italiano en 1743, dando origen a diversas controversias. En un principio, Châtelet pensó en la obra como libro de texto para los estudios de su hijo, pero la buena acogida de la obra hizo que la ambición científica de la marquesa fuese mucho más allá.

Émilie no estaba satisfecha con lo que consideraba falta de fundamentación metafísica de la filosofía newtoniana y solicitó la ayuda de Maupertius en la revisión de los primeros capítulos, pues éste había publicado en 1732 una *Memoria sobre las figuras de los cuerpos celestes*, en la que apuntaba la necesidad de una razón metafísica para la ley de atracción de Newton. Maupertius acudió a la llamada de la marquesa en 1739, acompañado de König, discípulo de Leibniz y de Wolff, que se quedó en Cirey como profesor de matemáticas de Voltaire y de Châtelet. Ante el aplauso oficial suscitado por la obra y la aprobación del texto por la *Academia de Ciencias*, recién convertida al newtonianismo, la marquesa se confiesa autora del manuscrito, pidiendo ayuda a König para la revisión de los capítulos iniciales.

La metafísica de Leibniz, el concepto de mónadas vitales de Conway y Leibniz, en el que König la introduce, convencen a Châtelet, y comienza la revisión de los capítulos iniciales



con la ayuda de aquél. Éste se adjudica la autoría del texto de Châtelet y ella recurre a Maupertius y a la *Academia* para que la apoyen. Finalmente, ha de publicarlo de forma anónima en 1740. El episodio constituye todo un ejemplo de la apropiación indebida del trabajo de una mujer por un hombre, así como de la negación de la autoridad científica a aquélla, que si bien podía dedicarse a hacer experimentos y a pensar, nunca debería osar utilizar la palabra escrita en libros de amplia difusión. De hecho, la autoría del libro no fue totalmente establecida hasta después de su muerte y de amplias investigaciones sobre el particular.

La marquesa du Châtelet siempre sostuvo la posibilidad de compaginar la filosofía natural newtoniana con el vitalismo de Leibniz, interpretado por Wolff, pero nunca se le permitió, por su condición de mujer, que tomara parte en un debate público sobre ello. En una carta a Federico II de Prusia, en agosto de 1740, le comunica:

Tengo el proyecto de realizar en francés una filosofía completa al estilo de la del señor Wolff, pero condimentada con una salsa francesa [...] estoy convencida de que mis compatriotas disfrutarán con este razonamiento preciso y severo, si tenemos cuidado de no asustarles con las palabras de lemas, de teoremas, de demostraciones, que nos parecen fuera de su esfera cuando se utilizan al margen de la geometría. Es indudable que el proceso del espíritu es el mismo para todas las verdades; es más difícil desenmarañarlo y seguirlo en las que no están sometidas al cálculo, pero esta dificultad debe servir de estímulo a las personas que piensan, que deben sentir todas ellas que una verdad nunca se puede considerar totalmente conquistada [Edwards, S. (1970): *The divine mistress*. David McKay. N. York].

La *Academia de Ciencias*, dentro de las múltiples controversias de la época, se encontraba ya inmersa en un debate entre newtonianismo y vitalismo, también conocido como el debate sobre las fuerzas vivas. Recientes estudios han señalado que el tratamiento que Châtelet hace de la fuerza y la materia supone un antecedente del concepto de energía, que Newton no había formulado. Pues bien, el Secretario de la Academia, Jean Jacques Mairan, conocido cartesiano, en 1741 ataca la explicación de las fuerzas vivas dada por la marquesa y la acusa, de nuevo, de plagiar a König. Ésta contesta con un ensayo publicado en Bruselas ese mismo año, pero la prensa no se hace eco de este debate entre Mairan y Châtelet, siguiendo aquel viejo proverbio de que "no hay mayor desprecio que no dar aprecio", una forma, en este caso, de desautorizar las opiniones científicas de una mujer. Émilie du Châtelet se queja en su

correspondencia a Maupertius y a Johann Bernouilli de que "El señor de Mairan no ha replicado, así que se acabó la disputa por falta de combatientes".

Parece que hacia 1745 comenzó la traducción comentada, lo que hoy llamaríamos un estudio crítico, de los *Principios* de Newton que termina, en 1749, poco antes de morir de parto, pero la obra no se publicará hasta 1759.

Sus importantes contribuciones a la difusión de las filosofías de Newton y Leibniz en Francia, al concepto de energía y al intento de conciliación del mecanicismo newtoniano y del vitalismo no fueron reconocidas.

- Lee el texto de la biografía de Mdme. du Châtelet.

- Comenta la cita de la autora en la que dice que "una verdad nunca se puede considerar totalmente conquistada". ¿Qué opinas al respecto? ¿crees que las verdades de la ciencia, actualmente, se pueden considerar como "totalmente conquistadas"? ¿tendrá todo ello algo que ver con el modelo de ciencia?

- ¿Cuales fueron, en tu opinión, las razones por las que no se permitió a Mdme. du Châtelet participar en un debate público?

- Si hubieran triunfado las ideas de la marquesa sobre la conciliación entre el newtonianismo y las ideas de Conway y Leibniz, ¿crees que la ciencia occidental se habría desarrollado de la misma manera?

- ¿En qué época se formuló, con repercusiones para la ciencia, el principio de conservación de la energía? Busca en los textos de este capítulo los antecedentes de esa formulación.

### 3.6.4. El pensamiento sobre la capacidad intelectual de las mujeres

Al comienzo del capítulo se han expuesto las concepciones de la ciencia y de la sociedad de los siglos XVII y XVIII sobre la capacidad de las mujeres. Se han elegido las biografías de dos de ellas, que no sólo se dedicaron a la experimentación, sino que elaboraron un pensamiento filosófico-científico original y que, pese a ello, han sido ignoradas hasta fechas muy recientes, Madame du Châtelet y Elizabeth Fulhame, que se presenta en la siguiente actividad.

En los textos siguientes, Mdme. du Châtelet, se refiere a la exclusión de las mujeres de la actividad científica, exponiendo sus propias opiniones. El primero de ellos se trata de un

fragmento de una de las cartas que escribi6, en la d6cada de 1740, al rey Federico II de Prusia, muy interesado en la ciencia, amigo de Voltaire, pero que nunca vio con buenos ojos la dedicaci6n ni las ambiciones cient6ficas de una mujer, Châtelet, recomendândole "ocupaos de educar a vuestro hijo y no de instruir al Universo".

Juzgadme por mis propios m6ritos, o por la falta de ellos, pero no me consider6is como un mero ap6ndice de este gran general o de aquel renombrado estudioso, de tal estrella que relumbra en la corte de Francia o de tal autor famoso. Soy yo misma una persona completa, responsable s6lo ante m6 por todo cuanto soy, todo cuanto digo, todo cuanto hago. Puede ser que haya metaf6sicos y fil6sofos cuyo saber sea mayor que el m6o, aunque no los he conocido. Sin embargo, ellos, tambi6n, no son m6s que d6biles seres humanos, y tienen sus defectos; as6 que, cuando sumo el total de mis gracias, confieso que no soy inferior a nadie [Edwards, S. (1970): *The divine mistress*. David McKay. N. York].

El siguiente texto pertenece al *Discurso sobre la felicidad* de Mdme. du Châtelet. En el *Discurso*, entre otras cosas, aborda el tema de la independecia y de la libertad en relaci6n con la felicidad. El presente fragmento examina la relaci6n entre el estudio y la felicidad, se6alando que mediante la educaci6n las mujeres acceden a su 6nica posibilidad de reconocimiento social, compensando as6 el estado de desigualdad de su sexo.

La sabidur6a siempre debe hacer bien sus c6culos: porque quien dice *sabio* dice *feliz*, al menos en mi diccionario.

[...] Es seguro que el amor al estudio es bastante menos necesario para la felicidad de los hombres que para la de las mujeres. Los hombres tienen infinidad de recursos para ser felices de los que carecen totalmente las mujeres. Tienen otros medios de alcanzar la gloria y est6 claro que la ambici6n de hacer que sus talentos sean 6tiles para su pa6s y sirvan a sus conciudadanos, bien por su habilidad en el arte de la guerra o por sus talentos para gobernar, o para negociar, est6 muy por encima de las que puede aportar el estudio, pero las mujeres est6n excluidas, por su estado, de todo tipo de gloria, y cuando por azar, se encuentra alguna que haya nacido con un alma bastante elevada, s6lo le queda el estudio para consolarla de todas las exclusiones y de todas las dependencias a las que se encuentra condenada por su estado [Châtelet, E (1762): *Discurso sobre la felicidad*. Edici6n de Morant, I. (1997). C6tedra. Madrid].

En el prefacio de su libro *La fábula de las abejas*, expone sus ideas sobre la exclusión de las mujeres de las ciencias, Châtelet participa en el debate al que hemos hecho referencia al comienzo del capítulo:

Yo siento todo el peso del prejuicio que nos excluye tan universalmente [a las mujeres] de las ciencias, y es una de las contradicciones de este mundo que me ha extrañado siempre muchísimo, dado que hay grandes países en los que la ley nos permite regular sus destinos, pero no hay ninguno en el que seamos educadas para pensar [...].

Que se reflexione por qué después de tantos siglos nunca una buena tragedia, un buen poema, una historia apreciada, una buena pintura, un buen libro de física, han salido de la mano de una mujer [...].

Yo reformaría un abuso que recorta, por decirlo así, la mitad del género humano. Haría participar a todas las mujeres en los derechos de la humanidad, y especialmente en los del espíritu [...].

[...] Estoy convencida de que la mayoría de las mujeres o ignoran sus talentos por defecto de su educación o los entierran por prejuicio o falta de coraje. Lo que yo he experimentado en mí, me confirma esta opinión. El azar me hizo conocer gente de letras que se hizo amiga mía. Vi con gran sorpresa que me prestaban algún caso. Empecé entonces a creer que era una criatura pensante. Pero no hice más que vislumbrarlo y, como el mundo y la disipación para los que yo creía únicamente haber nacido ocupaban todo mi tiempo y mi alma, no estuve seriamente convencida hasta llegar a una edad en la que aún hay tiempo para volverse razonable, pero ya no para adquirir grandes talentos [...].

Esta reflexión no me desanimó en absoluto. He sido muy feliz por haber renunciado en mitad de mi carrera a las cosas frívolas que ocupan a la mayor parte de las mujeres toda su vida. Queriendo, pues, utilizar lo que me queda para cultivar mi alma, y sintiendo que la naturaleza había rechazado en mí el genio creador que hace encontrar verdades nuevas, me he hecho justicia y me he limitado a exponer con claridad aquéllas que los demás han descubierto y que la diversidad de las lenguas vuelven inútiles para la mayoría de los lectores [...] (Solsona, 1997).

- Lee los textos de Madame du Châtelet.
- Enumera los problemas de las mujeres para acceder a la ciencia, que se desprenden de la lectura de los textos.
- ¿Cuáles han sido las consecuencias de esa exclusión, para las mujeres, según Châtelet?

- Lee con atención el párrafo en el que la marquesa se refiere a la necesidad del reconocimiento de la propia valía. ¿Crees que sigue teniendo vigencia actualmente?
- Parece que la marquesa no estaba exenta de autoestima. Sin embargo afirma que "la naturaleza había rechazado en mí el genio creador que hace encontrar verdades nuevas". Volveremos a encontrar esta afirmación en casi todas las científicas. ¿Te parece ajustada a la realidad? ¿Cuál puede ser la razón de ese convencimiento?

### 3.6.5. Elizabeth Fulhame

No se conocen apenas datos de su biografía por lo que no hay evidencias de los antecedentes de su interés por la química, pero se ha conservado su libro *Ensayo sobre la Combustión* (1794), en el que no sólo describe experimentos sino que elabora una teoría explicativa de los mismos.

En su libro explica que su marido, que era doctor, y sus amigos habían discutido sobre "la posibilidad de hacer telas de oro, plata u otros metales mediante procesos químicos" y que la habían desechado por impracticable. Tal problema la tenía intrigada desde hacía varios años. Al principio, había imaginado que lo podría resolver mediante unos pocos experimentos, pero "la experiencia me convenció de la necesidad de realizar un gran número de ellos antes de que tal arte alcanzase un nivel aceptable de perfección".

Inicialmente, Fulhame trabajó en aplicaciones prácticas para sus experimentos pero pronto se dedicó a desarrollar aspectos teóricos, elaborando su propia teoría de la combustión. Aunque aceptó la nomenclatura de Lavoisier, rechazó algunos aspectos de su teoría de la combustión. Tampoco le pareció aceptable la teoría del flogisto (mantenida por Stahl y sus discípulos, de amplia aceptación en Europa en el siglo XVIII y parte del XIX), indicando que "los cuerpos combustibles no reducen a los metales desprendiendo flogisto, como sus partidarios suponen; tampoco mediante la unión y separación del oxígeno como los antiflogisto sostienen".

Según la interpretación de Fulhame, cuando ocurre una combustión "un cuerpo, por lo menos, se oxigena, y el otro recupera, al mismo tiempo, el estado de combustible". Definió la oxigenación como la unión del oxígeno con el cuerpo combustible, y la reducción como la vuelta al estado de combustible de los cuerpos oxigenados, suponiendo además que en cualquier combustión el agua se descompone. Consecuentemente, cuando un cuerpo se

oxigena con el oxígeno del agua, el otro vuelve al estado de combustible mediante el hidrógeno del agua.

Como conclusión, Fulhame indica que:

El hidrógeno del agua es la única sustancia capaz de hacer recuperar a los cuerpos su estado de combustibles y el agua es la única fuente de oxígeno que oxigena los cuerpos combustibles.

Este punto de vista sobre la combustión puede servir para mostrar que la naturaleza es siempre la misma, y mantiene su equilibrio para preservar las mismas cantidades de aire y de agua en la superficie de nuestro globo; tan pronto como uno y otra se consumen en los diversos procesos de combustión, se forman las mismas cantidades, y se regeneran como el ave Fénix de sus cenizas [Fulhame, E. (1794): *An Essay on Combustion with a View to a New Art of Dying and Painting: Wherein the Phlogistic Hypotheses Are Proved Erroneous*. J. Cooper. London].

Fulhame estuvo a punto de no publicar su libro, pues temía ser duramente criticada por dedicarse a actividades que se consideraban inapropiadas para una mujer. Sin embargo, cuando un reconocido científico leyó parte de su trabajo, en 1793, y se mostró complacido con él, Fulhame se decidió, publicándolo en 1794. El *Ensayo sobre la Combustión* sirvió para proporcionarle una reputación entre los químicos de su tiempo. Fue elegida miembro honorario de la *Sociedad Química de Filadelfia*, y su libro se imprimió de nuevo en 1810. Benjamín Thompson, Conde de Rumford, repitió los experimentos de Fulhame sobre la reducción de las sales de oro mediante la luz, a quien consideraba "ingeniosa y activa".

- Lee el texto sobre Elizabeth Fulhame.

- De nuevo nos encontramos con la necesidad del reconocimiento o de la autoridad científica ¿Por qué crees que es tan importante esta cuestión?

- Indaga sobre la teoría del flogisto y su explicación de la combustión.

- En el capítulo primero se ha hecho referencia a Marie Anne y Antoine Lavoisier. Examina su contribución a la explicación de la combustión.

### **3.6.6. Mary Fairfax Somerville (1780-1872)**

Se ha seleccionado, para el trabajo en el aula, una figura excepcional, una dama de ciencia del siglo XIX, que alcanzó el reconocimiento en vida y una de las últimas amateur, Mary Fairfax Somerville.

Nacida en Escocia, recibió una educación inicial más bien rudimentaria en un internado para señoritas y comenzó a recibir una educación formal cuando tenía 13 años, aprendiendo escritura, nociones de aritmética, francés y, por su cuenta, griego y latín, además de aquellas cosas que se consideraban apropiadas para una mujer como pintura, piano y cocina. Su tío, el doctor Somerville, historiador, alentó su afición por la lectura y el estudio, inspirándola con historias de las grandes mujeres doctas del mundo antiguo y leyendo con ella a Virgilio.

Mary tomó contacto con el álgebra a través de problemas que aparecían en las revistas femeninas, pero no sabía lo que significaban las  $x$  ni las  $y$ . Su profesor de escritura le proporcionó información inicial sobre el tema, recomendándole la lectura de los *Elementos* de Euclides, de los que consiguió copias, además del *Álgebra* de Bonnycastle, gracias al preceptor de su hermano menor. Ambas eran las obras que se utilizaban en aquel tiempo en la educación formal. A partir de entonces, comenzó a dedicar gran cantidad de horas al estudio hasta que su padre la descubrió y se lo prohibió, alegando que se iba a volver loca. Para continuar con su afición hubo de hacerlo en secreto y en condiciones tan precarias que tenía que aprenderse los libros de memoria.

En 1804 se casó con un marino ruso, Samuel Greig que, en decir de Mary, "tenía muy pobre opinión de la capacidad de mi sexo, y no tenía conocimiento ni interés en ningún tipo de ciencia". Como consecuencia, por un tiempo tuvo que interrumpir sus estudios. Tres años después enviudó, y retornó a la casa de sus padres en Escocia con dos hijos pequeños.

Pronto se hizo popular en los círculos intelectuales de Edimburgo, contándose entre sus amigos, novelistas como Sir Walter Scott y científicos como Playfair o Wallace, que supervisó sus estudios de matemáticas. Al mismo tiempo, se dedicó a leer los *Principios* de Newton.

En 1812 se casó con su primo William Somerville, que era un médico que no sólo compartía sus aficiones científicas, sino que las apoyaba. Mary estudió, entonces, historia natural, en particular botánica y geología; astronomía, matemáticas avanzadas, química, física y geografía.

En 1816 se mudaron a Londres, donde se encontraron en medio de un círculo científico importantísimo, viajando además por Europa y relacionándose con científicos y científicas de renombre, tales como Young, Wollaston, Biot, Cuvier, Gay-Lussac, Laplace y lady Bunbury. Admiró las máquinas de calcular de Babbage y fue la mentora de la joven Ada Byron Lovelace. También visitaban el observatorio de John y Caroline Herschel en Slough. Sus amistades eruditas le enviaban libros y trabajos científicos, colaboraban en sus experimentos, la invitaban a reuniones y conferencias. Su marido se convirtió en su editor y copista de sus manuscritos, se encargaba de su correspondencia científica y la representaba en la *Real Sociedad*.

Mary Somerville publicó varios trabajos de investigación: *Sobre el poder magnetizante de los rayos solares*, que se publicó en las *Transacciones Filosóficas* de la *Real Sociedad* en 1826 y tuvo gran aceptación. Sus investigaciones sobre la transmisión de los rayos del espectro solar a través de diferentes medios, y acerca de sus efectos sobre jugos vegetales, se publicaron en las *Actas de la Academia de Ciencias de Francia*, en 1836, y en las *Transacciones Filosóficas* de la *Real Sociedad*, en 1845, respectivamente. Estos y otros temas preocupaban a la ciencia de su tiempo.

En 1827, Lord Brougham le pide, a través de su marido, que realice la traducción de la *Mecánica celeste* de Laplace para la biblioteca de la *Sociedad para la difusión del conocimiento útil*. Ella dudó inicialmente, pues era una obra considerada importantísima en su tiempo, que pocos físicos y matemáticos se atrevían a leer pues en decir de Playfair, únicamente una decena de ellos era capaz de entenderlo. El propio Laplace comentó en más de una ocasión que "la única mujer capaz de entender su libro era Mrs. Somerville".

Finalmente, Somerville se decide y trabaja en secreto durante cuatro años, con la condición de que su manuscrito se quemara si se considera inaceptable. Mientras tanto, lleva una activa vida social ocupándose además de la educación de sus hijos e hijas. A ello hará referencia en su autobiografía, escribiendo: "Un hombre siempre puede tener el control de su tiempo, alegando que tiene negocios, a una mujer no se le permite tal excusa".

Realizó un trabajo que iba mucho más de una simple traducción de la obra de Laplace. El libro se tituló, *Mecanismo de los cielos* e iba precedido de una *Disertación preliminar* en la que Somerville había escrito los conocimientos matemáticos precisos para entender a Laplace, así como una historia del tema y una explicación del trabajo que aquél había



realizado. En el texto, propiamente dicho, Mary había introducido diagramas, explicaciones y comprobaciones matemáticas hechas por ella misma.

Lord Brougham consideró que el libro había resultado demasiado largo y complicado para la *Biblioteca de Conocimientos Útiles*, así que el Dr. Somerville decidió enviarlo a un editor con un informe favorable de John Herschel. Tuvo un gran éxito y se consideró un texto clave de matemáticas y astronomía avanzadas durante el resto del siglo en las universidades inglesas.

El segundo libro de Somerville fue *Sobre la interrelación de las Ciencias Físicas*. En esta obra hacía hincapié en la interdependencia existente entre las diferentes ramas de la ciencia. El libro se ocupaba de astronomía física, mecánica, electricidad, magnetismo, calor y sonido. En cuanto a la luz, estaba de acuerdo con la teoría ondulatoria de Young, pues aunque la inicial de Huygens había perdido la batalla, en su momento, frente a la corpuscular de Newton, el siglo XIX retomará la teoría ondulatoria hasta llegar a la dualidad onda-corpúsculo de de Broglie, ya en el siglo XX. Muchos científicos, en especial Faraday, contribuyeron con sus lecturas y consejos a cada una de las revisiones de las nueve ediciones posteriores a la primera (entre 1835 y 1877).

De esta obra se hicieron diez ediciones, traduciéndose al francés, alemán e italiano. En cada edición se eliminaba el material que ya no estaba al día y se incluían nuevos descubrimientos, de tal manera que se puede seguir la evolución del magnetismo y la electricidad durante el siglo XIX. Constituyó un libro especialmente importante, tanto para el público instruido como para la comunidad científica. Parece que fue en una de las reseñas de este libro, donde se comenzó a utilizar el sustantivo "científico" en sustitución de "filosófico", para referirse a aquellas personas que se dedican a estudiar el conocimiento del mundo.

En las ediciones de 1842 y 1846, Somerville, refiriéndose al movimiento del planeta Urano, indicaba que las tablas de su movimiento eran defectuosas y que ello pudiera deberse a la existencia de otro planeta, todavía invisible.

En 1848, la autora anunciaba que Adams (un matemático de Cambridge) y Leverrier habían calculado (separadamente) la órbita de Neptuno, sugerida por su observación en la obra citada. En lugar de vanagloriarse de ello, véase la opinión de Somerville:

[...] al pasar el tiempo con Airy y Adam, éste le dice al señor S que una observación mía en *Physical Sciences* le puso en la cabeza la idea de computar la órbita de Neptuno, si yo hubiera poseído originalidad o genio podría haberlo hecho (prueba de que la originalidad

en el descubrimiento no ha sido dada a las mujeres) [Patterson, E.C. (1969): "Mary Somerville". *British Journal for the History of Science*, 4: 311-339].

En 1835 publicó una extensa relación de las ideas de su tiempo sobre los cometas, después del regreso del cometa Halley en agosto de ese mismo año.

A partir de entonces comienzan las distinciones, tales como la de miembro honorario de la *Real Sociedad de Astronomía*, la *Real Academia de Dublín*, la *Institución Filosófica Británica* o la *Sociedad de Física e Historia Natural de Ginebra*. También se le concedió una pensión de 200 libras, que iría aumentando en años sucesivos.

En 1848 publicó *Geografía Física*, cuyo contenido consistía en "una descripción de la tierra, el mar y el aire, con sus habitantes animales y vegetales, de la distribución de esos seres organizados, y de las causas de esa distribución". Basándose en las ideas geológicas de Lyell y Murchison, Somerville describía las "convulsiones sucesivas que en última instancia han llevado a su disposición geográfica presente, y a la distribución actual de la tierra y del agua". Mary estuvo apunto de quemar su manuscrito porque, cuando ya estaba dispuesto para la imprenta, apareció el primer tomo de *Cosmos* de Alexandre von Humboldt. Su marido y John Herschel la convencieron para que lo editara. Se hicieron siete ediciones.

En esta obra, criticaba la esclavitud y la desigualdad entre las gentes, oponiéndose además a la idea del "gran hombre descubridor", indicando que los descubrimientos son el resultado del lento progreso logrado por muchas personas:

Cuando la sociedad ha llegado a cierto punto de adelanto, algunos descubrimientos se hacen naturalmente; la mentalidad general va en esa dirección, y si un individuo no da con el descubrimiento, otro lo hará [Toth, B. y Toth, E. (1978): "Mary Who?". *Johns Hopkins Magazine*, January: 25-29].

No aceptó, al menos oficialmente, las ideas de Darwin, pese a que le conocía y admiraba su trabajo de naturalista. No se sabe si efectivamente estaba en desacuerdo con él o temía la censura, pues ya había sido denunciada como una mujer sin Dios después de la publicación de *Mecanismo de los cielos*, y también por su aceptación de la edad geológica de la tierra, tanto en la Cámara de los Comunes como desde el púlpito de la catedral de York.

En la década de 1840, el matrimonio Somerville se trasladó a Italia y allí recibió nuevos honores, siendo nombrada miembro de la *Academia Italiana de la Ciencia*, de la *Sociedad Italiana de Geografía*, y también de la *Sociedad Norteamericana de Geografía y Estadística* y de la *de Filosofía*. Recibió, además, numerosas medallas de oro y dio su nombre a uno de los

primeros colegios para mujeres de Oxford, *Somerville College*. Sin embargo, y aunque se colocó un busto suyo en el salón principal de la *Real Sociedad*, Mary Somerville nunca pudo pisarlo.

En los últimos años de su vida, publicó *Sobre la ciencia molecular y microscópica*, que contiene secciones sobre teoría atómica, espectro solar, un catálogo de plantas, así como un tomo dedicado a la estructura interna, métodos de reproducción y habitat de protozoos, moluscos, etc., incluyendo descubrimientos recientes realizados con el microscopio mejorado. Fue una de las mujeres de ciencia afortunadas y una de las últimas amateur. En una de las cartas de Charles Lyell, en 1831, se puede leer: "Si nuestra amiga, la señora Somerville, se hubiera casado con Laplace, o con un matemático, nunca habríamos oído hablar de su trabajo. Lo habría fundido con el de su marido, presentándolo como si fuera de él" [Lyell-Horner, M. (1881): *Charles Lyell, Life: letters and journals*. John Murray. London].

Murió a los 92 años, edad a la que todavía estudiaba y resolvía problemas matemáticos.

Se ha señalado que las opiniones de Somerville representan un importante antecedente del principio de conservación de la energía. Al examinar los procesos que relacionan magnetismo, electricidad y química como la "nueva conexión", Somerville dio el primer paso en la dirección del establecimiento del principio de conservación de la energía, al prestar atención a los procesos de conversión que relacionan fenómenos físicos aparentemente diversos. En el prefacio de su segundo libro *Sobre la interrelación de las Ciencias Física* (1834) puede leerse:

El progreso de la ciencia moderna, especialmente durante los últimos años, se ha caracterizado por una tendencia a simplificar las leyes de la naturaleza, y a unir ramas separadas mediante principios generales. En algunos casos se ha probado la identidad entre fenómenos que parecían no tener nada en común, como en el caso de las influencias eléctricas y magnéticas; en otros, como en el caso de la luz y el calor, tales analogías han sido establecidas en el sentido de que, en último término, justifiquen la expectativa de que ambos fenómenos sean producidos por el mismo agente; y en todos ellos existe un nexo de unión que no puede ser conocido correctamente en ninguno sin el conocimiento de los otros (Ogilvie, 1986).

Somerville siempre se ocupó de la educación de las mujeres y veía con buenos ojos las luchas que tenían como finalidad conseguir su integración en las sociedades científicas, pues defendía la igualdad de derechos. En su dedicatoria de *Ciencias Físicas*, a la reina Adelaida,

escribe "he tratado de hacer que las leyes que gobiernan el mundo sean más familiares para mis coterráneas", o ya en su vejez: "La edad no ha menguado mi celo por la emancipación de mi sexo frente al prejuicio irracional que prevalece demasiado en Gran Bretaña en contra de una educación científica y literaria para las mujeres" [Somerville, M. (1873): *Personal recollections, from early life to old age: With selections from her correspondence*. Murray. London].

Fue una heroína para los círculos científicos y feministas, un modelo a seguir para las mujeres, sin embargo, nunca se desvió, por lo menos en público, de las preocupaciones y de la conducta esperada para su sexo. Todo el mundo insistía en su femineidad y en que era un ejemplo de "la perfecta compatibilidad entre el cumplimiento ejemplar de las tareas más suaves de la vida doméstica y las más profundas investigaciones en filosofía matemática". Sin embargo, Mary no parecía disfrutar de una alta autoestima, ya que en un borrador de su autobiografía escribió:

En el clímax de mi gran éxito, con la aprobación de algunos de los primeros científicos de la época y del público en general, me sentía altamente satisfecha, pero mucho menos exaltada de lo que hubiera sido de esperar, porque aunque había registrado en una visión clara algunos de los más refinados y difíciles procesos analíticos y descubrimientos astronómicos, estaba consciente de que yo misma nunca había hecho un descubrimiento, de que no tenía originalidad. Tengo perseverancia e inteligencia pero carezco de genio, esa chispa celestial no ha sido dada a las de mi sexo, somos de la tierra, terrenas; Dios sabe si se nos puedan conceder poderes más elevados en otra existencia, en ésta no es de esperar que tengamos genio original en la ciencia [Patterson, E.C. (1969): "Mary Somerville". *British Journal for the History of Science*, 4: 311-339].

Estos pensamientos reflejaban las actitudes de su tiempo, frente a las mujeres de ciencia, a quienes se les permitía estudiar botánica o describir los descubrimientos científicos del sexo masculino, pero no hacer investigaciones ni experimentos originales; se consideraba que eso no era apropiado, o que no tenían capacidad para ello.

- Lee la biografía de Somerville.

- Busca en la bibliografía las aportaciones científicas de Carolyn Herschel y de Ada Lovelace.

- ¿En qué estado se encontraban los conocimientos sobre la electricidad en tiempos de Somerville?

- ¿Habías oído hablar de esta científica en relación con el principio de conservación de la energía?
- Comenta en tu grupo la frase de la autora: "Un hombre puede tener el control de su tiempo, alegando que tiene negocios, a una mujer no se le permite tal excusa" ¿Crees que podría aplicarse a la situación actual?
- De nuevo aparece la opinión, mantenida por las propias mujeres, de que la originalidad o el genio no les han sido otorgados a las mujeres. Por lo repetitivo de la idea, conviene dedicarle un poco de tiempo de debate.
- ¿Te parece ajustada la idea de que los descubrimientos científicos son el resultado del lento progreso logrado por muchas personas?
- Comenta la frase de Lyell sobre qué hubiera pasado si Somerville se hubiera casado con Laplace. Señala algún caso de la historia de la ciencia en el que se haya dado tal circunstancia.

### 3.6.7. Eleanor Ormerod (1828-1901)

Era hija de una ilustradora botánica, y dos de sus hermanos así como una hermana fueron naturalistas. Comenzó a estudiar entomología en 1852 en la hacienda de su padre, trabajando en insectos dañinos para las plantas, bosques y animales domésticos, pero también se ocupó de caracoles, babosas, gusanos, arañas y hongos, así como de los equilibrios biológicos de la naturaleza. También estudió, de forma autodidacta, latín y lenguas modernas. Ayudó a su hermano William en el examen microscópico de especies botánicas, consiguiendo experiencia en el uso del instrumento.

Nunca se casó y dedicó su vida al servicio social de la ciencia, publicando muchos informes y folletos, que distribuía de manera gratuita, sobre plagas de insectos y el modo de combatirlas, utilizando substancias químicas tales como queroseno, aceite mineral, agua y jabón, así como métodos manuales tales como la quema y la poda. Introdujo plaguicidas a base de arsénico, que fueron muy discutidos.

Publicó informes y varios manuales sobre estos temas, sufragando ella misma la edición y distribución de los manuales. Fue miembro honorario de muchas instituciones y entomóloga consultora, durante diez años, de la *Real Sociedad Agrícola Británica*. Impartió conferencias

en el *Colegio Real de Agricultura* y en el Museo Kesington. Recibió el doctorado *honoris causa* por la Universidad de Edimburgo en 1900, siendo la primera mujer a la que se le concedió. En 1898 fue recomendada para una cátedra de entomología económica, especialidad recién creada y en la que ella fue pionera, pero a pesar de las dificultades para encontrar una persona idónea, no se la admitió por su condición de mujer.

Sin embargo, cuando la feminista Lydia Becker (1827-?), autora de varios trabajos sobre botánica, presentó uno en 1868, ante la sección de ciencia económica y estadística de la *Asociación Británica para el Avance de la Ciencia*, en el que argumentaba que no había diferencias intelectuales entre los sexos, poniendo a Ormerod como ejemplo de los logros de las mujeres, ésta mostró su desacuerdo, pues era políticamente conservadora.

Habría que esperar hasta bien entrado el siglo XX para que la biología, la geología, la paleontología fuesen consideradas actividades científicas apropiadas para las mujeres.

- Lee la biografía de Eleanor Omerod.

- Comenta la importancia para la agricultura, en su época y actualmente, de los trabajos que desarrolló.

- ¿Te parece justo que se hayan silenciado su nombre y sus aportaciones?

- Señala algunos problemas que se hayan detectado actualmente, referentes al uso de plaguicidas.

#### **4. El siglo XX: Pioneras en ciencia nuclear**

En este capítulo, dedicado a las químicas y físicas del siglo XX, se recogen las biografías y aportaciones científicas realizadas por mujeres, que han contribuido a elaborar los conocimientos científicos relativos a la ciencia nuclear, que se transmiten en los libros de texto de ciencias.

La utilización en las clases de ciencias de biografías y aportaciones de científicas permite ofrecer una imagen más genuina de ellas y de la propia ciencia. También, puede ser muy útil para ilustrar un modelo de ciencia, como construcción social, es decir, como una empresa colectiva que no ha sido desarrollada tan sólo por los "grandes sabios" a los que, tradicionalmente, se les atribuye el descubrimiento, casi individual, de los grandes hitos científicos.

Además, el conocer los avatares y el modo en que fue progresando el conocimiento científico, en el contexto social de su época, ofrece al alumnado una imagen de la ciencia mucho menos deformada que la que habitualmente se transmite en los libros de texto y en las clases de ciencias, y mucho más acorde con las nuevas corrientes en Filosofía, Historia y Sociología de la Ciencia.

Para la presentación de las científicas se ha optado por una clasificación en disciplinas científicas, lo cual no implica que deban incluirse en un currículo de tipo disciplinar, sino que será cada docente quién, en función de su orientación curricular y metodológica, las integre o relacione, adecuándolas a su práctica docente y a su grupo de estudiantes. Incluso, pueden utilizarse conjuntamente con el área de ciencias sociales, trabajando también aspectos de la historia en que vivieron o viven estas científicas. Por ejemplo, los capítulos sobre la radiactividad y la fisión del Uranio ofrecen la oportunidad de trabajar, entre otros muchos acontecimientos históricos de las ciencias sociales, las dos guerras mundiales y el inicio de la Guerra fría.

En algunas actividades se pueden trabajar conjuntamente varias científicas de distintas disciplinas y épocas, con el fin de resaltar rasgos o elementos comunes en sus vidas personales y profesionales. De este modo, se ponen en evidencia determinados sesgos o estereotipos sobre las cualidades, excepcionales e innatas, supuestamente necesarias para las ciencias, de las cuales parecen haber sido poseedores sólo los grandes genios de la ciencia. Muchos de estos estereotipos, junto con otros habituales en nuestra sociedad, provocan en el alumnado, especialmente en estudiantes con poca autoestima, un alejamiento de las enseñanzas científico-técnicas y actúan como factor de disuasión, junto a otros factores, obstaculizando, especialmente a las alumnas, la elección de dichos estudios y el acceso a las profesiones científico-técnicas.

En cada uno de los descubrimientos que se produjeron en el campo de la ciencia nuclear, desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, las científicas estuvieron presentes. Los factores que propiciaron el acceso de mujeres a la investigación en la ciencia nuclear de principios del siglo XX fueron diversos. Existen numerosas pruebas (encontradas en la correspondencia mantenida entre ellas) de que estas pioneras, que trabajaron en ciencia nuclear, mantuvieron contactos personales y científicos entre sí. Estos contactos les aportaron, probablemente, el apoyo y estímulo que necesitaban para mantenerse en la profesión

científica, en una época y sociedad no favorables a la incorporación de las mujeres a la ciencia y a otras esferas de la vida pública.

Otro de los factores que posibilitaron, en algunos casos, y que obstaculizaron, en otros, el acceso de mujeres a la profesión científica y a la investigación en ciencia nuclear, fue el papel desempeñado por los grandes personajes del citado campo científico en esa época. Según sus actitudes se pueden clasificar en tres grupos:

- Las propias científicas del campo de la ciencia nuclear, y en especial Marie Sklodowska Curie (1867-1934) por el número de científicas colaboradoras que tuvo, fueron muy favorables a la incorporación de las mujeres a la ciencia. Podemos decir que se dieron autoridad entre ellas, es decir se reconocieron en la autoridad femenina. Con ello sirvieron como modelo de identificación femenina a las estudiantes de ciencias del momento. No esperaron el reconocimiento de la autoridad masculina. Además, muchas de estas pioneras comenzaron sus investigaciones en ciencia nuclear antes de que Marie Curie obtuviera su gran fama y prestigio. También, algunos científicos fueron notoriamente favorables a la admisión y contratación de científicas de distintos países, en sus grupos de trabajo e investigación, y, en algunos casos, a la causa de los derechos de las mujeres en general. En este apartado merece destacar la figura de Ernest Rutherford (1871-1937).
- Aquellos científicos que, aunque contaron con varias científicas en sus equipos de investigación, parecían tener una actitud tolerante y quizá demasiado condescendiente, e incluso paternalista, hacia ellas. Aquí podrían incluirse a J.J. Thomson (1856-1940), B. Boltwood (1870-1927) y F. Soddy (1877-1956) a juzgar por lo manifestado en su correspondencia, unido al hecho de que Thomson se casó con una de sus estudiantes de investigación, Rose Paget, que dejó la investigación tras su compromiso matrimonial, y Soddy también se casó con una de sus investigadoras Winifred Moller Beilby.
- Los científicos que obstaculizaron el acceso de científicas a la investigación. Entre ellos, destacó Emil Fischer (1852-1919) quien aceptó en su laboratorio a Lise Meitner (1878-1968) tras obligarle a prometer que nunca entraría en él cuando hubiera hombres trabajando. También Max Planck (1858-1947) cuyas ideas contrarias a la educación científica de las mujeres eran conocidas en su época. Y, especialmente, Otto Hahn (1879-1968) que ignoró por completo las contribuciones de Lise Meitner al descubrimiento de la fisión nuclear, tras haber mantenido con ella una estrecha colaboración científica durante 30 años. Además, rechazó valorar la propuesta que, cinco años antes del descubrimiento de la fisión nuclear, hizo Ida



Tacke Noddack (1896-1979) sobre la posibilidad de la fisión nuclear. Hahn, en sus memorias escribió al respecto: "Su sugerencia estaba tan fuera de lugar con las ideas sobre el núcleo atómico aceptadas entonces, que nunca fueron discutidas seriamente". Por último, a pesar de que Rutherford escribió a Hahn comunicándole que Harriet Brooks (1876-1933) había encontrado previamente el fenómeno del retroceso del átomo radiactivo, tampoco quiso reconocerlo, a juzgar por el esfuerzo que hizo para refutarlo en sus memorias (Rayner-Canham y Rayner-Canham, 1990).

Las biografías de estas científicas sirven para enfatizar sus aspectos personales como mujeres en una época de la historia de la ciencia, así como, sus contribuciones científicas y las conexiones entre sus descubrimientos. El análisis de sus contribuciones científicas, en la identificación de nuevos elementos y sus investigaciones en ciencia nuclear, constituye un interesante caso histórico donde se ilustra el estratégico rol desempeñado por algunas mujeres en la creación de un área tan importante dentro de la ciencia moderna.

El trabajo pionero de Marie Sklodowska Curie fue continuado en Francia por su hija, Irène Joliot-Curie (1897-1956), y en Alemania con las contribuciones relevantes de Lise Meitner e Ida Tacke Noddack. Estas científicas participaron en los descubrimientos de nuevos elementos y de isótopos, así como en el descubrimiento de la fisión nuclear. Sus trabajos se completaron con otras contribuciones adicionales realizadas por Marguerite Perey (1909-1975) en Francia, Berta Karlik (1904-1990) en Austria y Maria Göppert-Mayer (1906-1972) y Chien-Shiung Wu (1912-1997) en Estados Unidos. Tres de ellas llegaron a recibir cuatro Premios Nobel de Física o Química, y el trabajo de dos de ellas estuvo asociado a descubrimientos que contribuyeron a que sus compañeros de investigación recibieran dos Premios Nobel, uno de Química y otro de Física.

En un principio, la radiactividad, término acuñado por Marie Sklodowska Curie, designaba tanto la emisión espontánea de radiación por una sustancia radiactiva, como el estudio de sus propiedades físicas y químicas. A raíz de las primeras investigaciones de Henri Becquerel (1852-1908) sobre el Uranio (1896-97), y tras el descubrimiento del Radio y el Polonio en 1898 por Marie y Pierre Curie, los trabajos sobre los radioelementos se intensificaron, aumentando sin cesar el número de publicaciones científicas sobre el tema.

Por otro lado, la radiactividad constituyó un fenómeno para cuya explicación parecían inicialmente enfrentados algunos de los principios fundamentales de la física y la química. Y

así lo manifestó Marie Curie en una conferencia impartida en 1900 en la *Société de Secours des Amis des Sciences*:

...El átomo, indivisible desde el punto de vista químico, es divisible en este caso, y las partículas subatómicas están en movimiento. El material radiactivo sufre una transformación química que es la fuente de la energía radiada; pero no es realmente una transformación química ordinaria, ya que en las transformaciones químicas ordinarias el átomo no varía. En los materiales radiactivos, si hay algo que se altera, ha de ser necesariamente el átomo, ya que la radiactividad es al átomo a lo que se haya ligada... La alternativa a esta hipótesis no resulta menos embarazosa, principalmente, porque la ley de la conservación de la energía no se cumpliría en determinados fenómenos moleculares y las sustancias radiactivas poseerían el poder de transformar el calor ambiental en trabajo... Esta hipótesis golpea tan contundentemente las ideas aceptadas en física, como la hipótesis de la transformación de los elementos lo hace con los principios de la química, y como puede verse, la cuestión no es fácil de resolver [Curie, M. (1900): "Physique: Les nouvelles substances radioactives". *Revue Scientifique*, 14: 65].

Y así fue, evidentemente. Dos años más tarde la respuesta era conocida. Como ya había sospechado esta gran química (física y matemática de formación universitaria), la física ganaría y la química perdería. La integridad de la energía sobrevivió, pero no la del átomo.

#### **4.1. Marie Skłodowska Curie (1867-1934)**

Nació en Varsovia (Polonia). Marie, inteligente y sensible, desde niña percibe los dolorosos sucesos que ocurren en su patria ocupada, donde Rusia, Alemania y el Imperio Austrohúngaro se repartían el suelo polaco.

Su madre, Bronislawa, murió de tuberculosis cuando Marie tenía diez años. Había dirigido un pequeño internado para chicas en la misma casa que vivía la familia. Su padre, Vladislav, fue profesor de instituto de física y matemáticas. Su familia aunque bien considerada socialmente, vivió una apretada situación económica. A los dieciséis años terminó sus estudios secundarios, fue condecorada con la medalla de oro a la mejor estudiante y ya sabía polaco, ruso, alemán y algo de francés.

Trabajó como maestra e institutriz para ayudar económicamente a su familia, especialmente para enviar dinero a su hermana Bronia que estudiaba Medicina en París, en la Universidad de la Sorbona. Su pasión por la ciencia unida a la imposibilidad de continuar sus estudios superiores en universidades polacas, ya que las mujeres tenían prohibido el acceso a las mismas, le impulsaron a abandonar Polonia. En 1891 se trasladó a París e ingresó en la

Sorbona, donde, tras vivir en unas circunstancias precarias, obtuvo su licenciatura en Física en 1893. Fue número uno de su promoción y, gracias a una beca *Alexandrovitch* de Varsovia, un año después, se licenció en Matemáticas, siendo la segunda mejor de su promoción.

En 1895 se casó con Pierre Curie (1859-1906), físico francés muy apreciado en Francia. A partir de entonces, siguiendo la tradición francesa firmó sus trabajos y es conocida con el apellido de su marido, Curie.

En 1896 aprueba, con el número uno, el examen de Estado en matemáticas y física para poder enseñar en escuelas estatales. En 1897 nace su primera hija Irène y comienza su tesis doctoral sobre los rayos uránicos que Becquerel había identificado un año antes.

Tras analizar los 70 elementos químicos que se conocían hasta el momento, descubrió, al mismo tiempo que G.C. Schmidt (1865-1949), que el Torio también emitía radiaciones. Marie denominó radiactividad a tan sorprendente fenómeno, y radioelementos, a los elementos que poseyeran esta propiedad. En 1898 informó de sus descubrimientos a la *Academia de Ciencias de Francia*.

El paso siguiente fue examinar la radiactividad de yacimientos naturales, dirigiendo su interés a la pechblenda (uraninita), un óxido de uranio (uranato de uranilo:  $U_3O_8$ ) cuatro veces más radiactivo que otros óxidos de uranio más puros.

En unas condiciones de trabajo precarias, Marie que tenía permiso para investigar sin remuneración, a la vez que impartía clases de física en un instituto femenino de Sèvres, comenzó sus investigaciones con la pechblenda. En 1898 descubrió, junto con Pierre, dos nuevos radioelementos que bautizaron como Polonio y Radio, de los que consiguió determinar sus pesos atómicos.

En 1903 defendió su tesis doctoral, obteniendo la calificación *très honorable*. Poco después Marie y Pierre Curie recibieron la Medalla *Davy* de la *Royal Society* de Londres. Ese mismo año, reciben el Premio Nobel de Física compartido con Henri Becquerel, por el descubrimiento de la radiactividad natural y sus trabajos pioneros en dicho campo.

En sus investigaciones no eran conscientes del deterioro que la exposición a la radiactividad estaba causando en su salud. La anemia ósea o leucemia que causó la muerte de Marie, comenzó, sin duda, en esta época.

En 1904, Pierre consigue una Cátedra de Física en la Sorbona con un laboratorio y tres ayudantes. Marie debía ser la jefa del laboratorio. Ese mismo año, nace Eve, su segunda hija y al año siguiente, Pierre es elegido miembro de la *Academia de Ciencias de Francia*.

En 1906, Pierre muere atropellado por un coche de carga y Marie pasa a ocupar su cátedra de física en la Sorbona, abriéndose así las puertas de la enseñanza universitaria a las mujeres en Francia.

En 1910 consigue aislar el Radio. En 1911 recibe su segundo Premio Nobel, esta vez de química, por el descubrimiento del Polonio y del Radio y el aislamiento y la caracterización del Radio.

En la I Guerra Mundial (1914-1918), donó parte del dinero de los Nobel, organizando con él un servicio móvil de rayos X para asistir a los heridos de guerra. Una vez finalizada la guerra, pasó a dirigir el laboratorio del Instituto del Radio de París, que ya estaba acabado desde 1914.

Marie, continuó simultaneando su docencia en la Sorbona con la dirección y la investigación en el laboratorio del Instituto del Radio. Paralelamente, fue dotando de autoridad en el laboratorio, tanto a su hija Irène, futura directora del mismo, como a su yerno, Frédéric Joliot. En 1935, ambos recibirían el Premio Nobel de Química, por el descubrimiento de la radiactividad artificial.

En 1922, fue admitida en la *Academia de Medicina de París*. Sin embargo, nunca fue admitida en la *Academia de Ciencias de Francia*, su candidatura había sido rechazada por un solo voto en 1911.

Marie fue una gran comunicadora científica. Entre 1919 y 1934 publicó 31 trabajos científicos propios y en su instituto de investigación se publicaron, en total, 438 trabajos.

En 1934 murió, a los 67 años, en un sanatorio de la Saboya suiza, a causa de la leucemia que había contraído en sus trabajos de investigación.

A pesar de su reconocido prestigio, ya obtenido en vida, muchas veces el tratamiento que ha recibido y todavía recibe en algunas biografías de manuales y libros de texto de ciencias, no parece el adecuado en función de la importancia y trascendencia de sus descubrimientos.

Sus contribuciones a la ciencia suelen enmascarse como "trabajos del matrimonio Curie", otras veces, es nombrada detrás de su esposo Pierre, o bien se la describe como "esposa de Pierre Curie" (Nuño y Ruipérez, 1997). Sin embargo, fue Pierre quién abandonó sus campos de investigación anteriores (principalmente en piezoelectricidad y en magnetismo) y se unió al de Marie. Además, el periodo de colaboración de Pierre y Marie duró menos de diez años, ya que él murió en 1906, y sus investigaciones en radiactividad comenzaron en 1897, cuando Marie eligió este tema para su tesis doctoral.

Otras veces también se ha menoscabado su calidad científica, tachándola de excesivamente empirista y carente de interés en la teoría.

#### **4.2. Otras pioneras en ciencia nuclear**

Desde principios del siglo XX, las aportaciones realizadas por mujeres a la ciencia nuclear han sido numerosas y algunas recibieron incluso el Premio Nobel. Otras, fueron excluidas de la concesión de los Nobel, recayendo el Premio en manos de sus colegas masculinos. Y otras trabajaron en los comienzos de la ciencia nuclear, generalmente con personajes de gran prestigio y reconocimiento, en los laboratorios de los Institutos de investigación sobre radiactividad más punteros de la época.

No obstante, sus trabajos no han sido reconocidos como se merecían. A pesar de que existen numerosas publicaciones científicas de las que ellas fueron autoras o coautoras, en los libros de texto de física y química suelen atribuírseles a sus coautores masculinos la totalidad de los descubrimientos científicos de la época.

Por otro lado, cuando la comunidad científica ha reconocido, por sus extraordinarias aportaciones, a alguna científica, como por ejemplo Marie Curie, se ha producido un efecto pantalla u ocultación sobre el trabajo y los éxitos de otras científicas coetáneas de ella.

En el siguiente cuadro (4.1), elaborado a partir de Rayner-Canham y Rayner-Canham (1990), se recogen los datos más significativos de otras científicas, prácticamente desconocidas, cuyos trabajos, pioneros en la ciencia nuclear de comienzos del siglo XX, contribuyeron activamente al desarrollo de la misma.

Su rol como investigadoras noveles o en formación, además de ser representativo de la época, puede resultar atractivo a la mayoría del alumnado de secundaria y especialmente a las alumnas, ya que muestran imágenes de otras científicas que son alternativas o complementarias al modelo de Marie Curie.

La figura de Marie Curie ha sido tan utilizada como única representante de todo el colectivo científico femenino, que podría provocar en las alumnas el denominado "Síndrome Marie Curie" (Brush, 1985), según el cual, las jóvenes estudiantes llegan a asumir que el éxito en ciencias requiere la devoción esclava al trabajo que se muestra en sus biografías y, ante esta perspectiva, muchas se alejan de la ciencia.

#### Cuadro 4.1. Pioneras en ciencia nuclear

Por otra parte, cinco de los últimos diez elementos naturales descubiertos: Polonio y Radio (Marie Sklodowska Curie, 1898), Protactinio (Lise Meitner, 1917), Renio (Ida Tacke Noddack, 1925) y Francio (Marguerite Perey, 1939), y más de una docena de isótopos de los elementos naturales, como por ejemplo los isótopos del Astat:  $\text{At}^{218,216,215}$  (Berta Karlik, 1941) fueron obtenidos por científicas. Además tres mujeres, Ida Tacke Noddack, Irène Joliot-Curie y Lise Meitner, estuvieron implicadas en el descubrimiento de la fisión nuclear. Y, algunos de los más importantes estudios en ciencia nuclear realizados desde entonces han sido, también, realizados por mujeres. Las biografías de estas científicas se presentan en el siguiente capítulo.

A continuación, se incluye el cuadro (4.2), elaborado a partir de Wolke (1988), Spradley (1989) y Millar y col. (1996), en el que se muestra el desarrollo cronológico de la ciencia nuclear desde sus comienzos (finales del siglo XIX) hasta los años 60 del siglo XX. Este cuadro puede servir como hilo conductor de las biografías y de los acontecimientos que se relatan en este capítulo y en el siguiente.

Cuadro 4.2. Cronología de los descubrimientos relacionados con nuevos elementos, radiactividad, fisión nuclear y estructura del núcleo atómico (1895-1963).

### **4.3. Sugerencias para trabajar en el aula**

A continuación, se proponen distintas actividades que se pueden utilizar en las clases de ciencias, para que el alumnado reflexione y discuta sobre distintos aspectos relacionados con la ciencia nuclear y las contribuciones realizadas por científicas.

#### **4.3.1. Autoevaluación de conocimientos previos**

Para que el alumnado evalúe y haga explícitos sus conocimientos previos sobre el tema se podrían plantear las siguientes preguntas:

- ¿Qué es la radiactividad natural y la radiactividad artificial?
- ¿Creéis que la ciencia nuclear es una profesión científica para mujeres?
- ¿Conocéis alguna científica que haya destacado en física o química nuclear? ¿Y algún científico?
- ¿Conocéis algún elemento químico descubierto por alguna científica? ¿Y por algún científico?
- ¿Cuántos son los elementos químicos naturales?

#### **4.3.2. Distribución de tareas científicas entre mujeres y hombres**

Los siguientes textos pueden servir para introducir el debate sobre la importancia y la necesidad de la colaboración entre distintas disciplinas en la investigación científica y permiten ilustrar la colaboración entre hombres y mujeres en este terreno. La actividad, también, ofrece la oportunidad de mostrar cómo los conocimientos científicos se construyen mediante la colaboración de distintas aportaciones científicas realizadas por grupos de profesionales de la ciencia, de distinta formación científica y, a veces, de distintos países o equipos de trabajo.

Se presentan tres textos, los dos primeros corresponden a la colaboración científica entre Marie y Pierre Curie y el tercero entre Lise Meitner y Otto Hahn.

Marie y Pierre Curie empezaron a investigar en común la pechblenda, un compuesto de Uranio, que emitía rayos mucho más activos que el propio Uranio. Marie Curie se especializó en el papel de química, separando y purificando nuevos elementos radiactivos, mientras que por el reparto de trabajo que había establecido el matrimonio, a su marido Pierre Curie le correspondía investigar las propiedades físicas de los resultados y de las radiaciones. El proceso de separación química era realmente un trabajo duro, la parte más cansada físicamente y, para una mujer, casi inimaginable: debía manejarse con barriles, cubas y jarras y continuamente remover la pechblenda caliente con una barra larga de hierro, para llevar a cabo los estadios de la separación. El 18 de julio de 1898 anunciaron el descubrimiento del Polonio y el 11 de diciembre el del Radio. A partir de entonces, la radiactividad sería tema obligado de investigación de numerosos laboratorios en distintos países.

En las investigaciones posteriores al descubrimiento del Radio, Marie se centró en su extracción, en cantidad suficiente, para llevar a cabo su análisis químico completo, es decir su separación y purificación. Pierre se

dedicó a estudiar las propiedades de la radiación emitida por el Radio, incluidos sus efectos en tejidos vivos (Fölsing, 1992).

A Pierre le parecía superfluo realizar ese enorme trabajo físico para demostrar algo que ya conocían. Estaba exasperado al ver los pobres resultados que se obtenían del terrible esfuerzo que realizaba Marie. Sin embargo, en 1902 Marie consiguió aislar un decigramo de cloruro de radio ( $\text{RaCl}_2$ ) e hizo una primera determinación del peso atómico del Radio: 225,93... [Curie, E. (1937): *Madame Curie*. Doubleday, Doran, and Company, Inc., Garden City, N.York].

En 1911, le fue concedido a Marie Sklodowska Curie su segundo Premio Nobel, esta vez de Química. Los motivos fueron el descubrimiento del Radio, su caracterización y aislamiento en estado metálico, así como, la investigación de la naturaleza y los enlaces químicos de este elemento. En la conferencia que impartió ante la *Real Academia de Ciencias de Estocolmo*, en la recepción del Premio, Marie recordó la contribución de su marido, fallecido en 1906, en el descubrimiento del Radio de la siguiente manera:

Tengo interés en recordarles a ustedes, antes de centrarme en el tema de mi conferencia, que el Radio y el Polonio fueron descubiertos por Pierre Curie en colaboración conmigo. También tenemos que agradecer a Pierre Curie las investigaciones básicas en el campo de la radiactividad, que él, en parte sólo y en parte con sus estudiantes, llevó a cabo. El trabajo químico, que tenía como objetivo aislar el Radio en estado de sal pura y clasificarlo como un nuevo elemento, fue llevado a cabo esencialmente por mí, pero está unido inseparablemente al trabajo realizado en común. Creo por tanto exponer la intención de la *Academia de Ciencias*, cuando supongo que tan alta distinción de la que soy partícipe es valedera para este trabajo conjunto y representa así un honor a la memoria de Pierre Curie [Curie, M. (1911): "Radium and the New Concepts in Chemistry", en Nobel Foundation (1966): *Nobel Lectures. Chemistry, 1901-1921*. Elsevier. Amsterdam].

En el texto siguiente se describen las tareas y cualidades científicas de Otto Hahn y Lise Meitner, cuya biografía se presenta en el siguiente capítulo:

Los experimentos (bombardeo del Uranio con neutrones) tuvieron lugar en tres fases de trabajo, separadas espacial y temporalmente: los preparados eran irradiados, después separados y purificados químicamente por Hahn y finalmente Meitner medía la radiación de los productos. La competencia de Lise era, sobre todo, establecer el objetivo de los experimentos y su explicación física...

No obstante, pesa mucho más el juicio del prestigio físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976), que, en sus *Palabras Conmemorativas para Otto Hahn y Lise Meitner*, intentó equilibrar la participación de Meitner



y Hahn en los primeros trabajos en común, de la siguiente forma: "Hahn tenía que agradecer sus éxitos sobre todo a sus cualidades de carácter. Su capacidad de trabajo inagotable, su aplicación férrea en la adquisición de nuevos conocimientos, su honradez insobornable, le permitieron trabajar aún más precisa y esmeradamente, pensar aún más críticamente sobre la mayoría de los experimentos, realizar aún más controles que la mayoría de los otros que se introducían en el nuevo dominio de la radiactividad... La relación de Lise Meitner con la ciencia era diferente (de la de Hahn), no sólo se preguntaba el *qué*, sino también acerca del *por qué*. Quería entender qué era lo que sucedía con la radiación radiactiva... quería escudriñar las leyes de la naturaleza que estaban actuando en este nuevo campo. Su fuerza radicaba entonces en el modo de plantear un problema y en la explicación posterior del experimento realizado. Se debería suponer que también en los trabajos conjuntos posteriores Meitner ejerció una fuerte influencia en el planteamiento del problema y en la explicación de los experimentos y que Hahn se responsabilizó especialmente de la fundamentación y escrupulosidad en la experimentación" (Fölsing, 1992).

Tras la lectura de los textos anteriores y de las biografías de Marie Curie y Lise Meitner (capítulo 5) se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- Extraed y analizad las tareas y contribuciones científicas de Marie y Pierre Curie, por un lado, y de Lise Meitner y Otto Hahn, por otro, valorando su importancia en la producción de conocimientos científicos.

#### **4.3.3. El reconocimiento de la valía científica de Marie Curie**

A pesar de la importancia del trabajo realizado por Marie Sklodowska Curie, sus aportaciones científicas no siempre fueron valoradas. Ella tuvo que reivindicar su autoría en relación con el término *radiactividad*: "He denominado *radiactivos* a todos los elementos que emiten tal radiación, por lo que la nueva propiedad de la materia manifestada en esta emisión ha recibido el nombre de *radiactividad*". En la conferencia que pronunció cuando recibió su segundo Premio Nobel en 1911, ella misma aclaraba cuáles fueron sus contribuciones y las de Pierre y reclamaba su prioridad en algunos descubrimientos, de la siguiente forma: "Hace 15 años la radiación del Uranio fue descubierta por Henri Becquerel, y dos años más tarde el estudio de este fenómeno se extendió a otras sustancias, primero por mí, y después por Pierre Curie y yo misma..." [Curie, M. (1911): "Radium and the New Concepts in Chemistry", en Nobel Foundation (1966): *Nobel Lectures. Chemistry, 1901-1921*. Elsevier. Amsterdam].

En esta misma conferencia, ella también dejaba claro que la hipótesis de que la radiactividad era una propiedad atómica había sido suya: "La historia del descubrimiento y aislamiento de

esta sustancia ha suministrado la prueba de mi hipótesis de que la radiactividad es una propiedad atómica de la materia y puede proporcionar un medio para la búsqueda de nuevos elementos" (Curie, 1911).

Además, en su tesis doctoral (1903): *Recherches sur les substances radio-actives*, había escrito: "...la radiactividad de los compuestos de Torio y Uranio se manifiesta como una propiedad atómica".

A continuación se incluyen dos textos donde las contribuciones científicas de Marie Curie son reconocidas y valoradas en toda su magnitud.

- El género de Marie Curie, unido a los extraños materiales nuevos que aportó a la humanidad, la convirtieron en una especie de novedad pública a comienzos del siglo XX. Al ser la primera mujer de la historia que alcanzó las cumbres del talento científico, se convirtió más que ninguno de sus colegas científicos masculinos en una figura pública... Pero la transformación de una figura histórica en una heroína folclórica puede llevarnos a recordarla sólo por motivos que son parcialmente correctos. Por ejemplo, ¿quién no ha oído identificar a Marie Curie simplemente como la descubridora del Radio?... No obstante, el identificar su descubrimiento de incluso dos elementos, Polonio y Radio, como el resultado más sobresaliente de su carrera científica es negar la importancia de sus contribuciones a la comprensión del fenómeno de la radiactividad, que a principios del siglo XX era un misterio...

La tesis doctoral de Marie Curie contenía el meollo completo de su trabajo más importante, incluía en un sólo documento un área de investigación que, por lo demás, sólo se hallaba descrita parcialmente en distintas publicaciones científicas. Esta tesis es el resultado, nada común, obtenido por una figura científica central que fue capaz de quitar tiempo a su propia investigación para crear una especie de instantánea panorámica de un campo científico rápidamente cambiante en un momento crucial de la historia" (Wolke, 1988).

- Todos los que tuvieron el honor de acercarse a Mme. Curie conservan de ella un recuerdo inefable. Aun los que no la conocieron hasta el ocaso de su vida han sido sensibles a cuanto conservaba de gracia y encanto de una juventud radiante: su gran frente, sus ojos grises, la imperceptible sonrisa de aprobación para toda idea que le divirtiese, la originalidad de sus gustos, muy acertados.

En la admiración que se siente por un sabio, entran en consideración el progreso aportado por su obra al conocimiento de la naturaleza y la importancia de las aplicaciones que de él se deducen. Conviene, además, tener en cuenta las dificultades de la tarea cumplida, las cualidades intelectuales y morales que esta tarea exigió. Desde estos dos puntos de vista, Marie Curie ocupa un lugar entre los más grandes hombres de la Ciencia [Laporte, M. (1965): "Marie Curie", en Mazonod, L., *Las mujeres célebres*. vol. II. Gustavo Gili. Barcelona].

A la vista de los textos anteriores, se podrían proponer al alumnado cuestiones del estilo de:

- Resumid las ideas principales de los textos de Marie Curie, en relación con la autoría y los descubrimientos de ella y Pierre Curie, e identificad, en la redacción de los mismos, la utilización de la primera persona del singular y de formas impersonales.

- En la mayoría de los textos científicos, la redacción se hace de un modo impersonal, en el que la autoría de la persona o personas que realizan la investigación desaparece ¿Por qué utilizó Marie Curie la primera persona del singular (yo) en su conferencia del Nobel, y no la había utilizado en su tesis?
- ¿Cuál de los dos textos anteriores os parece más adecuado para describir la valía científica de Marie Curie? ¿Por qué?
- Elaborad vuestro propio texto, utilizando también la biografía de Marie Curie.
- ¿Conocéis muchas biografías de científicos que describan sus rasgos físicos? Buscad información en la biblioteca y elaborad un informe donde se recojan descripciones físicas de científicos del campo de la ciencia nuclear o de otros campos. Haced lo mismo con las científicas que encontréis.
- ¿Por qué en las biografías de Marie Curie y en las de otras científicas son tan habituales las descripciones de su físico, ya sea para ensalzarlas o para descalificarlas?
- ¿A qué tipo de gustos originales y muy acertados creéis que se refiere el segundo texto? ¿Creéis que está hablando de la pasión de Marie por la ciencia, su interés en la industria, en la medicina, etc.?
- ¿Por qué dice el autor: "Marie ocupa un lugar entre los más grandes hombres de ciencia", siendo ella una mujer? Sugerid otro término que sustituya a "hombres de ciencia" e incluya también a las más grandes mujeres de ciencia.
- ¿De qué modo se han introducido los prejuicios de género en el texto?
- Tras discutirlo en el grupo manifestad vuestro acuerdo o desacuerdo con la siguiente afirmación: "En la admiración que se siente por un sabio, entran en consideración el progreso aportado por su obra al conocimiento de la naturaleza y la importancia de las aplicaciones que de él se deducen".
- Elaborad un listado de las aplicaciones técnicas de los descubrimientos producidos en el campo de la radiactividad y la ciencia nuclear y buscad información sobre las consecuencias sociales de cada una de ellas.
- ¿Cómo afecta la radiactividad a la salud de las personas?
- ¿En los tratamientos contra el cáncer se sigue utilizando Radio hoy en día en medicina?

#### **4.3.4. La desautorización de la valía científica de Marie Curie**

Quizá la tendencia a menospreciar la valía científica de Marie Curie, pueda tener su origen remoto, en las opiniones expresadas por algunos reconocidos físicos de su época y campo de investigación, como las de Rutherford y Boltwood, que se incluyen a continuación.

En relación con el Tratado sobre Radiactividad publicado por Marie Curie en 1910, Rutherford escribió a Boltwood:

Al leer su libro podía casi pensar que estaba leyendo uno mío, relleno con el trabajo extra producido en los últimos años... En conjunto creo que la pobre mujer ha trabajado tremendamente, y que sus volúmenes serán muy útiles, durante un año o dos, para evitar a quienes comienzan a investigar la búsqueda y recopilación de la bibliografía sobre el tema; una utilidad que no es ventajosa en conjunto [Reid, R. (1974): *Marie Curie*. William Collins sons. London].

Cuando Marie Curie recibió su segundo Premio Nobel, Boltwood estaba escandalizado porque no se había premiado el trabajo teórico de Theodore Richards (1868-1928) sobre pesos atómicos, y en su lugar Marie había recibido el Premio, por lo que él consideraba perseverancia tenaz, más que brillantez teórica (Ogilvie, 1986).

Tras la lectura de los textos anteriores, se pueden proponer al alumnado cuestiones del estilo de:

- ¿Consideráis acertadas las opiniones de Boltwood y Rutherford sobre la valía científica de Marie Curie? Argumentad la respuesta con ejemplos tomados de la biografía de Marie y de su conferencia en la recepción del Nobel de Química de 1911, que se ha relatado en las actividades 4.3.2. y 4.3.3.

#### **4.3.5. Opiniones de algunos científicos sobre la capacidad científica de las mujeres**

A continuación, se reproducen las opiniones de algunos científicos prestigiosos contemporáneos de Marie Curie: Thomson, Boltwood y Planck, sobre la capacidad científica de las mujeres.

- Texto tomado de una carta de Thomson a su amiga la Sra. Reid: "Creo que te divertirías mucho si estuvieras aquí para ver mis cursos, en el de grado elemental tengo toda la primera fila llena de mujeres jóvenes, que toman notas del modo más loable y esmerado, pero la cosa

más extraordinaria es que tengo una en mi curso avanzado" [Rayleigh, J.W. (1943): *The Life of Sir J.J. Thomson*. Cambridge, U.P. Cambridge].

- Boltwood, a juzgar por los siguientes párrafos de una de sus cartas a Rutherford, consideraba a sus alumnas como meras candidatas a esposa. La carta fue escrita, en 1913, tras recibir una carta de Ellen Gleditsch (1879-1968), en la que ésta le solicitaba trabajar con él en la Universidad de Yale:

...He recibido una carta que puede interesarte. La Srta. Gleditsch me ha escrito diciéndome que tiene una beca de la *American Scandinavian Foundation* (¡no sabía ni que existiera!) y que desea venir a New Haven a trabajar conmigo. ¿Tu qué opinas? Le he escrito intentando rechazarla, pero como la carta me había llegado con retraso, me temo que estará en Nueva York antes de que le llegue. Dile a la Sra. Rutherford que un plato de postre de plata sería un bonito regalo de boda [Badash, L. (1969): *Rutherford and Boltwood: Letters on Radioactivity*. Yale, U.P. New Haven].

En la carta de respuesta a Boltwood Mary Rutherford le pregunta: "...¿Estás todavía prometido a la encantadora...? he olvidado quién era... ¿No iba a ser una de tus colaboradoras?..."

Sin embargo, en 1916, cuando Ellen Gleditsch publicó su trabajo sobre la vida-media del Radio, Boltwood le escribió a Rutherford:

...Probablemente habrás visto el artículo de la Srta. Gleditsch según el cual sus resultados sobre la vida del Radio obtenidos en nuevos experimentos son totalmente concordantes con los obtenidos por ti y Geiger. Con esto todo encaja ahora, y me parece que se disipan todas las incertidumbres anteriores (Badash, 1969).

Como se ha relatado en la actividad anterior, Boltwood, tampoco tenía una opinión muy favorable de Marie Curie, según lo manifestado en su carta a Rutherford, con motivo de la concesión del Nobel de Química de 1911 a Marie Curie: "La Señora Curie es justo lo que yo siempre había pensado que era, una evidente tonta condenada, y en breve descubrirás que estoy en lo cierto" [Reid, R. (1974): *Marie Curie*. William Collins sons. London].

- Max Planck, en una encuesta universitaria, realizada en 1897, sobre la aceptación de mujeres en la Universidad contestó lo siguiente:

En general tengo que poner el máximo énfasis en que la naturaleza en sí misma prescribe que la mujer tiene una función de madre y ama de casa y que las leyes de la naturaleza no pueden ser ignoradas bajo ninguna circunstancia sin producir un grave daño, que se pondría especialmente de manifiesto en las generaciones futuras (McGrayne, 1998).

A la vista de los textos anteriores, se podrían proponer al alumnado las siguientes cuestiones:

- Discutid en grupo la opinión de Boltwood sobre las científicas.
- Comparad las opiniones de Boltwood sobre Ellen Gleditsch en sus dos cartas a Rutherford, así como el tratamiento o la forma de referirse a ella.
- Tras la lectura de la biografía de Marie Sklodowska Curie, ¿creéis que la opinión de Boltwood hacia ella se corresponde con la realidad de sus contribuciones científicas?
- Debatid vuestro acuerdo o desacuerdo con las opiniones de Max Planck.

## **5. Científicas Premios Nobel de Física y Química**

En el siglo XX se incrementó notablemente la actividad científica de las mujeres gracias a que se les permitió acceder a la educación científica superior y participar en equipos de investigación, terrenos anteriormente vetados a las mujeres. Todo ello propició que algunas científicas empezaran a ser galardonadas con el Premio Nobel.

En el campo de la ciencia nuclear, algunas científicas recibieron reconocimiento y prestigio en su época, y llegaron a conseguir el Premio Nobel. Sin embargo, a excepción de Marie Sklodowska Curie, muchas de estas científicas no han llegado a formar parte de los textos básicos de ciencias y mucho menos de los libros de texto al uso.

No obstante, no todas las científicas que merecieron el Nobel llegaron a recibirlo. Algunas quedaron eclipsadas, como se verá en este capítulo, bajo la sombra de sus colegas varones, que sí lo recibieron.

A continuación se incluyen dos cuadros correspondientes a las dos categorías.

Cuadro 5.1 Científicas Premios Nobel de Física y Química.

Cuadro 5.2 Científicas merecedoras del Premio Nobel de Física, Química o Fisiología y Medicina y científicos que los recibieron.

De entre todas ellas, se han seleccionado, a modo de ejemplo, las biografías de algunas físicas y químicas de la ciencia nuclear que se presentan a continuación.

### 5.1. Irène Joliot-Curie (1897-1956)

Nació en 1897 en París; fue la hija primogénita de Marie Sklodowska y Pierre Curie. Desde muy pequeña destacó por sus capacidades de razonamiento y además recibió una buena educación científica.

Según relata su hermana Eve, cuando Irène fue a la Universidad, tenía plena confianza en sus capacidades académicas y afrontó sus exámenes de bachillerato y licenciatura, que incluso habían puesto nerviosa a su madre en su época, con total calma y seguridad.

Es conveniente resaltar que, aunque Irène ya poseía desde pequeña un interés especial hacia la ciencia y gran capacidad de razonamiento, la educación que recibió, primero de su abuelo y luego de su madre y del resto del profesorado de la Cooperativa educativa (Paul Langevin, Jean Perrin...) organizada por su madre, hizo que Irène creciera con el sentimiento de que la ciencia y las matemáticas eran algo perfectamente normal en la educación de las mujeres. Una gran ventaja que no poseían la mayoría de las chicas de su época.

En la I Guerra Mundial (1914-1918), con tan sólo 17 años, colaboró con su madre como radióloga en hospitales del frente. Además, consiguieron formar 150 enfermeras especialistas en técnicas de rayos X. Cuando acabó la Guerra, continuó sus estudios, que había empezado en 1914, en la Universidad de la Sorbona de París. En 1920, obtuvo las Licenciaturas de Física y Matemáticas.

Desde 1918, trabajó como Preparadora en el Instituto del Radio de París, del que su madre era directora.

En 1921, comenzó su propia investigación sobre los rayos  $\alpha$  del polonio: velocidades de emisión, oscilaciones de recorrido y poder ionizante. En 1925 defendió su tesis doctoral en la Universidad de la Sorbona.

En 1926, se casó con Frédéric Joliot (1900-1958), físico nuclear francés, que, un año antes, había sido contratado por Marie Curie como Preparador en el Instituto del Radio.

El trabajo conjunto de Irène y Frédéric comenzó en 1931 y a finales de 1933, obtuvieron el primer radioelemento artificial: un nuevo radioisótopo del Fósforo, mediante el bombardeo de Aluminio con partículas  $\alpha$  (núcleos de helio).

En 1935, recibieron el Nobel de Química, por el descubrimiento de la radiactividad artificial. Su descubrimiento y los métodos usados para la síntesis de nuevos isótopos radiactivos de los elementos químicos tuvieron amplias consecuencias no sólo en física y química, sino también

en medicina: técnicas de diagnóstico de enfermedades, técnicas de cirugía y grandes progresos terapéuticos.

En 1936, durante cuatro meses, Irène ocupó la Subsecretaría de Estado para la Investigación Científica en el Gobierno del Frente Popular de Léon Blum. Fue la primera mujer en un gobierno francés. Irónicamente, Irène no tenía derecho al voto, ya que Francia no reconoció este derecho a las mujeres hasta después de la II Guerra Mundial en 1945.

En 1937, fue nombrada catedrática de la Universidad de la Sorbona y continuó en la dirección del laboratorio del Instituto del Radio.

En esa época, empezó a interesarse en la búsqueda de elementos transuránicos mediante bombardeo del Uranio (92) con neutrones, cuestiones también investigadas por el italiano Enrico Fermi y por Otto Hahn y Lise Meitner en Berlín.

En 1938, examinó, junto al físico yugoslavo Pavel Savitch, la mezcla entera de productos uránicos. Encontraron un isótopo radiactivo de 3,5 horas de vida-media. Este isótopo no se había podido separar de los otros productos uránicos mediante el método de precipitación del Platino de Hahn y Meitner, pero sí se separaba con Lantano (57). Todo ello indicaba una semejanza con el Lantano, elemento relativamente ligero. Si lo hubieran identificado como un isótopo del Lantano, probablemente habrían descubierto la fisión nuclear.

En 1940, Irène y Frédéric recibieron la Medalla de Oro del *Barnard College*, por su meritorio servicio a la ciencia.

En 1944, tras la invasión alemana en Francia, enferma de tuberculosis y preocupada por la seguridad de su familia, huyó a Suiza con su hija y su hijo, ayudada por el movimiento comunista de la resistencia francesa. Frédéric, que se había unido a la resistencia y al partido comunista, permaneció en Francia.

Después de la guerra, fue considerado un héroe nacional y, en 1946, pasó a ser el primer Alto Comisario de la Comisión Francesa de Energía Atómica. Irène ocupó el cargo de Comisaria de la Comisión, además de la dirección del Instituto del Radio.

Juntos de nuevo, los Joliot-Curie controlaron de hecho el programa nuclear francés, bajo el prisma de su utilización sólo para usos pacíficos. En 1948, trabajaron en la construcción de la primera pila atómica francesa.

En estos años el matrimonio pertenecía a la elite científica francesa y participaba activamente en política.



El fuerte sentimiento anticomunista que estaba calando en la Europa occidental, alentado por la Guerra Fría con la Unión Soviética, provocó que, Frédéric, en 1950 e Irène en el 51, fueran despedidos de la Comisión de Energía Atómica, debido a su filiación política y sus convicciones pacifistas. Además, se negaron a facilitar los mecanismos para el desarrollo de la energía nuclear ante el temor de su utilización bélica, como ya había sucedido en Hiroshima con la bomba atómica. Frédéric dejó la investigación para trabajar con organizaciones pacifistas internacionales y llegó a ser elegido presidente del Consejo Mundial de la Paz.

Irène continuó trabajando activamente, además de participar en movimientos feministas pacifistas, se dedicó a la construcción de nuevos y mejores laboratorios en el Instituto del Radio en Orsay (París). Tras la muerte de Irène, Frédéric acabó el Instituto y pasó a ocupar la Cátedra de Física Nuclear de Irène en la Sorbona.

Irène, al igual que su madre, murió de leucemia aguda en 1956, a los 58 años y Frédéric murió de la misma enfermedad dos años después.

Es interesante destacar cómo Irène a pesar de su gran vocación y dedicación a la ciencia (campo en el que compaginó las tareas de investigación con la docencia universitaria y con cargos de responsabilidad en instituciones científicas), también tuvo una vida personal intensa y de gran compromiso social, enfrentándose, además, a la leucemia que padeció desde su juventud.

Sin embargo, su compromiso social e ideología política, unido al hecho de ser mujer, fueron la causa de su marginación. Su nombre ha sido, injustamente, silenciado por la historia hasta hace relativamente poco tiempo.

Demostó un gran interés en la promoción intelectual y social de la mujer: "No soy una de esas personas... que creen que una mujer (científica)... puede desentenderse de su rol como mujer, tanto en la vida privada como en la pública" (McGrayne, 1998). Fue miembro del Comité Nacional de la Unión de Mujeres Francesas y del Consejo Mundial de la Paz.

Ella misma sufrió, en cierto modo, la discriminación como científica por ser mujer. Su candidatura a la *Academia de Ciencias de Francia* fue rechazada en las dos ocasiones en que la presentó, a pesar de su gran prestigio científico internacional. Su madre también había sido rechazada.

Desde muy joven expresó la necesidad de luchar por el progreso social, que ella calificaba como "eterna lucha que los espíritus adelantados han de llevar contra los reaccionarios".

Cuando ocupó el cargo de Subsecretaria de Estado para la Investigación Científica, manifestó su interés en desarrollar "el máspreciado derecho de las mujeres... para que éstas puedan ejercer, en las mismas condiciones que los hombres, las profesiones para las que estén cualificadas por educación y experiencia" (McGrayne, 1998).

## **5.2. Maria Göppert-Mayer (1906-1972)**

Nació en Kattowitz, Alta Silesia, que entonces pertenecía a Alemania. Fue hija única de Maria Wolff y Friedrich Göppert. Su padre provenía de una antigua y culta familia de profesores universitarios. Fue profesor de Pediatría de la Universidad de Göttingen y director de un hospital infantil, además fundó un centro de día para el cuidado de las criaturas de madres trabajadoras. En sus excursiones por el bosque para buscar fósiles y estudiar las plantas desarrolló en Maria su amor por la ciencia.

En esa época, para los chicos era posible prepararse para una formación universitaria en las escuelas masculinas de Göttingen, pero no lo era para las chicas. Maria pudo ingresar en un colegio privado, creado por un grupo de sufragistas para preparar a las chicas para los exámenes previos a la universidad. Pero, en 1924 el colegio quebró a causa de la inflación y Maria tuvo que realizar el examen de bachillerato en Hannover. Sólo otras cuatro alumnas se examinaron con ella, frente a varios cientos de alumnos.

Ese mismo año, ingresó en la Universidad de Göttingen para estudiar matemáticas y física. En 1927, se decantó por la física, justo cuando, a través de las contribuciones de Max Born (1882-1970), Werner Heisenberg (1901-1976) y E. Pascal Jordan (1902-1980), estaba surgiendo en Göttingen la nueva Mecánica Cuántica. Esta nueva teoría predecía y describía los movimientos de las partículas subatómicas tal como la física newtoniana clásica lo hacía con el movimiento de los objetos del mundo cotidiano. Un aspecto de la teoría cuántica sostenía que la energía radiante, como la luz, viaja en pequeños paquetes llamados cuantos. En 1930 defendió su tesis doctoral sobre los cuantos ligeros, llamados fotones.

Maria, altamente cualificada para las ciencias, no cumplía el arquetipo científico (dedicación única y exclusiva a la ciencia), ya que compaginaba su carrera investigadora con la vida social. Frecuentaba un círculo elegido de jóvenes académicos, futuras personalidades científicas como: el químico Linus Pauling (1901-94), el físico Enrico Fermi (1901-54),

Eugene P. Wigner (1902-95), J. Robert Oppenheimer (1904-67) (que dirigió el desarrollo de la bomba atómica), y Edward Teller (1908- ) ("padre" de la bomba de hidrógeno).

En 1929, antes de acabar su tesis doctoral conoció a un químico californiano, Joseph E. Mayer, que había llegado a la universidad de Göttingen para estudiar Mecánica Cuántica con el físico James Franck. En 1930, poco después de la lectura de la tesis de Maria, se casaron y se trasladaron a Estados Unidos. Al igual que hicieron Irène Curie y Frédéric Joliot unieron sus apellidos en uno sólo compuesto.

Su marido había encontrado un puesto académico remunerado en la destacada Universidad John Hopkins. Sin embargo, Maria, por ser mujer y esposa de un profesor universitario, no tenía oportunidad de encontrar un puesto académico. Además de la gran depresión económica, la ley contra el nepotismo prohibía la contratación simultánea de personas que fueran parientes o matrimonio. No obstante, ella continuó investigando en física sin remuneración y, bajo la influencia de su marido y de su colega Karl F. Herzfeld, se especializó en Química-Física. Trabajó en espectros moleculares utilizando métodos cuánticos y los tres publicaron varias investigaciones sobre colores y espectros de absorción de moléculas orgánicas.

En 1933, recibió la nacionalidad estadounidense y nació su primera hija, Marie Ann, que estudiaría astronomía y en 1938, nació su segundo hijo, Peter Conrad, que sería economista.

En 1939 se trasladaron a la Universidad de Columbia en Nueva York, donde su marido había sido contratado. De nuevo, Maria no pudo ser contratada por la Universidad, por lo que pasó un año como docente en el *Sarah Lawrence College*.

Investigó, junto con Harold C. Urey (1893-1981), la separación de isótopos del Uranio y utilizó la teoría cuántica para calcular la posibilidad de existencia de un grupo de tierras raras de elementos transuránicos.

También trabajó con Edward Teller en una teoría del "little-bang" para explicar la abundancia de los elementos cósmicos.

Además, en 1940, publicó junto con su marido un libro titulado: *Mecánica estadística* y fue contratada por el *Strategic Alloy Metals Laboratory*. En este laboratorio se producía trabajo militar secreto, en el marco del proyecto Manhattan, para el desarrollo de la bomba atómica.

Maria que quería dedicar tiempo a sus criaturas, ya que su marido estaba fuera trabajando en investigaciones militares, puso la condición de no trabajar ni fines de semana, ni cuando sus criaturas estuvieran enfermas. Por este motivo no se le asignaron proyectos importantes, sino

que se dedicó a aspectos secundarios y curiosos del estudio de los isótopos, para buscar modos de enriquecer el Uranio que se utilizaría en la bomba atómica. Al parecer, ninguno de sus trabajos contribuyó a la construcción de la bomba, motivo por el cual Marie se alegró enormemente cuando, en 1945, lamentablemente se lanzó la bomba en Japón (Stille, 1995).

Después de la II Guerra Mundial (1939-1945), en 1946, la Universidad de Chicago llamó a Maria y Joe Göppert-Mayer, pero, de nuevo, sólo fue contratado él. El puesto de Maria permaneció sin remunerar incluso después de su ascenso a Profesora Numeraria, por lo que tuvo que compartir su investigación en el Instituto de Física Nuclear, con un trabajo remunerado, a tiempo parcial, en el *Argonne National Laboratory* (laboratorio nacional del Departamento de Energía Atómica de los Estados Unidos).

Para Maria Göppert-Mayer Chicago fue el primer lugar donde, en palabras de ella, "no se la contemplaba como una pesada carga, sino que se la saludaba con los brazos abiertos". La física nuclear, que había florecido en la Universidad de Chicago durante la guerra con vistas a la aplicación práctica, continuó su auge en la postguerra, poniendo más atención en los hasta entonces descuidados problemas básicos (Fölsing, 1992).

En el *Argonne National Laboratory* se hicieron trabajos pioneros en el desarrollo de la utilización pacífica de la energía nuclear, como el desarrollo de prototipos de reactores. En estos años, Maria volvería a encontrarse con amigos de su época de estudiante en Göttingen, como Enrico Fermi y Edward Teller, con quienes incrementó notablemente sus conocimientos de física nuclear gracias a las discusiones científicas que mantuvieron.

En 1948, gracias a los modernos métodos matemáticos de la Teoría de Grupos, desarrolló un nuevo esquema de clasificación para los núcleos atómicos y sus propiedades más importantes. Encontró empíricamente el patrón de los "números mágicos": núcleos atómicos con 2 (Helio), 8 (Oxígeno), 20 (Calcio), 50 (Estaño), 82 o 126 neutrones o protones que son especialmente estables.

Al principio, Maria no pudo ofrecer una explicación teórica a este descubrimiento empírico y postuló una analogía con la estructura de capas de los electrones en el átomo: el núcleo atómico consistía en protones y neutrones colocados en capas, igual que los electrones estaban dispuestos en el exterior del núcleo. En 1950, desarrolló el modelo de capas del núcleo atómico, en el cual el acoplamiento spin-órbita predecía la ya observada estabilidad de los núcleos con "números mágicos". En este modelo, los números mágicos describen núcleos en los que ciertas capas están completas con ese número de nucleones.

Esta teoría hizo posible explicar, entre otros problemas, por qué algunos núcleos eran más estables que otros, el spin nuclear, los momentos magnéticos y por qué algunos elementos eran ricos en isótopos. Casi al mismo tiempo, el físico alemán J. Hans Jensen (1907-1973) avanzó la misma noción independientemente. En 1955, llegaron a escribir en colaboración un libro: *Teoría elemental de la estructura de capas nuclear*. En 1956, fue elegida miembro de la *Academia de Ciencias de los Estados Unidos*.

En 1963, Maria Göppert-Mayer y Hans Jensen recibieron el Premio Nobel de Física, por el modelo de capas del núcleo atómico, compartido con Eugene P. Wigner (1902-1995) por sus contribuciones a la teoría del núcleo atómico y de las partículas elementales. El Nobel se convirtió en el punto culminante de la carrera científica de Maria.

Las leyes predichas por Maria Göppert-Mayer y Hans Jensen fueron totalmente verificadas más tarde con observaciones y experimentos. El concepto teórico dio, con ello, un paso importante.

Antes del Nobel, en 1959, la Universidad de California en La Jolla, San Diego, ofreció al matrimonio Göppert-Mayer sendas plazas de Titulares con salario a tiempo completo, y, por fin, Maria obtuvo su primer puesto académico remunerado, como profesora de Física.

Su salud, resentida desde 1960 a causa de un ataque de apoplejía cuyas secuelas le ocasionaron un defecto en el habla y una parálisis en el brazo izquierdo, fue empeorando. Su corazón empezó a fallar y sufrió varios ataques, hasta que murió en 1972. Nunca abandonó la investigación y se comprometió cada vez más con la causa de la formación científica de las mujeres, alentando a las jóvenes a buscar su camino en las ciencias.

La *Sociedad Americana de Física* creó, en su honor, el Premio *Maria Göppert-Mayer*, que se concede anualmente para premiar a mujeres relevantes en el campo de la Física.

### **5.3. Lise Meitner (1878-1968)**

Nació en Viena en 1878. Su madre, Hedwig Skrovran, era una pianista de talento y enseñó música a sus ocho criaturas. Su padre, Philipp Meitner, era un famoso abogado de ideas muy liberales para la época. Aunque la familia era de origen judío, Lise fue bautizada y educada como Protestante.

En 1892, tras cinco años en la escuela primaria y tres en la secundaria, no pudo asistir al instituto en Viena por ser mujer. Por este motivo, aunque Lise tenía muy claro que quería estudiar física, se preparó para el examen de profesora de francés. En su familia, como en todas las de la época, se pensaba que la enseñanza de idiomas podía ser una profesión honorable para su hija.

Para poder acceder a la Universidad tuvo que preparar, por su cuenta, el examen de bachiller (en sólo dos años preparó un examen que costaba preparar cuatro) y examinarse como externa en un instituto de chicos. En 1901, con 22 años, consiguió entrar en la Universidad de Viena para estudiar física y matemáticas, gracias a que dos años antes se había permitido el acceso de mujeres a la Universidad.

Estudió física con Ludwig Boltzmann (1844-1906) y en 1905 fue la segunda mujer que consiguió doctorarse en Física por la Universidad de Viena (la primera mujer, Olga Steindler, se había doctorado en 1903).

Entonces, ingresó en el Instituto de Física Teórica y empezó a investigar en un nuevo campo, la radiactividad. Realizó dos trabajos sobre el estudio de los rayos  $\alpha$  y  $\beta$ . Decidió ir a París para trabajar con Marie Curie, pero no fue aceptada.

En 1907 (2 años antes de que fueran admitidas estudiantes mujeres en esta Universidad) se trasladó a Berlín y consiguió ser admitida como oyente en las clases del profesor Max Planck (1858-1947), a pesar de las conocidas reservas de éste hacia la educación universitaria de las mujeres.

Lise quería realizar también trabajo experimental y pidió una plaza en el laboratorio del Instituto de Física Experimental de Berlín. En esa época conoció a Otto Hahn, joven radioquímico que regresaba de Montreal (Canadá) de investigar con Rutherford y trabajaba en el Instituto de Química de Emil Fischer, como Lector Académico de Radioquímica.

Fischer, que sentía aversión por las mujeres en el laboratorio, inicialmente rehusó la petición de Lise para trabajar en el laboratorio que dirigía Hahn. Finalmente, tras muchas negociaciones, acabó aceptándola, pero le hizo prometer que nunca entraría en los laboratorios cuando hubiera hombres trabajando.

Para los trabajos de medida de radiaciones de Lise tuvo que equiparse una pequeña habitación del sótano, que había sido taller de carpintería y tenía entrada independiente. Cuando Lise tenía que ir al baño, debía desplazarse a un restaurante próximo. Dos años después, cambiaron las regulaciones estatales que prohibían la admisión de mujeres en los laboratorios y se

permitió a Lise usar la entrada principal. En esta época pasó muchas penurias económicas, ya que las ayudas económicas de su familia no eran muy abundantes.

En 1912, obtuvo una plaza de ayudante con Max Planck, por lo que llegó a ser la primera mujer Ayudante de Universidad en Prusia. En 1913, consiguió un puesto remunerado en el Instituto *Kaiser Wilhelm* de Berlín, en el que Otto Hahn dirigía la sección de radioquímica, pero el inicio de la I Guerra mundial (1914-1918) interrumpió sus investigaciones.

No obstante, algunos permisos de Hahn, durante su estancia en investigaciones del ejército alemán, coinciden con los de Meitner, entonces enfermera voluntaria en rayos X con el ejército austríaco, y hacen posible la continuación de sus trabajos en la separación de sustancias radiactivas de la pechblenda. En 1917, descubren un nuevo radioelemento, el Protactinio  $\text{Pa}$ .

En 1918, fue nombrada codirectora, con Otto Hahn, del departamento Hahn-Meitner del Instituto *Kaiser Wilhelm* de Berlín. Ella disponía de una sección de física radiactiva propia y Hahn de la sección de química radiactiva. Ocupó este cargo hasta que, por su origen judío, tuvo que abandonar Alemania en 1938.

En 1922, fue nombrada Lectora de la Universidad de Berlín y en 1926, obtuvo la Cátedra Extraordinaria de Física Nuclear Experimental, pero sin categoría de funcionaria. Entre sus colegas se incluían Planck, Einstein y Schrödinger.

Durante más de una década investigó las relaciones entre los rayos  $\alpha$  y los rayos  $\beta$ , y realizó los primeros análisis magnéticos de los rayos  $\gamma$ . En colaboración con Otto Hahn, redescubrió el fenómeno de "retroceso" de los átomos radiactivos emisores de rayos  $\alpha$  que había sido descubierto por Harriet Brooks en 1904, aunque ésta última no lo había identificado correctamente.

En 1924 y 1925 fue propuesta para el Premio Nobel de Física, y, en 1936, para el de Química por el descubrimiento del Protactinio, pero nunca llegaron a concedérsele.

En 1924, recibió la Medalla *Leibniz* de la *Academia de Berlin*. En 1925, fue galardonada con el Premio *Lieben* de la *Academia de Ciencias de Viena* y en 1928, con el Premio *Ellen Richards* de la Asociación de Ayuda a Mujeres Científicas.

En 1933, con la llegada del nazismo al poder en Alemania, le fue negada la capacidad docente e investigadora, aunque pudo seguir investigando en el Instituto *Kaiser Wilhelm*, gracias a su condición de extranjera (austríaca) y a su gran prestigio científico internacional.

En 1934, tuvo noticia de las investigaciones de Enrico Fermi en la búsqueda de elementos transuránicos. Persuadió a Hahn para que se uniera a ella en sus investigaciones sobre el bombardeo de Uranio con neutrones y la identificación de los productos de desintegración, incluido un supuesto isótopo del Protactinio de 13 minutos de vida media. Pronto encontraron muchas desintegraciones  $\beta$ . Tras demostrar que los emisores  $\beta$  (núcleos radiactivos que emiten electrones, aumentando en una unidad su número atómico) obtenidos no eran ni Protactinio, ni Actinio, ni Torio y teniendo en cuenta que éstos emisores se comportaban de acuerdo con lo esperado para los elementos transuránicos, llegaron a concluir erróneamente, al igual que Fermi, que se habían producido elementos transuránicos de número atómico superior a 92.

Tampoco tuvieron en consideración la hipótesis planteada, ese mismo año, por Ida Noddack sobre una posible fisión del Uranio. Tendrían que seguir trabajando cinco años más para darse cuenta de su error y mostrar que, efectivamente, se había producido una fisión del núcleo de Uranio. En 1935, contrataron como refuerzo al joven químico analítico Fritz Strassmann.

En 1938, Lise tuvo que huir de la Alemania nazi, tras la anexión de su tierra natal, Austria, por Alemania. Ayudada por sus colegas científicos, se trasladó a Suecia, pasando por Holanda. Allí, a la edad de 60 años, aprendió sueco y aceptó un puesto en el Instituto Nobel de Estocolmo.

Mientras tanto, en Alemania, Otto Hahn y Fritz Strassmann continúan las investigaciones sobre elementos transuránicos. Dudando de los experimentos realizados en Francia por Irène Curie y Paul Savitch ese mismo año, deciden repetirlos y se mantienen en contacto con Meitner para la realización e interpretación de estas investigaciones sobre el bombardeo del Uranio con neutrones.

En las Navidades de 1938, Hahn escribe a Meitner: "sabemos que el Uranio no puede reventar dando Bario, pero lo hemos identificado" y le adjunta una copia del artículo en el que publica el descubrimiento.

Meitner se da cuenta, inmediatamente, de que la escisión del núcleo de Uranio en dos fragmentos casi iguales era el único modo del que podía obtenerse un elemento tan ligero como el Bario.

Meitner informó de todo a su sobrino Otto Frisch que había ido a visitarla. Él era también refugiado huido de la Alemania nazi y trabajaba en el Instituto de Física Teórica de Copenhague.



En febrero de 1939, publicó con su sobrino su primer informe sobre la posibilidad de la fisión del Uranio. En este informe se introducía el término "fisión", para denominar este proceso (Lise lo propuso por analogía con el término fisión celular usado en Biología cuando una célula se divide en dos) y se calculaba la cantidad de energía liberada violentamente en dicha fisión. También se sugería la evidencia de la formación de  $^{239}\text{U}$  Uranio, mediante captura neutrónica y su transformación, mediante una desintegración  $\alpha$  en el elemento transuránico 93, el Neptunio. Este elemento sería descubierto en 1940, por Edwin MacMillan y Philip Abelson.

En pocas semanas, varios grupos de investigación comunicaron sucesivos experimentos de fisión, incluyendo a Irène Curie y Paul Savitch, y al propio Otto Frisch.

En 1943, Meitner rechazó trabajar en el proyecto Manhattan para la construcción de la bomba atómica. Tenía la esperanza de que el proyecto resultara imposible, y que la fisión nuclear se aplicase con fines pacíficos.

Otto Hahn recibió el Premio Nobel de Química de 1944 por el descubrimiento de la fisión nuclear, a pesar de que ella también había sido propuesta por el mismo descubrimiento. Además, había sido ella la que había proporcionado la explicación física del proceso de fisión. Una vez más, una mujer era despojada de su autoridad científica, al no reconocérsele su valiosa contribución a un descubrimiento de tal envergadura como el de la fisión nuclear, y en el que Lise Meitner había invertido aproximadamente cinco años de investigación.

Con ésta se coronaban muchas de las injusticias y humillaciones que había padecido, desde que de niña eligió la ciencia como profesión. A pesar de su indiscutible genialidad científica, fue víctima, en muchas otras ocasiones, de más de un prejuicio, por ser mujer y de origen judío. Ya en su época de estudiante en la Universidad de Viena, fue considerada como una "curiosidad" por ser la segunda mujer que se doctoró en ciencias. En lo sucedido a Lise Meitner se pone de manifiesto el hecho de que las discriminaciones por género se añaden a otras producidas por cuestiones étnico-raciales o religiosas.

En 1946, fue elegida *Mujer del Año* por el *Women's National Press Club* de Washington y, en 1947, recibió el Premio de la Ciencia y el Arte de la Ciudad de Viena.

Después de la II Guerra Mundial, en 1949, se convirtió en ciudadana sueca y continuó sus investigaciones en Estocolmo. Publicó varios artículos sobre isótopos radiactivos obtenidos con el nuevo acelerador de partículas, denominado Ciclotrón, del Instituto Nobel. Llegó a ser

catedrática del Real Instituto Tecnológico de Estocolmo y trabajó en el Programa Nuclear sueco.

En 1949, fue la primera mujer admitida a la *Academia de Ciencias de Berlín* (creada en 1700). Fue miembro de otras siete *Academias de Ciencias* y recibió cinco doctorados *Honoris Causa*. Ese mismo año, recibió junto con Otto Hahn, la Medalla de Oro *Max-Planck*. En 1954, recibió el Premio *Otto Hahn* de Física y Química. En 1962, recibió la Medalla *Schlozer* de la Universidad de Göttingen. En 1966, fue la primera mujer que recibió el Premio *Fermi* de la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos, junto con Hahn y Strassmann.

En 1958, en el Congreso de la *Sociedad Americana*, celebrado en Nueva York, fue invitada a trabajar en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge, a partir de 1959. En 1960 se estableció definitivamente en Cambridge.

Quizás gracias a las normas de seguridad que siempre impuso en su laboratorio en la manipulación de sustancias radiactivas, la salud de Lise Meitner, no se vio afectada por toda una vida dedicada a la investigación de estas peligrosas sustancias, ni por el hecho de ser fumadora. Incluso a los 81 años seguía en pleno vigor y daba conferencias en el extranjero. A los 87 sufrió un ataque cardíaco, del que se repuso y a los 88 se rompió la cadera en una caída. En 1968, falleció a los 89 años.

Durante toda su vida había sido una mujer muy activa, no sólo en el campo científico, sino que también disfrutaba practicando el senderismo y el alpinismo, así como en los conciertos y audiciones musicales.

En 1992, la IUPAC aprobó el nombre de los 6 elementos más pesados descubiertos últimamente: el último es el 109, Meitnerio, Mt, en honor a Lise.

#### **5.4. Ida Tacke Noddack (1896-1979)**

Nació en Westfalia y se educó en Berlín. En 1919 obtuvo su Diploma de Ingeniería Química, doctorándose en 1929 en la Universidad Técnica de Berlín.

En 1922, empezó a investigar junto con Walter Noddack (1893-1960) y Otto Berg en el Laboratorio Físico-Químico de Análisis. Comenzaron a buscar dos elementos (de número atómico 43 y 75) que faltaban en la Tabla Periódica y que habían sido predichos por Henry Moseley en 1914.

Después de tres años de enriquecimiento sistemático del mineral columbita, en 1925, descubrieron el elemento 75, mediante espectroscopía de rayos X de una muestra de 2 mg. Éste fue el último elemento estable que se ha descubierto y lo denominaron Renio, porque Ida había nacido a orillas del río Rin. También creyeron, erróneamente, que habían descubierto otro elemento de número atómico 43, y lo denominaron Masurio. Años después, en 1937, este elemento fue obtenido en el Ciclotrón de Berkeley. Emilio Segrè y Carlo Perrier, comprobaron que su periodo de vida media era demasiado corto como para existir en la naturaleza y lo renombraron Tecnecio, que viene del griego y significa artificial.

En 1926, Ida Tacke y Walter Noddack se casaron y continuaron sus investigaciones en Berlín. Llegaron a obtener el primer gramo de Renio y calcularon sus propiedades.

En 1934, Fermi en su búsqueda de elementos transuránicos obtuvo unos resultados extraños al bombardear Uranio con neutrones lentos. Ida expresó sus críticas hacia la falta de evidencia convincente sobre los supuestos elementos transuránicos de los que hablaba Fermi. Ella sugirió la posibilidad de que se hubieran obtenido elementos ligeros por escisión del Uranio, es decir, por fisión nuclear. Así lo describió en un artículo titulado: *Sobre el elemento 93*, que publicó ese mismo año:

Puede ser igualmente asumible que cuando un núcleo es destruido con el nuevo método de bombardeo de neutrones, ocurra una reacción nuclear que pueda diferir considerablemente de aquéllas hasta ahora observadas en los efectos producidos en el núcleo atómico mediante protones y rayos  $\gamma$ . Podría ser concebible que cuando se bombardea un núcleo pesado con neutrones el núcleo en cuestión se pudiera partir en un número de fragmentos mayores, que no tendrían por qué ser isótopos de los elementos conocidos ni vecinos de los elementos sujetos a radiación [Noddack, I. (1934): "Über das Element 93". *Zeitschrift für Angewandte Chemie*, 47: 653].

Lamentablemente, ni Enrico Fermi, por un lado, ni Otto Hahn y Lise Meitner, por otro, tuvieron en cuenta la propuesta de Ida y concluyeron, erróneamente, que se habían obtenido elementos transuránicos de números atómicos superiores a 92. La hipótesis de Ida Tacke y Walter Noddack pasó al olvido, ya que no intentaron realizar los experimentos que hubieran apoyado su hipótesis. Tuvieron que pasar cinco años para que Lise Meitner y Otto Hahn redescubrieran y explicaran la fisión del Uranio.

En 1935, Ida Tacke y Walter Noddack se trasladaron al Instituto Físico-Químico de la Universidad de Freiburg, donde se les consideraba grandes autoridades en la investigación y conocimiento de los elementos denominados tierras raras (Spradley, 1989).

De 1942 a 1944, investigaron en la Universidad de Strasburgo en la Francia ocupada por los alemanes. Tras la expulsión de los nazis de Francia, Ida y Walter volvieron a la Alemania nazi. Parece ser que residieron varios años en Turquía. De 1956 a 1968, trabajaron en el Instituto para la Investigación Geoquímica de Bamberg (Anderson, 1999).

### **5.5. Marguerite Catherine Perey (1909-1975)**

Química y física francesa, inicialmente quiso estudiar Medicina pero se lo imposibilitó la muerte de su padre. En 1929, tras obtener su Diploma de Estado de Química en la Escuela Femenina de Enseñanza Técnica, ingresó como ayudante de laboratorio junior en el equipo de Marie Curie. De 1934 a 1946 ocupó una plaza de Radioquímica en el Instituto del Radio.

En 1939 descubrió el Francio (87) derivado del Actinio. El Francio, excepcionalmente escaso en la naturaleza y radiactivo, es el elemento más pesado del grupo de los metales alcalinos y el más electropositivo que existe. En la actualidad se obtiene artificialmente por bombardeo atómico.

Muchos investigadores con experiencia habían buscado este elemento que, finalmente, fue encontrado por esta joven técnica de 29 años, dotada de grandes habilidades para la investigación. Lo encontró mediante un cuidadoso estudio de la desintegración radiactiva del Actinio (89), extraño radioelemento natural. Mediante la separación de todos los productos de desintegración de una preparación de Actinio, mostró que el 1,2% de su desintegración ocurría mediante emisiones  $\alpha$  obteniéndose Francio (87) (según la ley de Soddy cada emisión  $\alpha$  produce una disminución de dos unidades en el número atómico).

La dificultad de su descubrimiento era debida a que el Francio, con una vida media de 22 minutos, se desintegraba rápidamente mediante emisiones  $\alpha$  (según la ley de Soddy cada emisión  $\alpha$  produce un aumento de una unidad en el número atómico) produciendo el mismo isótopo del Radio que se formaba directamente del Actinio original.

Tras su descubrimiento, continuó investigando las propiedades y los efectos biológicos del Francio durante años.

En 1946, se doctoró en Ciencias en la Universidad de la Sorbona y en 1949, ocupó la Cátedra de Química Nuclear en la Universidad de Estrasburgo. Investigó los espectros de varios elementos, los nuevos métodos de fraccionamiento de tierras raras actínicas, etc.

En 1958, llegó a ser directora del Laboratorio de Química Nuclear del Centro de Investigaciones Nucleares de Estrasburgo. Fue miembro de las Comisiones Internacionales de Química y Física Nuclear, de la Conferencia Atómica Internacional, de la Comisión para la utilización de los elementos radiactivos y de la Unión Internacional de Química. En 1960, recibió el Gran Premio Científico de la Ciudad de París, fue Laureada de la *Academia de Ciencias de Francia* en 1950 y 1960, Oficial de la Legión de Honor y Comendador de las Palmas Académicas.

En 1962, llegó a ser la primera mujer elegida miembro de la *Academia de Ciencias de Francia*. Científicas de la talla de Marie Sklodowska Curie e Irène Curie, entre otras, habían visto rechazadas sus candidaturas a la misma en épocas anteriores. En 1964, obtuvo la Medalla de Plata de la *Sociedad Francesa de Química* y el Premio *Lavoisier* de la *Academia de Ciencias de Francia*.

Los efectos producidos en su salud, por sus investigaciones con la radiactividad, la obligaron, en varias ocasiones, a someterse a intervenciones quirúrgicas. Murió en 1975.

### **5.6. Wu Chien-Shiung (1912-1997)**

Física china, nacida en una pequeña ciudad cercana a Shanghai. Su madre, Fan Fuhua, era maestra de escuela y su padre, Wu Zhongy, dueño y director de la primera escuela femenina de su región. La familia de Wu de ideas progresistas sobre la educación de las mujeres, dispuso que Wu estudiara hasta el 4º grado en su escuela y, en 1922, se trasladara a estudiar a un pensionado de Suzhou, donde finalizó sus estudios secundarios en la especialidad de maestra, siendo la número uno de su promoción.

En esa época, en algunas zonas de China, todavía se practicaba la tradición de vendar los pies a las niñas, impidiendo su desarrollo y crecimiento normales.

En 1930, fue aceptada en la prestigiosa Universidad Nacional Central de Nanjing, donde desarrolló una gran actividad en el movimiento estudiantil. En 1934, tras su graduación en Física, trabajó un año como profesora en una Universidad provincial e investigó, durante otro año, en Cristalografía de rayos X en la *Academia de Ciencias de Shanghai*.

En 1936, partió para Estados Unidos. Fue admitida, como doctoranda, en el equipo de investigación del Laboratorio de Radiación de la Universidad de California, dirigido por el

físico estadounidense Ernest Lawrence (1901-1958), inventor del Ciclotrón (acelerador de partículas). Wu se doctoró en 1940.

La Física parece haber sido lo más importante en la vida de Wu, ella confesaba abiertamente: "siempre he tenido la sensación de que debía dedicarme a la Física totalmente y sin limitaciones. No es un trabajo. Es una forma de vivir" (McGrayne, 1998).

En 1942, se casó con el físico chino Luke Chia-Liu Yuan, con quien tendría un hijo, Vincent, que también sería físico.

En 1942, trabajó como Profesora Ayudante en el *Smith College* y en 1943, llegó a ser la primera mujer Instructora de Física de la Universidad de Princeton.

De 1944 a 1946, trabajó en el marco del secreto Proyecto Manhattan, en la construcción de la bomba atómica. A partir de 1946, fue Investigadora Asociada en la Universidad de Columbia de Nueva York y en 1952, pasó a ser Profesora Asociada de esta Universidad.

Durante estos años volvió a ocuparse de un tema popular en física nuclear, que ya había abordado en su tesis doctoral, la desintegración  $\beta$  en los átomos radiactivos. Los experimentos físicos de la época sólo habían podido encontrar electrones de bajo movimiento en las desintegraciones  $\beta$

Wu detectó un fallo experimental y diseñó una serie de experimentos precisos y controlados para investigar los electrones que atravesaban láminas de espesor uniforme y encontró, tal y como Fermi había predicho, que los electrones se movían a gran velocidad. Los experimentos realizados por Wu supusieron la confirmación experimental de algunas teorías, que se habían aceptado en física nuclear, pero sin evidencia empírica y le aportaron un gran prestigio en física experimental, destacando su exactitud y atención a los detalles.

T.D. Lee (1926- ) y C.N. Yang (1922- ) recibieron el Premio Nobel de Física de 1957, por su hipótesis de la violación o no-conservación de la paridad en las interacciones débiles entre partículas subatómicas, siendo los primeros científicos chinos en obtener tal galardón. El diseño y realización de la confirmación experimental de dicha hipótesis teórica la había aportado Wu, sin embargo ella y los investigadores (E. Ambler, R.P. Hudson, R.W. Hayward y D.D. Hoppes) que colaboraron con ella en la realización práctica del experimento fueron excluidos del Nobel.

De nuevo, una mujer era despojada de su autoridad científica y sus contribuciones científicas quedaban enmascaradas bajo las contribuciones complementarias de sus colegas científicos hombres.

Sin embargo, Wu recibió muchos otros premios y reconocimientos científicos. Entre 1958 y 1975, recibió once doctorados *Honoris Causa*, entre ellos caben destacar, los de las Universidades de Yale, Harvard y Princeton, siendo éste último el primero concedido a una mujer. Fue miembro de las *Academias de Ciencias de China* y Estados Unidos. Fue la primera mujer Presidenta de la *Sociedad Americana de Física*. Recibió la Medalla Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos.

En 1958 fue ascendida a Profesora Titular de Física en la Universidad de Columbia.

En 1963, confirmó experimentalmente la ley de la conservación del vector corriente en las desintegraciones  $\beta$ , que había sido propuesta por R. Feynman y M. Gell-Mann. Con esta confirmación hizo avanzar el desarrollo de la actual teoría unificada de las fuerzas fundamentales.

Además, Wu aplicó a la Medicina su trabajo en física nuclear. Desarrolló un método de estudio de las células enfermas en la anemia mediante técnicas de física nuclear.

En 1972, llegó a ser Catedrática de Física de la Universidad de Columbia. Allí continuó su docencia e investigación en física nuclear hasta su jubilación en 1981.

De 1975 a 1982, fue miembro del *Advisory Committee to the Director* de los Institutos Nacionales de Salud.

También se preocupó, especialmente, por el rol de las mujeres en la sociedad y en las ciencias. Después de su jubilación, impartió numerosas conferencias en las que animaba a las jóvenes a elegir carreras científicas.

Como esposa, madre y científica desempeñó los múltiples roles con que se enfrentan las mujeres en la sociedad moderna. Afirmaba que el deseo de las mujeres de ser buenas compañeras de los hombres y buenas madres es un deseo humano noble, pero, debe ser igualmente compartido por los hombres. Además, pensaba que el modo más normal y equilibrado de criar y educar a una criatura es bajo los cuidados tanto del padre como de la madre.

### **5.7. Otras Premios Nobel: Rosalyn Yalow (1921- ) y Dorothy Hodgkin (1910-1994)**

No podríamos cerrar este apartado dedicado a las mujeres en la ciencia nuclear, sin hacer referencia a Rosalyn (Sussman) Yalow, física nuclear estadounidense cuyas contribuciones

científicas corresponden a la aplicación o extensión de la física nuclear al campo de la Medicina.

En 1977, recibió la mitad del Premio Nobel de Fisiología y Medicina por el desarrollo de los ensayos radioinmunológicos de las hormonas peptídicas. La otra mitad del Nobel la recibieron Andrew Schally (1926- ) y Roger Guillemin (1924- ) por sus descubrimientos en relación con las hormonas peptídicas en el cerebro.

En sus biografías (Fölsing, 1992; McGrayne, 1998; Stille, 1995) puede observarse cómo, finalmente, su autoridad científica le fue reconocida, cuando sus contribuciones científicas fueron galardonadas con el Premio Nobel. No obstante, Rosalyn Yalow ha sufrido numerosas discriminaciones a lo largo de su vida, por su condición de mujer, hija de una familia de inmigrantes de origen judío, de clase baja, casada con un científico (Aaron Yalow), madre de dos criaturas y que además desarrolló una larga colaboración científica con otro físico (Solomon A. Berson).

Por último, resulta oportuno hacer mención a otra científica, la bioquímica británica, Dorothy (Crowfoot) Hodgkin, ya que es una de las cuatro mujeres Premio Nobel de Química o de Física.

Dorothy recibió el Premio Nobel de Química en 1964, por sus medidas, realizadas mediante cristalografía de rayos X, sobre la estructura de importantes sustancias bioquímicas (colesterol, penicilina, insulina,...), así como por la explicación de la estructura de la vitamina B12. Sus contribuciones científicas han tenido gran aplicabilidad en el campo de la Medicina.

## **5.8. Sugerencias para trabajar en el aula**

A continuación, se proponen distintas actividades que se pueden utilizar en las clases de ciencias, para que el alumnado reflexione y discuta sobre distintos aspectos relacionados con la ciencia nuclear y las contribuciones realizadas por científicas, así como, sobre algunas de las discriminaciones y exclusiones que sufrieron estas científicas por el hecho de ser mujer.

### **5.8.1. La capacidad científica de las mujeres**



En el texto siguiente se muestran algunas de las opiniones de Irène Curie sobre la capacidad científica de las mujeres.

Irène Curie despertó pronto el interés de la opinión pública. En marzo de 1925, ante la pregunta de una periodista del diario *Le Quotidien*, sobre si la carrera que había elegido no era un poco fatigosa para una mujer, ella contestó: "De ningún modo. Creo que la capacidad científica de un hombre y de una mujer son completamente iguales". Sin embargo, añadió: "una mujer científica debería renunciar a sus deberes femeninos". De todas formas ella consideraba los compromisos familiares como "posibles, bajo la condición de que fueran aceptados como una carga complementaria... Por mi parte creo que la ciencia será el interés principal en mi vida".

No obstante, sólo un año después Irène Curie comunicó a su madre que había decidido casarse con Frédéric Joliot, ayudante de su madre en el laboratorio. Su matrimonio se desarrolló, al igual que el de Marie y Pierre Curie, hacia una sociedad investigadora. Tuvieron una hija y un hijo, Hélène nacida en 1927 y Pierre nacido en 1931, que se dedicaron más tarde a la profesión científica y continuaron con éxito la tradición investigadora iniciada por su abuela Marie y su abuelo Pierre y continuada por su madre Irène y su padre Frédéric. Hélène, que más tarde se casaría con un nieto de Paul Langevin, fue como su madre y abuela, física nuclear, Pierre derivó a la biofísica (Fölsing, 1992).

Tras la lectura del texto anterior, se puede sugerir al alumnado que discuta en el grupo cuestiones del tipo:

- Manifestad vuestra opinión sobre las siguientes afirmaciones de Irène Curie: "la capacidad científica de un hombre y de una mujer son completamente iguales"..."una mujer científica debería renunciar a sus deberes femeninos".
- ¿Qué factores pudieron facilitar la compatibilización del matrimonio y la maternidad con la carrera científica de Irène Curie?

### **5.8.2. El doble papel de Maria Göppert-Mayer**

En el texto siguiente se muestran las dificultades de una mujer para compaginar su trabajo de científica con su papel de madre.

En San Diego, Maria Göppert-Mayer se comprometió cada vez más públicamente con la defensa de los estudios científicos para las mujeres y alentaba a las jóvenes a buscar su camino en las ciencias. En una conferencia que impartió en Japón, en 1965, titulada: *La situación de cambio de la mujer vista por una científica*, dijo: "Las ciencias son realmente un campo excelente de estudio para las mujeres, especialmente la Física o la Química. Para mí la Física supone más diversión que cualquier otra materia. No hay ningún

motivo para creer que las mujeres están en este aspecto menos capacitadas que los hombres, y que una mujer inteligente y bien cultivada no pueda aportar una contribución científica significativa".

La señora Göppert-Mayer hallaba en esta vía las dificultades del doble papel de una científica entre la familia y el trabajo; sabía, por propia experiencia, que las mujeres que no quieren renunciar a marido e hijos se encuentran con una especial resistencia en el trabajo y también en la ciencia: ..."Toda mujer quiere una vida completa, quiere casarse y tener hijos. Muchas mujeres solucionan este problema sacrificando todas sus actividades profesionales y viviendo sólo como esposas y madres. Eso es lo que hace ser reacios a algunos profesores de Universidad a aceptar mujeres"

Previamente había afirmado: "Desde siempre, desde que era una niña muy pequeña, he sabido qué se esperaba de mí, cuando creciera, que adquiriera una educación o formación que me capacitara para ganarme mi medio de vida, de modo que no dependiera de un matrimonio".

Ella advertía a las mujeres contra la renuncia de su trabajo: "no hay ningún motivo real para una mujer casada, para abandonar su carrera. Cuando se ve obligada a un par de años de inactividad, porque sus hijos son pequeños, al menos debería mantener contacto con su campo de estudio y seguir los nuevos descubrimientos y progresos en él. De esta manera, podrá retomar su carrera en cualquier momento. Los niños van creciendo demasiado aprisa y, de esta forma, seguirá teniendo una vida recompensada cuando sus vástagos estén fuera de casa".

A la propia científica no parecía serle muy fácil el doble papel de madre y mujer trabajadora: "Naturalmente la combinación de niños y trabajo no es del todo fácil. Existe una presión emocional correspondiente a las lealtades enfrentadas a la ciencia, por un lado, y a los niños, por otro, que al fin y al cabo necesitan una madre. Yo he tenido esta experiencia completa. Pero cuando los niños se hacen mayores, entienden las relaciones y están orgullosos de tener a una científica por madre".

Pero, niños formales y comprensivos no bastan: "Una científica casada necesita una pareja comprensiva. El marido adecuado para una mujer con una carrera de ciencia, es un científico" (Fölsing, 1992).

A propósito del texto anterior y tras la lectura de la biografía de Maria Göppert-Mayer, se pueden sugerir las siguientes cuestiones:

- ¿Qué obstáculos tuvo que superar, por ser mujer, Maria Göppert-Mayer tanto en su formación científica como para tener éxito o reconocimiento en el mundo científico?
- ¿Pensáis que las ciencias son un campo excelente de estudio para las mujeres? ¿Y para los hombres?
- ¿Creéis que las mujeres están igualmente capacitadas para la ciencia que los hombres? ¿Y para la tecnología?
- ¿Os parecen la Física o la Química una diversión? ¿Por qué?
- ¿Creéis que un hombre puede compaginar una vida pública, dedicada a la ciencia, con una vida privada con pareja sentimental y/o con criaturas? ¿Y una mujer? Argumentad la respuesta.

- ¿Qué obstáculos o dificultades suelen encontrar las mujeres para acceder y mantenerse en la ciencia y en la tecnología?
- ¿Estáis de acuerdo con la afirmación de Maria Göppert-Mayer cuando dice: "Toda mujer quiere una vida completa, quiere casarse y tener hijos"?
- ¿Creéis que todo hombre quiere casarse y tener criaturas?
- ¿Consideráis que una vida sin matrimonio o sin criaturas no puede ser completa? ¿Y una vida sin trabajo remunerado?
- ¿Creéis, como afirma esta científica, que algunos profesores de Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingeniería son reacios a aceptar mujeres por el interés de éstas en ser esposas y madres? ¿O creéis que existen otras razones? ¿Cuáles?
- Dad vuestra opinión sobre la siguiente afirmación de Maria: "Una científica casada necesita una pareja comprensiva. El marido adecuado para una mujer con una carrera de ciencia, es un científico"
- Proponed soluciones o estrategias para que todas las personas, tanto mujeres como hombres, puedan compatibilizar la dedicación a su profesión, con la dedicación a su familia.

### **5.8.3. Nuevos elementos químicos**

Buscad información sobre los nuevos elementos que aparecen en las biografías de Ida Tacke, de Marguerite Perey y de las científicas de este capítulo y del capítulo 4, e intentad contestar las siguientes preguntas. Consultad también el Cuadro 4.2 del capítulo 4 y la Tabla Periódica de los elementos actual.

- ¿Qué son las tierras raras? ¿Qué elementos las integran?
- ¿Por qué despertaba tanto interés en esa época la búsqueda de nuevos elementos?
- ¿Cómo pudo predecir Moseley en 1914 la existencia de elementos aún no descubiertos?
- ¿Por qué no se tuvo en cuenta la sugerencia de Ida de que se había producido una fisión nuclear? Argumentad la respuesta con opiniones de científicos de la época, que aparecen en las biografías de este capítulo y en las biografías y actividades del capítulo anterior.

### **5.8.4. La exclusión de Lise Meitner del Premio Nobel**

El texto siguiente puede utilizarse para profundizar, por un lado, en la reflexión sobre los motivos de la exclusión de Lise Meitner del Nobel de Química de 1944 y, por otro, en la identificación de las contribuciones hechas desde la química y la física, así como en la importancia del papel complementario jugado por ambas disciplinas en este episodio de la ciencia. También puede ser una buena ocasión para discutir la importancia de la teoría y la experimentación en el avance científico.

El descubrimiento, a finales de 1938, de que un neutrón podía partir en dos el núcleo de un átomo, representó para la física una auténtica sorpresa. Ninguna teoría física había predicho la fisión nuclear, ni quienes la descubrieron podían imaginar que terminaría por aplicarse a la bomba atómica y las centrales nucleares. Esta parte de la historia es incuestionable.

Más controvertido es a quién reconocerle ese avance decisivo.... El Premio Nobel de Química de 1944 se le concedió a Otto Hahn, por el descubrimiento de la fisión nuclear.

Que Strassmann no compartiera el galardón obedeció, probablemente, a su juventud: era el benjamín del grupo, y el jurado de los Nobel tiende (en contra de lo dispuesto por Alfred Nobel en la creación de los Premios Nobel) a favorecer a investigadores avezados. Hahn y Meitner, sin embargo, tenían el mismo estatus profesional. ¿Por qué se la excluyó? La respuesta dada por Hahn a esa pregunta persistió incontrovertida durante años. Según expuso, el descubrimiento se basó exclusivamente en experimentos químicos realizados tras la partida de Meitner de Berlín. Su éxito nada tenía que ver con Meitner ni con la física, que, si acaso, lo habían demorado...

Pero su actitud hacia Lise Meitner distó mucho de ser honrada. Ni una sola vez en sus numerosos artículos, entrevistas, memorias o autobiografías mencionó la iniciativa de Meitner en la investigación del Uranio, su liderazgo del grupo de Berlín o su colaboración continuada desde el exilio.

Strassmann, a la sombra de Hahn, discrepaba. Meitner había sido para él la líder intelectual del equipo, incluso en su forzada ausencia a través de la correspondencia mantenida con Hahn.

...La opresión política y el miedo hicieron que tras el descubrimiento, Hahn abriera una zanja entre su laboratorio y la fisión, a un lado, y Meitner y la física al otro. Su distanciamiento de Meitner no se había producido por motivos científicos, sino por miedo, opresión política y oportunismo.

...Aunque Meitner apenas se pronunció en público sobre la cuestión, en privado describió el comportamiento de Hahn como una "pura supresión del pasado", un pasado en el que habían sido amigos y estrechos colaboradores. Debió pensar que la historia acabaría por poner a cada uno en su sitio. Así ha ocurrido cincuenta años después.

...También contribuyeron a la marginación de Meitner su condición de refugiada en Suecia, y el sentimiento generalizado, mucho más intenso entonces que ahora, de que las mujeres consagradas a la ciencia carecían de fuste y ocupaban un rango subordinado, si no desbarraban.

Otro científico que contribuyó activamente a la exclusión de Meitner del Nobel de Química de 1944, fue el sueco Manne Siegbahn, Director del Instituto Nobel de Estocolmo (Premio Nobel de Física en 1924, y por

tanto rival de Lise aquel año), que era un miembro importante de la comisión de los Nobel y se opuso rotundamente.

...El hallazgo sobre el Bario de Hahn y Strassmann apareció en *Naturwissenschaften* en enero de 1939; Meitner y Frisch publicaron su interpretación en *Nature* pocas semanas después. A primera vista parecía que el descubrimiento de la fisión estaba perfectamente dividido entre química y física, experimentación y teoría, alemanes y refugiados. Para quienes no entendían de ciencia o se desinteresaban de la política, los químicos habrían descubierto la fisión, mientras que los físicos se habían limitado a dotarla de un bastidor teórico.

...Los artículos científicos muestran que la investigación que llevó al descubrimiento de la fisión fue verdaderamente interdisciplinar: el trabajo lo motivó un problema de física nuclear, pero el progreso de la investigación se vio favorecido e impedido por datos e hipótesis tanto de la física como de la química [Sime, R.L. (1998): "Lise Meitner y el descubrimiento de la fisión nuclear". *Investigación y Ciencia*, marzo: 4-10].

Tras la lectura del texto anterior y de las biografías de Lise Meitner, Idda Tacke e Iréne Curie, podrían proponerse las siguientes cuestiones:

- Resumid las contribuciones de Hahn y Meitner por separado, así como las de personajes científicos de la época que contribuyeron al descubrimiento de la fisión nuclear.
- ¿Hubiera sido posible el descubrimiento y la explicación teórica de la fisión nuclear trabajando disciplinadamente, es decir, desde la química o desde la física por separado?
- ¿Creéis que fue justa la concesión del Nobel de Química de 1944 a Otto Hahn en solitario por el descubrimiento de la fisión nuclear?
- ¿Qué otras personas merecían el Premio?
- ¿Por qué creéis que quedaron fuera de este Nobel Meitner, Frisch y Strassmann? Proponed razones para cada caso.
- ¿Qué aplicaciones técnicas y repercusiones sociales ha tenido la fisión nuclear?
- Si Lise Meitner hubiera sido un hombre ¿habría encontrado los mismos obstáculos en su carrera científica?

### **5.8.5. Contribuciones de Chien-Shiung Wu a la ciencia nuclear**

Después de la lectura de la biografía de Wu se puede proponer la realización de un resumen de sus contribuciones a la ciencia nuclear y se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- ¿Conocéis un libro de Isaac Assimov, titulado "El electrón es zurdo" y publicado por la Editorial Alianza en 1977? Buscad información sobre él y el por qué de su título.
- ¿Por qué el Nobel de Física de 1957 fue sólo para Lee y Yang?

- En la producción de conocimientos científicos ¿creéis que es más importante el planteamiento de la hipótesis teórica y del encuadre experimental que el diseño experimental creativo y su realización práctica rigurosa? Argumentad la respuesta.

- ¿Sabéis cuál es el número máximo de personas que puede compartir un Premio Nobel?

- Proponed un reparto más justo del Nobel de Física de 1957.

Tras la puesta en común de las decisiones de los distintos grupos, juntaos los grupos que hayáis propuesto la misma candidatura y proponed argumentos que apoyen vuestra elección.

- ¿Qué obstáculos tuvo que superar Wu a lo largo de su vida, y gracias a qué estrategias o ventajas pudo superarlos?

- Manifestad vuestro acuerdo o desacuerdo con las opiniones de Wu, que aparecen en su biografía, sobre los deseos de las mujeres y la mejor forma de criar y educar a las criaturas.

### **5.8.6. Opiniones de Wu sobre el tipo de obstáculos que impiden la participación de mujeres en ciencia y tecnología**

En el siguiente texto se recogen algunas opiniones de Chien-Shiung Wu sobre la dificultad que encuentran las mujeres para participar en la empresa científica:

Yo dudo sinceramente que cualquier persona libre de prejuicios crea realmente en la errónea idea de que las mujeres no tienen capacidad intelectual para la ciencia y la tecnología. Tampoco creo que los factores sociales y económicos sean los obstáculos reales que impiden la participación de las mujeres en el campo científico y técnico.

...El principal obstáculo en el camino de cualquier tipo de progreso es y ha sido siempre la irrecusable tradición (McGrayne, 1998).

Tras la lectura del texto anterior se pueden proponer al alumnado las siguientes cuestiones:

- Manifestad vuestro acuerdo o desacuerdo con las opiniones de Wu recogidas en el texto anterior.

- ¿Creéis que la tradición es lo que obstaculiza el acceso y la permanencia de las mujeres en la ciencia y la tecnología?

- ¿Qué otros factores creéis que también contribuyen al hecho de que muchas mujeres se alejen de la ciencia y de la técnica?

- ¿Creéis que las mujeres tienen menor capacidad intelectual que los hombres para la ciencia y la tecnología?

- ¿Creéis que la ciencia y la técnica son cosas de hombres? Argumentad la respuesta.

### **5.8.7. Científicas de la ciencia nuclear**

Esta actividad puede realizarse a modo de recapitulación de los capítulos 4 y 5.

- Indicad posibles causas o condiciones favorables para que se produjera el acceso y la participación de tantas científicas en el campo de la ciencia nuclear, desde finales del siglo XIX, cuando se descubre la radiactividad, hasta mediados del siglo XX, que se descubren la fisión nuclear y el modelo de capas del núcleo atómico.

- Proponed algunos indicadores: actitudes, opiniones, hechos... para analizar el papel desempeñado por los científicos de gran prestigio, en el campo de la ciencia nuclear, durante este periodo de la historia de la ciencia, en relación con la aceptación de mujeres en la investigación en ciencia nuclear.

- Buscad en los cuadros 4.1 y 4.2 y en los textos y biografías de científicas en la ciencia nuclear a los científicos relevantes y, utilizando los indicadores propuestos en la cuestión anterior, analizad la opinión que tenían sobre la validez de las mujeres para la profesión científica y el papel que desempeñaron a favor o en contra de la incorporación de las mujeres a la ciencia.

Podéis elaborar un cuadro de dos entradas, por un lado, científicas de la época y, por el otro, científicos importantes con los que trabajaron. Podéis rellenar las casillas de intersección con los temas que investigaron o los descubrimientos que hicieron, facilitando así la visualización de quiénes fueron más favorables a aceptar mujeres en sus equipos de investigación y a colaborar con ellas en igualdad de condiciones.

- ¿Por qué no habremos tenido noticia de todas éstas científicas?

- Exponed motivos por los que algunas científicas no recibieron el Premio Nobel, y sin embargo sí lo obtuvieron sus compañeros de investigación.

- ¿Creéis que la ciencia nuclear no es un terreno científico apropiado para una mujer?

- Señalad las ventajas u oportunidades que tuvieron éstas científicas en sus vidas personales, las cuales les facilitaron el poder acceder y, en algunos casos, permanecer en la profesión científica ¿Encontráis algunos rasgos comunes en sus vidas? ¿Cuáles?

### **5.8.8. Redacción de una biografía**

En esta actividad se proponen pautas para el análisis y la elaboración de biografías de científicas.

Se trata de realizar en grupo una pequeña investigación sobre Rosalyn (Sussman) Yalow o sobre Dorothy (Crowfoot) Hodgkin. Así como, elaborar un informe-resumen final a modo de biografía sobre la científica elegida, siguiendo la guía orientativa que se incluye en la siguiente actividad (5.8.9).

El informe o biografía se presentará oralmente al resto de la clase utilizando algún soporte visual (transparencias, póster, etc.) que facilite su comprensión y resulte atractivo, para su posible posterior difusión y comunicación entre el alumnado del Centro.

La propuesta y el planteamiento de la investigación, se realizará en horas lectivas (1 sesión), pero la investigación se realizará en horario no lectivo, como trabajo monográfico. Por lo tanto, la tutorización de estas pequeñas investigaciones la realizará cada grupo con su docente en horas de tutoría o de consulta.

Para la presentación y comunicación de los resultados de la investigación se emplearán 1 o 2 sesiones, en función del número de grupos y trabajos presentados. Cada grupo dispondrá de 20 minutos para su exposición, seguida de pequeños coloquios de 5 o 10 minutos, en función del interés manifestado por el resto de los grupos. Finalmente será conveniente dedicar 1 sesión para la elaboración de conclusiones generales y valoración de los proyectos presentados.

La investigación se plantea de la siguiente manera, se ofrece una bibliografía básica de fácil acceso y una guía orientativa sobre los aspectos básicos que todas las biografías deben contener (mediante un debate en gran grupo se pueden recoger sugerencias de otros apartados a incluir en el informe). También se puede sugerir a los grupos que incluyan algunos párrafos en donde se recojan ejemplos de prejuicios o discriminaciones sufridas por la científica investigada y que expongan las discriminaciones producidas contra las científicas en general.

Con el fin de que el trabajo sea realizado de un modo cooperativo, en el que todas las personas del grupo realicen sus aportaciones equitativamente, cada estudiante deberá adjuntar al resumen final del grupo una copia de sus notas y aportaciones realizadas durante el desarrollo de la investigación. Así mismo, la participación de cada persona del grupo en la



presentación oral debe ser también equitativa y aunque pueden valerse del resumen final escrito, la presentación no puede consistir en una lectura del mismo, sino que como ya se ha comentado antes, deberán utilizar distintos recursos o soportes para su presentación. Para garantizar la participación de la audiencia cada estudiante deberá tomar notas durante las exposiciones que serán recogidas y tenidas en cuenta en la evaluación final de la experiencia. Esta experiencia podría completarse, si el tiempo o el interés del alumnado así lo requiriesen, con la invitación de alguna científica de la ciudad o de la Universidad, para que cuente su biografía. Con ello, se pretende dar al alumnado la oportunidad de conocer ejemplos y experiencias tangibles de mujeres profesionales del campo de la ciencia y la tecnología. Biografía recomendada para la elaboración de las biografías: Fölsing (1992), Stille (1995), McGrayne (1998), Marco (1994) y Sánchez (1999).

### **5.8.9. Guía orientativa para la elaboración de las biografías**

En el apartado 6.3. de este libro puede encontrarse una ejemplificación de un informe-resumen elaborado siguiendo esta guía orientativa sobre la biografía de Rachel Carson.

#### Información personal:

- Fechas y lugares de nacimiento y defunción.
- Nombre y origen de la madre y del padre.
- Clase social, religión, etnia,...

Educación: Títulos de bachillerato, licenciatura, master, doctorado. Indicando la fecha de obtención de títulos, la escuela, instituto o universidad y la materia o área de conocimiento de la titulación. Si la científica investigada no ha recibido instrucción o educación formal debe explicarse qué tipo de educación recibió y cómo llegó a ser conocida en su campo de estudio.

#### Investigación:

- Formación como investigadora.
- Problemas científicos que investigó.
- Desarrollo de sus investigaciones y contribuciones científicas.

#### Experiencia laboral:

- Profesión o profesiones desempeñadas.

- Fechas, lugar y descripción de los empleos (4 o 5 como mínimo). En algunos casos también se reseñarán los trabajos no remunerados.

Habilidades profesionales: Plantear ejemplos de habilidades o destrezas (4 o 5 como mínimo) que posea la científica investigada y que le hayan servido para alcanzar éxito en su campo de trabajo.

Premios, nombramientos y distinciones (incluyendo fechas, nombre del premio, descripción de la actividad por la que fue premiada y opinión del grupo sobre por qué considera que fue merecido el galardón).

Actividades, intereses y aficiones sociales y culturales:

- ¿Qué le gusta/gustaba hacer a la científica investigada? Indicad su conexión con el mundo científico.

- Compromisos sociales y políticos.

Breve descripción del contexto socio-político y de la situación de las mujeres en su época.

Cuestiones para la reflexión: analizad y discutid las siguientes cuestiones y añadid los resultados consensuados por el grupo al final de la biografía de vuestra científica:

- ¿Qué obstáculos tuvo que superar vuestra científica tanto en su formación científica como para tener éxito o reconocimiento en el mundo científico?
- ¿Qué tipo de tratamiento recibe en los libros y manuales de ciencias? Comparadlo con el de los científicos de su época?
- ¿Qué tipo de prejuicios contra las mujeres, científicas y no científicas, habéis encontrado al realizar la investigación sobre vuestra científica? Quizá sea necesario contrastar vuestras opiniones con las de otros grupos para obtener un amplio abanico de ideas.

## **6. Biólogas y geólogas del siglo XX**

Es un hecho que la mujer ha sido discriminada sistemáticamente en el ámbito de la ciencia, sin embargo, se debe destacar que algunas áreas de las ciencias biológicas han sido menos reacias a aceptar mujeres en su comunidad científica. Por este motivo, algunas mujeres han realizado contribuciones científicas relevantes en el campo de la biología.

En cuanto a las ciencias geológicas, la participación de mujeres parece haber sido menor que en biología. Lo que no es constatable es si esta ausencia es real o si, por el contrario, es debida a una carencia de investigaciones con perspectiva de género en la historia de la geología, que

impide conocer la participación femenina en estas ciencias.

En la actualidad, se conocen algunas contribuciones realizadas por geólogas que fueron de gran relevancia en la aceptación de algunas de las más importantes teorías geológicas, como son, la Estructura interna de la Tierra o la Deriva continental.

Este capítulo está organizado en tres partes. En la primera se resumen las biografías de algunas destacadas biólogas: Nettie Maria Stevens, citogenetista; Rosalind Franklin, cristalógrafa de rayos X especialista en biología molecular; Rachel Carson, bióloga marina y escritora científica, pionera en alertar a la sociedad sobre los peligros de la acción humana en el medio ambiente y Lynn Margulis, considerada en los ambientes científicos la bióloga evolucionista más original y creativa de nuestro tiempo. Así mismo, se presentan las biografías de Esther Richards, Alva Ellisor y Hedwig Kniker, geólogas que trabajaron en la industria del petróleo de principios del siglo XX, de Inge Lehmann geofísica y de Marie Tharp cartógrafa oceánica.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, las mujeres empezaron a recibir Premios Nobel de Medicina y Fisiología. En el apartado 6.8. de este capítulo se aporta un cuadro resumen (6.1.) que recoge la relación de científicas premiadas, el descubrimiento por el que recibieron el Nobel y el año en que fueron galardonadas.

En la última parte del capítulo se propone una serie de actividades didácticas relacionadas con las biografías de las biólogas y geólogas de este capítulo.

### **6.1. Nettie Maria Stevens (1861-1912)**

Nació en Cavendish, Vermont (EEUU). Su madre Julia Adams murió cuando Nettie tenía 2 años. Su padre Ephraim Stevens era carpintero.

Nettie estudió en escuelas públicas de Westford hasta su graduación en 1880. Estudió Magisterio en Ciencias en la Escuela Normal Westfield (1881-83) y trabajó de maestra y bibliotecaria hasta 1896.

En esa época, la enseñanza, la enfermería y el trabajo de secretaria eran algunas de las pocas profesiones abiertas a las mujeres. Muchas universidades no admitían todavía mujeres en sus aulas.

En 1897, Nettie ingresó en la Universidad de Stanford (California). Estudió citología e

histología, dedicando los veranos a la investigación y, en 1900, obtuvo su Licenciatura. Ese mismo año, se trasladó a hacer el doctorado al *Bryn Mawr College* de Pennsylvania.

Antes de finalizar su doctorado ya había destacado por sus investigaciones en el estudio microscópico de la estructura y función de los protozoos, y en el desarrollo de embriones en formas de vida inferiores. Había obtenido dos becas para estudiar en Nápoles (Italia) y en Würzburg (Alemania) (1901-1902). En 1903, defendió su tesis doctoral y se quedó como profesora en el *Bryn Mawr*.

Ese mismo año, recibió una beca de la *Carnegie Institution* (1903-1905) y empezó sus investigaciones sobre "los aspectos histológicos de las cuestiones hereditarias, en conexión con las leyes de Mendel". Tema en el que también estaba trabajando Edmund Wilson (1856-1939).

Según las ideas aceptadas en biología en la época, el sexo se determinaba por factores externos, tales como la temperatura o la alimentación de la madre.

En 1905, Stevens y Wilson llegaron al mismo tiempo a conclusiones similares y publicaron, por separado, el resultado de sus investigaciones. En el artículo de Nettie Stevens, titulado: *Estudios sobre la espermatogénesis con especial referencia al "cromosoma accesorio"*, fruto de sus investigaciones con larvas del escarabajo de la harina *Tenebrio molitor*, la autora describe cómo al investigar los gametos de esta especie, observó que en todos los óvulos había 10 cromosomas grandes (cromosomas X), mientras que había dos clases de espermatozoides, unos con 10 cromosomas grandes, y otros con 9 grandes y uno pequeño (cromosoma Y). También observó que en las células somáticas de las hembras había 20 cromosomas grandes, y en las de los machos 19 grandes y uno pequeño (Ogilvie, 1986).

De todo ello concluyó que la determinación sexual del *Tenebrio* se debía a un par de cromosomas de distinto tamaño, y que dependía del tipo de espermatozoide que hubiese fecundado al óvulo. Debido a la variedad de casos en distintas especies, tanto Stevens como Wilson dudaron a la hora de generalizar estas conclusiones hasta que se hubiera estudiado la espermatogénesis de muchas otras especies.

En el momento de la publicación del citado artículo, para la comunidad científica, estuvo claro que tanto Stevens como Wilson, por separado, habían realizado el mismo descubrimiento. Sin embargo, al pasar los años, empezó a perderse el nombre de Stevens y mucha gente llegó a creer que Wilson era el único autor del descubrimiento. Este error ha sido corregido hace relativamente poco tiempo gracias a investigaciones realizadas en historia de

la biología con perspectiva de género.

En 1905, recibió el Premio *Ellen Richards* y consiguió su mayor rango académico como Profesora Asociada en Morfología experimental. En 1908 pasó un año investigando con T. H. Boveri (1862-1915) en Würzburg.

En 1912 murió de cáncer de pecho, sin poder llegar a ocupar la plaza de Profesora de Investigación concedida por el *Bryn Mawr*.

## **6.2. Rosalind Elsie Franklin (1920-1958)**

Nació en Londres, en una familia judía acomodada que tenía una larga tradición de activismo social y apoyo a los derechos de las mujeres. Su padre, Ellis Franklin, era un rico banquero. Su madre Muriel Waley también provenía de una familia judía adinerada con inquietudes intelectuales y artísticas. Rosalind tuvo tres hermanos y una hermana.

Se educó en la escuela femenina *St. Paul* de Londres, donde desarrolló su interés por la ciencia, primero por la astronomía y después por la física y la química. Desde los 15 años deseó dedicarse a la ciencia.

En 1938, a pesar de la oposición inicial de su padre y gracias al apoyo de su tía, Alice Franklin, y de su madre, ingresó en el *Newnham College* de la Universidad de Cambridge y se graduó en Química-Física en 1941.

De 1942 a 1946, trabajó como investigadora auxiliar en la Asociación Británica para la Investigación sobre la Utilización del Carbón. Sus investigaciones sobre la microestructura del carbón dieron lugar a la publicación de cinco excelentes artículos. En 1945 defendió su tesis doctoral en la Universidad de Cambridge. Con tan sólo 26 años ya era considerada una autoridad en el campo de la química industrial.

De 1947 a 1950 vivió en París. Trabajó en el Laboratorio Central de Servicios Químicos del Estado investigando en cristalografía de rayos X. Mejoró notablemente los métodos de difracción de rayos X para determinar las estructuras de sustancias grandes y complejas, desarrollando a la vez los análisis matemáticos correspondientes. Publicó unos 12 artículos sobre carbonos grafitados y no grafitados.

En 1951, volvió a Londres para trabajar como investigadora en el *King's College* de la Universidad de Londres. John Randall, director del laboratorio de biofísica, le había ofrecido

una beca de investigación *Turner-Newall* para que se encargara de organizar una unidad de difracción de rayos X y abordara el estudio, ya en marcha, de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN). Maurice H.F. Wilkins (1916- ), investigador del mismo laboratorio, estaba trabajando en el mismo problema.

Parece ser que desde un principio surgieron problemas entre Wilkins y Franklin. Él pensaba que Rosalind había sido contratada como asistente suya, y ella, que sabía que no existía tal jerarquía entre ambos, había asumido que tenía que trabajar sola en el proyecto del ADN. Todo ello condujo a una situación insostenible en la que Franklin y Wilkins llegaron a no dirigirse la palabra (Sayre, 1997).

Tras ocho meses en el *King's College*, y una vez puesto a punto el laboratorio para el estudio del ADN mediante difracción de rayos X, en septiembre de 1951, Rosalind Franklin, trabajando sólo con la ayuda de su doctorando Raymond Gosling, descubrió que la forma del ADN cambiaba completamente en función de la cantidad de agua que absorbía. Se transformaba de la forma A (seca) a la llamada forma B (húmeda). Había obtenido, por difracción de rayos X, los mejores diagramas del ADN que se conocían hasta el momento.

Rosalind interpretó correctamente las imágenes de la forma B como indicativo de una estructura helicoidal del ADN, con los grupos fosfato hacia el exterior y puentes fosfato-fosfato entre las hélices, interrumpidos por moléculas de agua. No publicó sus resultados ya que quería conseguir pruebas concluyentes, no suposiciones.

Paralelamente, en el laboratorio Cavendish de Cambridge, James Watson (1928- ) y Francis Crick (1916- ) empezaron a interesarse por el estudio del ADN, aunque éste no era un proyecto de su laboratorio, y su director Lawrence Bragg nunca alentó una posible competición entre los dos laboratorios (Sayre, 1997).

En su investigación, Watson y Crick utilizaban una metodología basada en la construcción de modelos, mientras que Franklin utilizaba además una metodología experimental mediante difracción de rayos X, seguida de complejos cálculos matemáticos, para la interpretación de los diagramas.

En noviembre de 1951, Franklin impartió un seminario en el *King's College*, sobre el estado y los últimos datos de sus investigaciones sobre el ADN. A este seminario asistió Watson, pero según él mismo ha relatado en su libro *La doble hélice*, no tomó notas y parece ser que no comprendió el alcance de los resultados de Franklin. Él y Crick construyeron un modelo de tres cadenas, con el eje azúcar-fosfato en el centro de la molécula, que resultó ser totalmente

erróneo y fue corregido por Rosalind. A la vista del error, Bragg prohibió a Watson y Crick trabajar sobre el ADN.

A finales de 1951, Franklin y Gosling se concentraron en la investigación de la forma A. Inicialmente, estaba convencida de que esas imágenes también mostraban una estructura helicoidal. Después cambió de opinión y continuó por un camino equivocado hasta enero de 1953.

Por otro lado, en enero de 1953, Linus Pauling (1901-1994) que también investigaba la estructura del ADN, en Estados Unidos, envió un artículo que iba a publicar en el que también especulaba sobre un modelo helicoidal para el ADN.

En febrero, Watson se lo comentó a Franklin, pero ésta no estuvo de acuerdo, por falta de pruebas. Entonces, Wilkins, a espaldas de Franklin y sin pedirle permiso, mostró a Watson la foto de la forma B obtenida por ella. Watson, además, recibió (de una manera bastante irregular, poco ética y sin saberlo Rosalind) otros datos adicionales, también obtenidos por ella. Con toda esa información, que Watson no supo interpretar en el seminario impartido por Rosalind en 1951, al analizar los informes de Franklin, Crick se dio cuenta de que una de las cadenas exteriores de la molécula de ADN debía ir hacia arriba y la otra hacia abajo. Watson, en un descubrimiento fortuito, consiguió determinar qué pares de bases forman los "peldaños de la escalera helicoidal": Adenina con Timina o Guanina con Citosina. El 6 de marzo, Watson y Crick enviaron un artículo a la revista *Nature* comunicando que habían resuelto la estructura del ADN.

Por su parte, Rosalind, en febrero de 1953, había vuelto a investigar la forma B, estaba segura de que era helicoidal, de que la hélice estaba formada por dos cadenas y de que los grupos fosfato estaban en el exterior de la hélice. El 17 de marzo, junto con Gosling, finalizó un artículo resumiendo lo que sabían sobre la forma B. Al día siguiente la revista *Nature* le comunicó, que Watson y Crick habían encontrado la estructura del ADN y le ofreció la posibilidad de que ella y Wilkins contribuyeran con algún artículo para publicarlos conjuntamente.

Rosalind, convencida de que el nuevo modelo de Watson y Crick era correcto, revisó su artículo del 17 de marzo y lo modificó ligeramente para apoyar las hipótesis del modelo de Watson y Crick.

El 25 de abril, se publicaron el artículo de Watson y Crick y como complementarios los de Franklin y Gosling, por un lado, y Wilkins, Stokes y Wilson, por otro. Efectivamente,

completaban el modelo de Watson y Crick ofreciendo la evidencia experimental que lo confirmaba, ya que el artículo de Watson y Crick, de no más de 1000 palabras, ofrecía sus hipótesis sin pruebas. No citaba artículos previos, ni incluía revisión bibliográfica alguna. Tampoco citaba a los personajes científicos que le habían aportado los datos empíricos para la construcción de su modelo (McGrayne, 1998).

Tras estos hechos, Rosalind estaba tan desencantada en el *King's College* que decidió abandonarlo y empezó a dirigir un grupo de investigación en el *Birkbeck College*. Randall permitió que Franklin abandonara el laboratorio de biofísica conservando su beca de investigación *Turner-Newall*, pero se le prohibió continuar investigando sobre el ADN, e incluso continuar dirigiendo la tesis de Gosling. Rosalind no abandonó a Gosling, mantuvo su dirección, medio en secreto, hasta que finalizó su tesis doctoral y llegaron a publicar algunos trabajos conjuntamente.

En su nuevo laboratorio, reanudó su trabajo sobre la estructura de macromoléculas biológicas mediante difracción de rayos X y llegó a ampliar las ideas cualitativas de Watson y Crick sobre la forma espiral del ADN, a una representación cuantitativa. Después centró sus investigaciones en los virus. Empezó por la caracterización de la estructura del virus mosaico del tabaco (VMT). En 1954 se incorporó a su grupo Aaron Klug (1926- ), un joven sudafricano que llegaría a ser Premio Nobel de Química en 1982.

En otoño de 1955, el *Agriculture Research Council* le retiró los fondos para financiar sus investigaciones y en 1956 consiguió la financiación del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos. Ese mismo año, ya enferma de cáncer, empezó a investigar el virus de la polio.

Franklin y Klug se reunieron ocasionalmente con Crick y Watson e intercambiaron información sobre sus investigaciones sobre la estructura de los virus. Franklin sentía gran respeto por la capacidad de Crick y llegó a ser muy amiga de él y de su esposa Odile, pero nunca le agradó Watson (Stille, 1995).

El trabajo que realizó en sus últimos años de vida en el estudio de los virus fue impresionante y pionero en muchos aspectos, de 1953 a 1958 publicó 17 artículos originales.

Recibió numerosos honores, entre ellos, el de organizar una exposición sobre la estructura de virus pequeños, para la *Royal Society* de Londres; la invitación a presentar su trabajo en el día dedicado a la investigación en la *Royal Institution* de Gran Bretaña y fue la encargada de preparar un modelo de su estructura del VMT, para su exhibición como motivo central de la



exposición de virus en la Feria Mundial de Bruselas de 1958.

En 1962, Watson, Crick y Wilkins recibieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, por la determinación de la estructura de la molécula de ADN: la doble hélice. Rosalind Franklin, tras sufrir tres operaciones, había muerto de cáncer de ovarios cuatro años antes.

A juzgar por lo que los tres ganadores del Nobel manifestaron en sus conferencias al recibir el Premio, nadie hubiera sabido que Franklin había contribuido a ese triunfo. De las noventa referencias que citaron en el conjunto de sus tres conferencias, ninguna fue de Franklin. Sólo Wilkins la incluyó en sus agradecimientos (McGrayne, 1998).

De nuevo encontramos un claro ejemplo de cómo una científica es desposeída de su autoridad científica, otorgándose esa autoridad a sus colegas ("rivales") de investigación. Quizá este ejemplo sea uno de los más deplorables, ya que, además, se produjo una apropiación indebida de los datos no publicados de Franklin.

### **6.3. Rachel Louise Carson (1907-1964)**

Nació el 27 de mayo de 1907 en Springdale, Pennsylvania (EEUU)

Murió el 14 de abril de 1964 en Silver Spring, Maryland, de cáncer de pecho.

- Datos familiares: Su padre, Robert, era vendedor de seguros. Su madre, Maria, que había sido maestra, transmitió a Rachel el amor por la naturaleza y la lectura. Tuvo un hermano y una hermana. Su padre murió en 1935 y su hermana en 1936, Rachel y su madre se hicieron cargo de las dos hijas de ésta. En 1957, tras la muerte de una de sus sobrinas, Rachel se hizo cargo de su hijo de 5 años. En 1958 murió la madre de Rachel.

- Educación: Graduada en 1929 por el *Pennsylvania College for Women*, empezó a investigar en el *Marine Biological Laboratory* en Woods Hole. En 1932, obtuvo el título de Master en Zoología en la Universidad Johns Hopkins de Baltimore, Maryland.

- Profesiones: escritora científica, bióloga marina, naturalista y ecologista.

- Experiencia laboral:

(1932-1935) Zoóloga en la Universidad Johns Hopkins. Enseñó zoología y estudió e investigó organismos vivos.

(1935-1940) *Junior Aquatic Biologist* en *U.S. Bureau of Fisheries*. Estudió e investigó organismos marinos. Fue una de las dos primeras mujeres contratadas para desempeñar un

puesto científico.

(1937-1964) Escritora científica. Publicó varios libros:

En 1941, *Bajo el viento marino (Under the Sea Wind)*. En 1951, *El mar que nos rodea (The Sea Around Us)*, en él advertía sobre el peligro creciente de la contaminación marina a gran escala. En 1955, *El borde del mar (The Edge of the Sea)*, centrado en la delicada red de la vida, señalaba la interdependencia de todas las criaturas vivas en las comunidades de la orilla del mar.

En 1962, publicó su libro más famoso *Primavera silenciosa* provocando gran controversia e impacto social. Con él se originó una conciencia mundial sobre el peligro de la contaminación ambiental y una preocupación social por los problemas causados por los modernos pesticidas sintéticos (especialmente el DDT) y sus efectos en las cadenas alimenticias, principalmente de las aves.

Su último libro, *El sentido de admirar (The Sense of Wonder)* fue publicado en 1965 después de su muerte. En él se anima a las personas adultas a estimular la capacidad innata de las criaturas para admirar la naturaleza y maravillarse ante ella.

(1936-1949) Trabajó como Bióloga marina para el *U.S. Fish and Wildlife Service*.

(1940-1951) Editora jefa de publicaciones del *U.S. Fish and Wildlife Service*. Escribió, editó y revisó las publicaciones preparadas por el personal del citado Servicio de publicaciones.

(1952-1964) Miembro de la *Marine Biological Laboratory Corporation*.

- Habilidades profesionales

Escritura: libros, manuales y artículos en revistas.

Oratoria: enseñanza, noticias y entrevistas en radio y televisión.

Investigación: cuestiones científicas y políticas.

Edición: revisión de artículos y documentos para su publicación.

- Premios y Reconocimientos

(1951) Elegida miembro de la *Real Sociedad Británica de Literatura* por su libro *The Sea Around Us*.

(1952) Galardonada con el *National Book Award* para obras de no ficción por *The Sea Around Us* y obtuvo una beca Guggenheim.

(1962) Elegida miembro de la *Academia Americana de las Artes y las Letras* por su libro *Silent Spring*.

(1980) Galardonada (después de su muerte) con la *Presidential Medal of Freedom* por su

trabajo como escritora.

- Actividades, intereses y aficiones: jardinería, lectura, escritura, biología marina y ecología.

#### **6.4. Lynn Alexander Margulis (1938- )**

Nació en Chicago siendo la mayor de cuatro hermanas.

Ingresó en la Universidad, en un programa para personas no graduadas, con tan sólo 14 años de edad. En 1957 se graduó en Artes Liberales en la Universidad de Chicago, en 1960 obtuvo un Master en Ciencias (Zoología y Genética) en la Universidad de Wisconsin, Madison y se doctoró en 1963, en la especialidad de Genética, en la Universidad de California en Berkeley.

Desde 1966 a 1988 perteneció al Departamento de Biología de la Universidad de Boston.

En 1977 recibió una beca *Sherman Fairchild* para investigar en el Departamento de Ciencias Geológicas y Planetarias del Instituto Tecnológico de California y en 1979, una beca *Guggenheim* para investigar sobre los tapetes microbianos.

De 1977 a 1980 presidió el Comité de la División de Ciencias del Espacio de la *Academia de Ciencias de los Estados Unidos*, dedicado a la investigación en Biología Planetaria y Evolución Química, para el desarrollo de estrategias de la NASA.

Desde 1989 es Catedrática "Distinguida" de Biología en el Departamento de Geociencias de la Universidad de Massachusetts y codirectora del Departamento de Biología Planetaria de la NASA.

En 1983 entro a formar parte de la *Academia Nacional de Ciencias de EEUU*, en 1997, de la *Academia Rusa de Ciencias Naturales* y en 1998, de la *Academia de las Artes y las Ciencias de los EEUU*. Ese mismo año, fue investida Doctora *Honoris Causa* por la Universidad Autónoma de Madrid y posteriormente por la Universidad de Valencia. Cuenta también con otros seis doctorados honorarios.

También ha recibido otras distinciones: en 1992, la Medalla *Chancellor* de la Universidad de Massachusetts, que se concede al profesorado universitario "Distinguido"; en 1998, la Medalla *Nevada* del Instituto de Investigación *Desert*, que se concede a personalidades eminentes de la Ciencia y de la Ingeniería; en marzo de 2000 recibió de manos del Presidente William Clinton la Medalla Nacional de la Ciencia de los EEUU correspondiente al año 1999; en 2001 recibió la *Commonwealth Award for Interpretive Scientist* otorgada por el

*Massachusetts Cultural Council* y en la primavera de 2002 el premio *Alexander Von Humboldt*.

Hacia 1967, basándose en los estudios de principios del siglo XX del ruso Kostantin Merezhovsky (1885-1921), que habían sido rechazados por la ciencia oficial del momento, Margulis formuló su Teoría de la endosimbiosis en serie, también denominada simbiogénesis. Tanto ella como su teoría fueron criticadas durante años por la comunidad científica. Sin embargo, gracias a la persistencia de Margulis, actualmente es aceptada como una teoría plausible que puede ofrecer una explicación convincente a la evolución de las células eucariotas.

Esta teoría pretende explicar cómo dos seres vivos, de dos especies distintas, se asocian para vivir juntos dando lugar a una nueva especie. Se basa en dos conceptos biológicos, a saber:

- La división más fundamental de la organización del mundo vivo es la que hay entre procariotas (organismos cuyas células carecen de núcleo) y eucariotas (cuyas células poseen núcleo), es decir, entre bacterias (sin núcleo) y otros organismos constituidos por células nucleadas (protoctistas, plantas, hongos y animales).
- Algunas partes de las células eucariotas surgieron directamente de la formación de asociaciones permanentes entre organismos diferentes, por simbiosis.

A diferencia de las bacterias, las células de las plantas y de los animales tienen núcleo. Contienen también orgánulos, como las mitocondrias y los plastos, cuyos lejanos antepasados eran bacterias.

Gracias a la asociación de ciertas bacterias con otras bacterias con las que establecieron inicialmente una relación de simbiosis intracelular, se obtuvieron los primeros protoctistas, organismos eucarióticos, a partir de los que se derivaron los otros tres reinos eucariotas: hongos, plantas y animales. Las asociaciones fueron sucediendo a lo largo del tiempo y no fueron simultáneas, de ahí el término endosimbiosis en serie.

Margulis está convencida de que la simbiogénesis es un proceso mucho más frecuente de lo que creen quienes apoyan las teorías evolucionistas continuadoras de la tradición darwiniana, tradición que concede mucha más importancia a la competencia que a la cooperación en el proceso evolutivo. Según Margulis, este tipo de "bodas" simbióticas son la esencia de la evolución de las especies a todas las escalas. Sin embargo, Margulis recalca que no es lo mismo cooperación que simbiogénesis. "Cooperación significa trabajar juntos y habla de sociología, de personas. Y simbiogénesis quiere decir organismos de distintos tipos, de

especies diferentes que viven en proximidad física” (Aznárez, 2002). En la simbiosis, nadie gana ni pierde, sino que hay una recombinación. Se construye algo nuevo.

La gran contribución de esta científica ha afectado al discurso evolucionista, que se ha visto enriquecido con sus grandes esfuerzos por revelar las grandes implicaciones latentes en la historia del mundo microbiano. Margulis ha demostrado que las células nucleadas o eucariotas –de las que están hechos todos los hongos, las plantas, los animales y numerosos seres unicelulares- no sólo descienden de bacterias, sino que son literalmente amalgamas de células bacterianas diversas.

Como explica Margulis, en su libro *El planeta simbiótico (The Symbiotic Planet, 1998)*, en la simbiogénesis de la célula eucariota hay cuatro partes: el origen del núcleocitoplasma; los cilios –que también son centriolos, etcétera-; la parte de mitocondria, y la parte de plástidos. En la actualidad, todo está probado, documentado, menos la parte de los cilios, que no está probada totalmente y es en ese aspecto en el que Margulis continúa trabajando hasta conseguir que esa parte esté bien documentada (Aznárez, 2002).

De este modo, Margulis, sin romper totalmente con los postulados de Darwin y de sus sucesores, ha sabido demostrar el valor de la simbiosis como mecanismo evolutivo. El proceso de especiación está directamente ligado a la adquisición de simbioses, y esta teoría, junto con el darwinismo original, permite explicar mucho mejor la evolución (Martínez, 2000).

Durante el proceso de desarrollo y verificación de su Teoría de la simbiogénesis, hacia 1972, conoció al británico James E. Lovelock (1919- ), químico de la atmósfera. Éste acababa de postular, tres años antes, su hipótesis de la Tierra como un sistema autorregulador, más conocida como hipótesis Gaia (en honor de la diosa griega de la Tierra). Sin embargo, Lovelock desconocía el mecanismo por el cuál la Tierra podía controlar su temperatura y la composición de su atmósfera. Sabía que los procesos autorreguladores debían involucrar organismos vivos, pero no sabía cuáles. Margulis estaba estudiando los mismos procesos que Lovelock, investigando la producción y eliminación de gases por diversos organismos, incluidas las bacterias. La colaboración de ambos fue ideal para la investigación: ella podía clarificar cuestiones relacionadas con los orígenes biológicos de los gases atmosféricos y él aportaba conceptos de química, termodinámica y cibernética.

Juntos desvelaron una compleja red de bucles de retroalimentación que era la responsable de la autorregulación del planeta. Estos bucles vinculan sistemas vivos con no vivos.

Demostraron que existe una íntima relación entre las partes vivas del planeta (plantas, microorganismos y animales) y las no vivas (rocas, océanos y atmósfera).

La hipótesis Gaia contempla la vida de un modo sistémico, uniendo geología, microbiología, química y otras disciplinas. En los últimos años han abundado los descubrimientos científicos que explican el cambio en la composición de la atmósfera terrestre en referencia a la evolución de las especies; relacionan los intercambios de gases de la atmósfera, el suelo y los océanos con el metabolismo de los seres vivos; e incluso dan un origen orgánico a algunos fenómenos climáticos y meteorológicos.

Inicialmente, la hipótesis recibió el rechazo de la comunidad científica. Fue acusada de teleológica, es decir, que implicaba la idea de que los procesos naturales suceden por un propósito. Sin embargo Margulis y Lovelock nunca dijeron que la autorregulación planetaria estuviera dotada de un propósito. Revistas como *Nature* y *Science* rechazaron su publicación. Finalmente, Carl Sagan les invitó a publicarla en su revista, *Icarus*, en 1974.

Con la hipótesis Gaia, la mirada de Margulis se eleva de lo microscópico a lo global: la Tierra es un auténtico sistema vivo, una amalgama palpitante a escala global de los organismos y el mundo físico inanimado. Gaia es el gran ecosistema que constituye la biosfera del planeta, es el conjunto de todos los ecosistemas de la Tierra. La biota (suma de todos los organismos que han existido y existen) interacciona con los materiales de la superficie del planeta y mantiene unas condiciones concretas de temperatura, composición química de la atmósfera y alcalinidad, las cuales son favorables para la vida.

En definitiva, para Margulis, la vida no es "una cosa" sino un proceso continuo. La vida es un fenómeno en el que se da un flujo de materia y energía, que se mantiene a sí mismo y que se rige por sus propias leyes, más allá de la simple física y química.

Margulis es autora de más de cien artículos en revistas internacionales, ha publicado unos 60 libros, científicos y de divulgación, así como vídeos didácticos, principalmente de microbios y plantas. También ha participado en el desarrollo de materiales didácticos de ciencias para distintos niveles educativos, tanto para educación secundaria ("*Living Sands: Mapping Time and Space with Foraminifera*") como para estudiantes de licenciatura, referentes a los ciclos biogeoquímicos del azufre.

En 1981 publicó con Evelyn Hutchinson *Symbiosis in Cell Evolution. Life and Its Environment on the Early Earth*, donde desarrolló, por primera vez, su teoría sobre el papel que jugó la simbiosis en el origen de la célula eucariota.

En 1982 publicó, con Karlene Schwartz, *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra* (edición en castellano en 1985), en él se describen e ilustran todos los grupos principales de organismos pertenecientes a los cinco reinos, propuestos en 1959 por Robert H. Whittaker (1924-1980).

También es coautora de más de quince libros con su hijo Dorion Sagan, poeta y divulgador científico:

En 1986, *Microcosmos* (edición en castellano en 1995), donde desarrolla su Teoría de la simbiogénesis y la vincula a la Teoría de la evolución, relatando lo que ha ocurrido en los cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos.

En 1995, *¿Qué es la vida?* (edición en castellano en 1996), completa su teoría y se interroga acerca del origen de la vida, revelándonos que nuestras células nucleadas de mamífero no sólo descienden de bacterias, sino que son amalgamas de cepas bacterianas diversas.

En 1997, *¿Qué es el sexo?* (edición en castellano en 1998), explica que hay dos tipos de sexualidad fundamentales: en el primero, propio de bacterias y organismos poco evolucionados, se produce un movimiento de ADN; en el segundo, se produce una fusión de células especializadas. El sexo en el mundo bacteriano sólo se produce cuando las condiciones ambientales son adversas. Cuando las condiciones ambientales son favorables, la forma de reproducción escogida es la asexual. En el caso de los seres humanos el placer vinculado al sexo es un valor añadido al de la permanencia del linaje.

También han escrito juntos, entre otros: *Origins of Sex* (1986), *Garden of Microbial Delights* (1988), *Danza Misteriosa: la evolución de la sexualidad humana* (1992) y *Slanted Truths: essays on Gaia, Symbiosis and Evolution* (1997).

En junio de 2002, han publicado *Acquiring Genomes: A Theory of the Origin of Species*.

En la actualidad, Margulis va a publicar, en castellano y como primicia en España, un libro que ha escrito durante muchos años, titulado: *Peces luminosos (Historias de ciencia y amor)*, que recoge una colección de cuentos de ciencia.

Lynn Margulis, que ha trabajado en dieciséis países (Francia, Alemania, Suiza, Italia,...), ha realizado durante casi veinte años muchos trabajos de campo en América Latina, principalmente en México y Colombia, lo que ha hecho que la comunidad hispanohablante la haya adoptado como representante de sus intereses científicos en foros internacionales. También ha sido formadora del profesorado de Biología de los Cuerpos de Paz (*Peace Corps*) y participa en Comités de apoyo a Cuba.

En 1983 visitó por primera vez España, invitada por Joan Oró para impartir un curso sobre la evolución de la célula en Barcelona. En 1986, pasó un año sabático en Cataluña y, desde 1988, colabora con la Universidad de Barcelona y con la Universidad Autónoma de Barcelona en el estudio de los tapetes microbianos del lago de Banyoles y del Delta del Ebro.

Juntamente con Ricard Guerrero, profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona (con quien ha trabajado durante 20 años), encontró en el Estany d'en Cisó, una laguna a 300 metros del lago de Banyoles donde se dan unas condiciones especiales de total falta de oxígeno, una bacteria a la que llamaron *Daptobacter*.

Más tarde, en 1997 Margulis y su equipo identificaron, en el Delta del Ebro, una nueva bacteria, una espiroqueta bautizada *Spirosymplokos deltaiberi* por el lugar en que la encontraron. En 1999 hallaron otra nueva bacteria, una nueva forma de espirilo, cuyo tamaño era de 20 micras (20 milésimas de milímetro) unas 100 veces mayor que sus homólogos conocidos.

En los últimos años Margulis visita España con frecuencia, especialmente Barcelona, Madrid y Valencia, donde en junio de 2000 participó junto a Lovelock en la II Conferencia *Chapman*, la cumbre Gaia 2000, heredera de la celebrada en 1988 en San Diego.

Lynn también se ha interesado por la divulgación científica de sus investigaciones, reconocidas internacionalmente, sobre la evolución de los seres vivos, especialmente la de los microorganismos y ha realizado experiencias de formación del profesorado de ciencias en diversos países sobre los microorganismos y el ciclo biogeoquímico de la materia, entre otros. Muchas de sus ideas, ya clásicas, se recogen en los libros de ciencias de educación secundaria, aunque en la mayoría de ellos no aparece su nombre. Algunas de sus propuestas son tan conocidas como la clasificación de los cinco reinos (Moneras, Protoctistas, Hongos, Plantas y Animales) o el origen endosimbiótico de la célula eucariota; otras resultan polémicas como la cogeneración de la hipótesis Gaia junto a James Lovelock.

En la actualidad, Margulis, que se ha distinguido a lo largo de su carrera por formular teorías, que permitieron remover los cimientos de la ciencia ortodoxa, continua sus tareas de investigación sobre el mundo bacteriano, con la finalidad de reescribir la historia de la evolución de las especies en la Tierra mediante su Teoría de la simbiogénesis.

Margulis se casó en 1957, a los 19 años, con Carl Sagan astrónomo y divulgador científico, ya fallecido, de quien se separó tras seis años de matrimonio. Contrajo un segundo matrimonio, en 1970, con Thomas Margulis, judío de origen ruso y padre comunista, profesor de química



de la Universidad de Massachussets. Tiene tres hijos y una hija, dos de cada matrimonio. En la actualidad está divorciada desde hace 25 años, aunque ha mantenido su apellido de casada, ya que sus publicaciones científicas más relevantes las hizo con él.

### **6.5. Esther Richards Applin (1895-1972), Alva C. Ellisor (1892-1964) y Hedwig T. Kniker (1891-1985)**

En la primera década del siglo XX, tres compañías petrolíferas de Tejas, la *Humble Oil*, la *Texas Oil* y la *Rio Bravo Oil* contrataron, por primera vez, tres geólogas: Alva Ellisor y Hedwig Kniker graduadas en la Universidad de Texas, en 1915 y 1916, respectivamente y Esther Richards graduada en 1919 en la Universidad de California, Berkeley. Ellas fueron las responsables de los laboratorios paleontológicos de estas compañías en Houston.

Su interés común en la importancia de la micropaleontología forjó entre ellas un vínculo en la investigación. Al analizar las muestras extraídas con sondeos de rotación, descubrieron que algunos de los microfósiles (*Foraminifera*) presentes en las muestras aportaban información sobre la edad y el ambiente de sedimentación de cada muestra. Además, la aparición de estos microfósiles podía relacionarse con la proximidad de estratos ricos en petróleo.

Con todo ello, identificaron en las muestras analizadas los denominados fósiles índices, que aparecen sólo en sedimentos de determinada edad, y predijeron, con éxito, la distancia entre los sondeos y los depósitos de petróleo. Gracias a este nuevo método, las tres compañías para las que trabajaban estas geólogas obtuvieron grandes ventajas en el hallazgo de petróleo.

En 1921, presentaron una comunicación en el Congreso de la *Sociedad Paleontológica* demostrando la utilización de *Foraminifera* para establecer la edad de diversas formaciones subterráneas de las colinas salinas del Sur de Tejas. Su descubrimiento fue rápidamente censurado por Jesse J. Galloway, considerado en la época una autoridad en microfósiles, que tachó de absurda la utilización de microfósiles en la exploración petrolífera. No obstante, un año después casi todas las compañías petrolíferas importantes utilizaban microfósiles para determinar la localización de los depósitos de petróleo y Galloway reconoció su error en silencio.

Estas geólogas continuaron sus investigaciones en este campo publicando numerosos trabajos. Más tarde, los sondeos sísmicos sustituirían este procedimiento en la exploración petrolífera.

Esther Richards fue Profesora Asistente de Geología en la Universidad de Tejas en Austin y en 1962 fue galardonada con la *United States Department of Interior Citation for Meritorius Service*.

Alva Ellisor enseñó en la Universidad de Kansas y trabajó en el *Kansas Geological Survey*. En 1924 y en 1930 ocupó la vicepresidencia de la *Sociedad Geológica de Houston*. Antes de su jubilación en 1947, escribió un libro titulado *Rockbounds of Houston*, donde relataba el trabajo realizado por ella, Esther Richards y Hedwig Kniker en la *Asociación Americana de Geólogos del Petróleo*.

Hedwig Kniker se trasladó, en 1927, a San Angelo para trabajar primero en la *Phillips Petroleum*, y después, en la *Ricker and Dodson*. En 1930, se instaló en San Antonio y montó una consultoría propia de Servicios Paleontológicos y Estratigráficos. Durante esta época, los empresarios del petróleo que contrataron sus servicios asumieron que era un hombre, porque ella firmaba sus informes sólo con sus iniciales, ya que la geología era considerada como una profesión exclusivamente masculina.

Tras la muerte de su madre en 1941, se trasladó a Chile, donde trabajó, durante nueve años, para la *United Geophysical Company* y para la Agencia Gubernamental de Investigación Geológica, dedicándose a la exploración petrolífera del área sur del Estrecho de Magallanes. Compaginó estas investigaciones con algunas realizadas sobre Paleontología en Washington, D.C.

En 1950, se jubiló y continuó colaborando como consultora y escritora en revistas profesionales. En 1955, fue premiada por la *Sociedad Geológica South Texas*, por sus contribuciones al estudio de los procesos geológicos y por su reconocimiento internacional en el campo de la Paleontología.

## **6.6. Inge Lehmann (1888-1993)**

Geofísica danesa. Se educó en la primera escuela mixta de Dinamarca, fundada por Hanna Adler. Estudió matemáticas en la Universidad de Copenhague (1907-1910) y en Cambridge. En 1920 obtuvo su Licenciatura en Matemáticas y en 1928 en Geodesia, en la Universidad de Copenhague. Hasta los 30 años trabajó en seguros, época en que volvió a la actividad científica. Desde 1928 a 1953, fue Jefa del Departamento de Sismología del Instituto

Geodésico Danés, donde dirigió investigaciones sobre sismología, analizando datos recogidos en distintas partes de Europa.

En el transcurso de sus investigaciones, en 1936, observó que, a una profundidad de aproximadamente 5.150 km, las ondas P de comprensión de los terremotos sufrían un marcado incremento en su velocidad de propagación a través del núcleo de la Tierra. De todo ello dedujo la existencia de un núcleo sólido interno (de unos 1200 km de extensión desde el centro de la Tierra) rodeado del núcleo líquido, descubierto por Beno Gutenberg (1889-1960), que está rodeado, a su vez, por el manto. Su descubrimiento corrigió el modelo vigente en la época sobre la estructura interna de la Tierra.

En 1952 y 1962 publicó varios artículos importantes sobre sus investigaciones acerca de la velocidad de propagación de las ondas longitudinales (ondas P) en la parte superior del manto de la Tierra.

Fue una de las fundadoras de la *Sociedad Geofísica Danesa* y ocupó su presidencia en 1941 y 1944. Fue miembro de varias Sociedades Científicas europeas: primera Presidenta de la Comisión Europea de Sismología; Asociada de la *Real Sociedad Astronómica de Londres*; Miembro de Honor de la *Real Sociedad de Edimburgo*; Miembro Extranjera de la *Real Sociedad de Londres*; Miembro de Honor de la *Sociedad Europea de Geofísica* y Miembro de la *Real Academia Danesa de las Ciencias y las Letras*.

Recibió dos Doctorados *Honoris Causa*, uno en Ciencias (1964) por la Universidad de Columbia y otro en Filosofía (1968) por la Universidad de Copenhague.

A lo largo de su carrera científica recibió numerosos reconocimientos: la *Wiechert Medal*, *Deutsche Geophysikalische Gesellschaft* (1964); la Medalla de Oro de la *Real Academia Danesa de la Ciencia* (1965); la *Bowie Medal* de la Unión Americana de Geofísica (1971) y la Medalla de la *Sociedad de Sismología de América* (1977).

En 1997, la Unión Americana de Geofísica instituyó en su honor (concedido por primera vez a una mujer y además a una persona que no realizó sus investigaciones en los EEUU) la Medalla *Lehmann* para premiar las investigaciones relevantes en la comprensión de la estructura, composición y dinámica del manto y del núcleo de la Tierra.

## **6.7. Marie Tharp (1920- )**

Esta cartografía oceanográfica estadounidense creció inmersa en un ambiente de trabajo familiar que estimuló su interés y habilidades hacia la cartografía. Su padre William E. Tharp, topógrafo del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, elaboró muchos de los mapas e informes producidos en el citado Departamento.

En 1943, Marie Tharp se graduó en Inglés y Música en la Universidad de Ohio e ingresó en el Departamento de Geología de la Universidad de Michigan, que acababa de abrir sus puertas a las alumnas tres años antes. En 1944 obtuvo la licenciatura en Geología y consiguió un empleo en la Compañía de Gas y Petróleo *Stanolind*, en Tulsa, Oklahoma, donde trabajó hasta 1948. Ese mismo año, tras graduarse en Matemáticas por la Universidad de Tulsa, se trasladó a N. York. Intentó trabajar en el Museo Americano de Historia Natural, pero el tipo de trabajo a desarrollar en Paleontología no le interesó.

Ese mismo año, gracias a su polifacético curriculum, empezó a trabajar con W. M. Ewing (1906-1974) en el Observatorio Geológico *Lamont-Doherty* de la Universidad de Columbia. Bruce C. Heezen (1924-1977), estudiante llegado de la Universidad de Iowa, se unió al grupo y juntos se embarcaron en la laboriosa tarea de elaborar el mapa topográfico de los fondos oceánicos.

En 1952, con la intención de conocer la extensión de una cordillera que había en el fondo del Océano Atlántico, empezaron a explorar un terreno que nadie podía ver, por lo que tuvieron que utilizar los datos disponibles en el momento (sondeos realizados con el sonar y medidas de profundidad). La tarea era muy costosa, ya que incluso en la realización de mapas de la luna se dispone al menos de fotografías, pero en el caso de los océanos éstas no existían.

En el equipo, formado por Heezen y Tharp, existía un reparto de tareas científicas, él se encargaba de la recogida de datos y de la planificación de la estrategia, y ella se ocupaba de la realización del mapa, representando gráficamente miles de medidas.

En este laborioso proceso, en 1952, Marie Tharp realizó un descubrimiento que contribuyó a asentar los pilares de la Teoría de la Tectónica de Placas, con las evidencias que confirmaban la separación del fondo oceánico como base en la que se pudo apoyar definitivamente la hipótesis de la deriva continental.

Dicha hipótesis había sido propuesta por primera vez en 1912 por el meteorólogo alemán Alfred Wegener (1880-1930). Según su hipótesis, los continentes no eran objetos fijados a la superficie de la Tierra, sino que flotaban y se desplazaban sobre rocas fundidas del manto de la Tierra. Sugirió que originalmente sólo existió un único "supercontinente" gigante, que

denominó *Pangaea*, y, basándose en la evidencia de datos geográficos, geológicos, paleontológicos y biológicos, propuso que en el Mesozoico (hace unos 200 millones de años) Pangaea se había roto en masas de tierra más pequeñas. Mediante la deriva de estos nuevos continentes habrían surgido nuevos océanos, (entre ellos el Atlántico, formado de la separación entre América y Europa y África), originando la disposición actual de los continentes.

Wegener y su teoría habían sido inmediatamente atacados por muchos científicos de la época, que consideraban a Wegener un intruso en la geología y que rechazaron su teoría por falta de pruebas que explicaran el mecanismo que había producido la supuesta fractura y la consiguiente deriva continental.

Marie Tharp, al ensamblar los perfiles de los mapas del fondo del océano Atlántico Norte que había elaborado rigurosamente, identificó un profundo valle de fractura (rift axial) que atravesaba la cordillera (dorsal) mesoceánica del fondo oceánico del Atlántico Norte y que podía ser la cicatriz de separación entre Norte América y Europa.

Nadie se atrevió a apoyarla y su descubrimiento fue desprestigiado por el propio Heezen, su colega de investigación. Éste lo calificó de "*girl talk*" ("ocurrencia de muchacha"), a pesar de que la primera vez que Marie le había mostrado el mapa de su descubrimiento, él mismo había exclamado: "No puede ser, parece claramente una deriva continental".

Pese a todo, Tharp mantuvo su descubrimiento, estaba segura de que la deriva continental era real y empezó a buscar datos adicionales que la confirmaran. Y los encontró gracias a otro trabajo que realizaron para los laboratorios *Bell*, con la finalidad de elegir la localización más adecuada para la instalación de nuevos cables telegráficos transatlánticos.

Para este trabajo, Heezen incorporó al equipo formado por él y por Tharp, a Howard Foster, un graduado sordo de la Escuela de Bellas Artes de Boston y comenzaron a representar la localización de terremotos registrados en el océano. La representación conjunta y a la misma escala de datos registrados por sondeos y de datos procedentes de los terremotos permitió la contrastación de datos obtenidos por distintas fuentes y sirvió para evidenciar la existencia del valle de rift, que Tharp había descubierto en 1952.

Los terremotos se formaban a lo largo de una línea casi continua por debajo de la línea central de la cresta de la dorsal mesoatlántica. Además, nuevos datos obtenidos por otras expediciones revelaban características similares en las dorsales del océano Índico, mar Arábigo, mar Rojo y Golfo de Aden. En cualquier parte que hubiera una dorsal mesoceánica

había habido terremotos.

En 1956, Ewing y Heezen anunciaron, en el Congreso de Toronto de la *Unión Geofísica Americana*, el descubrimiento del sistema rift global, es decir, la existencia de valles rift a lo largo de la línea central de la cresta de las dorsales mesoceánicas.

Por otro lado, ante la imposibilidad de publicar los mapas que habían elaborado, ya que los datos eran información clasificada de la Armada de los EEUU, Heezen y Tharp decidieron elaborar un mapa fisiográfico del fondo del océano para evitar las restricciones de publicación. Estos mapas les permitieron captar las variaciones en la textura del suelo del fondo del mar, contrastando la tersura de las zonas abisales (lisas), con la rugosidad de las montañas de las cordilleras. Todo ello ofrecía una mejor visualización del fondo del océano.

En 1956, Heezen y Tharp publicaron su primer diagrama del océano Atlántico Norte en la revista del *Bell Telephone System*. La *Sociedad Geológica de Estados Unidos* reeditó el mapa en 1959. Tras la popularidad conseguida con el mapa del Atlántico Norte, en 1961, Tharp y Heezen realizaron el mapa del Atlántico Sur. La casi perfecta conformidad entre la forma de la dorsal mesoatlántica y la forma de las costas de África y Sudamérica, estimuló a muchos científicos de la época a abordar de nuevo el asunto de la deriva continental.

A continuación, acometieron la tarea de elaborar el mapa del fondo del océano Índico y lo publicaron en 1964, con motivo de la Expedición Internacional del Océano Índico. La revista *National Geographic* quiso también publicar un artículo sobre dicha expedición, pero quería ilustrarlo con una imagen más pictórica y realista que el mapa realizado a plumilla por Tharp y Heezen, por lo que contrataron también a Heinrich Berann, un paisajista austriaco. En 1967, publicaron el mapa panorámico del fondo del Océano Índico. El gran éxito conseguido con este mapa hizo que la *National Geographic* les encargara continuar la realización de los mapas del fondo del resto de los océanos. Su último mapa, el del fondo del océano Antártico fue publicado en 1975.

El siguiente paso fue realizar un mapa panorámico que reuniera todos los fondos oceánicos, tarea que comenzaron en 1973, a propuesta de la Oficina de Investigación Naval. Para ello, tuvieron que simplificar algunos de sus trabajos anteriores para adecuarlos a una escala menor, necesaria para la realización de un mapa mundial. Además, tuvieron que actualizar sus trabajos previos para incluir el ingente volumen de nuevos datos obtenidos de medidas acumuladas durante los últimos años. En 1977 publicaron el *Mapa panorámico de los Fondos Oceánicos Mundiales*.

Hasta la muerte de Heezen, ese mismo año, Tharp trabajó siempre a su sombra, sin recibir el reconocimiento científico merecido como autora o coautora de las investigaciones publicadas. Ha sido muy recientemente, ya en la década de los 90, cuando Tharp ha empezado a recibir el reconocimiento científico que merecía.

En 1997, Marie Tharp recibió la mención honorífica de la Biblioteca del Congreso de EEUU por sus importantes contribuciones al campo de la cartografía de los fondos oceánicos. En 1999 ganó el Premio Mujeres Pioneras en Oceanografía, concedido por el Comité de Mujeres de la Institución Oceanográfica *Woods Hole*.

## **6.8. Científicas Premios Nobel de Fisiología y Medicina**

A partir de la segunda mitad del siglo XX, las mujeres empezaron a recibir Premios Nobel de Medicina y Fisiología. Sus biografías no se incluyen en este libro, ya que existe material publicado al respecto: Fölsing (1992); McGrayne (1998); Stille (1995); Keller (1984); Levi-Montalcini (1989); Holloway (1993). No obstante, a continuación se presenta un cuadro que recoge la relación de científicas premiadas, el descubrimiento por el que recibieron el Nobel y el año en que fueron galardonadas.

Cuadro 6.1. Científicas Premios Nobel de Fisiología y Medicina

## **6.9. Sugerencias para trabajar en el aula**

A continuación, se proponen algunas actividades para trabajar con el alumnado tras la lectura de las biografías anteriores y de los textos que se incluyen en las actividades. En la mayoría se abordan aspectos relacionados con el género que han estado presentes en las vidas de las científicas y en algunas, sin dejar de lado dichos aspectos, se introducen cuestiones de educación ambiental susceptibles de abordarse en clases de ciencias de secundaria.

### **6.9.1. La determinación cromosómica del sexo**

Esta actividad podría incluirse una vez trabajado el tema de las Leyes de Mendel, y, tras la lectura de la biografía de Nettie Stevens, se podrían sugerir las siguientes cuestiones:

- Explicad las ideas sobre la determinación del sexo que había en la época y cuáles fueron las aportaciones de Nettie Stevens.
- Explicad en qué casos nacerá una hembra y en cuáles un macho según lo descubierto por Nettie Stevens y Edmund Wilson.
- ¿Se produce una determinación cromosómica del sexo de un nuevo organismo en todas las especies conocidas?
- Explicad la relación entre la determinación cromosómica del sexo y la Teoría mendeliana de la herencia.
- ¿Por qué habrá llegado a atribuirse la autoría de este descubrimiento a Wilson en solitario, durante una época de la historia de la biología?

### **6.9.2. Los obstáculos encontrados por Rosalind Franklin en su formación y carrera científicas por ser mujer**

Son varias las dificultades encontradas por Rosalind a lo largo de su formación y carrera científicas. A continuación, se presentan tres textos que relatan algunas discriminaciones que sufrió Rosalind y que padecía cualquier científica de su época.

- Ellis Franklin (padre de Rosalind) dudaba abiertamente si era útil o sensato dar una educación profesional a las chicas y, aunque admitía que pudiera haber excepciones, no está claro que considerase a su hija como una de ellas. Desde su punto de vista había razones objetivamente válidas para dudar. Rosalind no tenía ninguna necesidad de ganarse la vida porque su familia podía mantenerla adecuadamente, por lo que no podía ser incluida en el grupo de chicas para las que una profesión era la mejor forma de asegurarse un futuro. Además, una profesión no siempre era gratificante para una mujer, y si en los años treinta había en Inglaterra mujeres trabajando seriamente en ciencia, ninguna de ellas había dejado un rastro muy visible. Ni habían sido elegidas miembros de la *Royal Society* ni habían tenido cargos importantes en la universidad.... Lo que le ofrecía como alternativa, era dedicarse seriamente y con total entrega a algún tipo de trabajo de asistencia social como voluntaria. En esta época, ésta seguía siendo una contribución esencial para el bienestar general. Había dado y seguía dando grandes satisfacciones a las mujeres del estrato social de Rosalind y en último extremo se convertía en parte esencial de sus vidas.

...Rosalind quizá estaba en lo cierto al pensar que a sus hermanos nunca se les hubiera sugerido el voluntariado



como profesión, pero lo que quizá no supo percibir fue que esa actitud tenía más que ver con la sociedad en general que con su propia situación. Nadie analizaba con rigor las tendencias de la sociedad con respecto a la inteligencia femenina. Pocas familias educaban a sus hijas como a sus hijos, por la sencilla razón de que las diferencias en los destinos de las mujeres y de los hombres eran enormes y estaban prácticamente aceptadas en todas partes. Los chicos crecían para tener un trabajo, ejercer una carrera y mantener una familia. Había que estimular y tener muy en cuenta sus ambiciones y aspiraciones. En este modelo casi no encajaban las ambiciones y aspiraciones normales de las chicas, pero las que nunca encajarían serían las dirigidas a alcanzar la independencia.

...La educación superior en Inglaterra estaba prácticamente vinculada a las Universidades de Oxford y Cambridge... Cambridge respondió a la idea de la educación superior de la mujer permitiendo, con unas condiciones un tanto peculiares, la fundación del *Girton College* en 1869, y, casi de manera simultánea, Oxford aceptó mujeres en más o menos los mismos términos. ...Parte del absurdo consistía en que Cambridge concedía a las mujeres unas licenciaturas "nominales" que mantuvo desde 1922, sin conceder las "reales", o sea, las que obtenían los hombres, hasta 1947. La diferencia era de tipo práctico. Las licenciaturas obtenidas en Oxford y Cambridge incluyen una graduación superior, el *Master of Arts*, que confiere derecho a pertenecer al órgano legislativo, que es el que gobierna la Universidad...Sin embargo, esas licenciaturas "nominales" de las mujeres no tenían derecho ni a voz ni a voto en el gobierno de la Universidad, e incluso los propios *Colleges* femeninos, que funcionan como parte de la Universidad, no estaban representados en el órgano que realmente les gobernaba. ...Por otro lado, si una mujer tenía una beca para trabajar en alguno de los *Colleges* femeninos se esperaba que renunciase a ella al casarse. Esta norma tan severa de penalizar el matrimonio había desaparecido de los *Colleges* masculinos en 1870 (Sayre, 1997).

- A la hora de la comida, Franklin descubrió que el *King's College* era considerablemente más formal que París. A pesar de que un número considerable de científicas formaba parte del personal empleado en el *College*, éstas tenían prohibido comer con los hombres en la sala común de ellos (amplia, confortable y con atmósfera de club privado); las mujeres (de cualquier edad y categoría) tenían que comer en la cafetería de estudiantes o fuera del edificio; las mujeres no estaban invitadas. Como resultado de esta marginación, los hombres charlaban sobre ciencia de manera informal con sus colegas, mientras que las mujeres debían desenvolverse en una atmósfera de despacho mucho más formal. Más tarde, Franklin concluiría que el *King's* también era frío para la gente extranjera o judía (McGrayne, 1998).

- Ocasionalmente se habló de que Rosalind había tenido dos clases distintas de sufrimientos, el de ser una científica y además una mujer. Sin duda, había algunas restricciones irritantes -ella no podía beber café en las salas de la facultad reservadas a los hombres-, pero éstas eran de naturaleza secundaria, al menos así me lo parecía en aquel entonces. Hasta donde yo podía ver, sus colegas trataban igual a los científicos masculinos y femeninos □Crick, F. (1988): *What a Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery*. Basic Books. N. York□.

- ¿Creéis que hoy en día todavía se sigue educando de distinta manera a las chicas y a los chicos? Argumentad la respuesta y dad ejemplos.

- ¿Es tan distinto y estereotipado el futuro de las mujeres y de los hombres en la actualidad como lo eran en la época en que Rosalind decidió ir a la universidad?
- ¿Cómo puede explicarse el hecho de que después de cursar los mismos estudios universitarios, las mujeres, de la época de Rosalind, no recibieran titulaciones oficiales iguales a las de sus compañeros de estudios?
- ¿Consideráis aceptable que las mujeres que trabajaban en el *King's College* en la época de Rosalind, tuvieran prohibido el acceso a las salas de reunión de los hombres?
- ¿Creéis que este tipo de discriminaciones y obstáculos podían influir en la producción científica de las mujeres de ciencia y disminuir su interés por permanecer en las profesiones científicas?
- ¿Conocéis otras científicas que sufrieran este tipo de discriminaciones?
- ¿Estáis de acuerdo con Crick cuando, al final del tercer texto, opina que los colegas de Rosalind "trataban por igual a los científicos masculinos y femeninos"?

### **6.9.3. La desautorización de la valía científica de Franklin**

En 1968, James Watson publicó un libro titulado *La doble hélice*, que además de provocar gran controversia en la comunidad científica, distorsionó bastante los sucesos realmente ocurridos en el transcurso de las investigaciones que condujeron a la determinación de la estructura del ADN. Los personajes que aparecían en el libro estaban todavía vivos y pudieron defenderse y rebatir las opiniones de Watson, sin embargo, Rosalind Franklin había muerto diez años antes, por lo que no tuvo la oportunidad de corregir la infundada versión de Watson, que la había convertido en una caricatura, una especie de cenicienta sabihonda y respondona, en el laboratorio de Maurice Wilkins. A continuación se incluyen algunos ejemplos del tratamiento que dio Watson a Rosalind, a quien en su libro llamaba despectivamente "Rosy". Los dos primeros textos aluden a sus características personales y los tres últimos a sus métodos de investigación.

- Rosy, conscientemente, no hacía nada por subrayar sus características femeninas. A pesar de sus rasgos acentuados, no dejaba de ser atractiva y hubiera sido irresistible con que sólo hubiera mostrado el mínimo interés por su vestimenta. Pero no lo hizo, jamás usó un lápiz de labios, cuyo color quizá hubiera contrastado con su oscuro cabello, y a sus treinta y un años llevaba unos trajes tan faltos de fantasía como los de una adolescente

inglesa marisabidilla. Por esto, uno puede imaginarse a Rosy como el producto de una madre insatisfecha, que considera deseable sobre todas las cosas el que las chicas inteligentes aprendieran un trabajo que las protegiera de un matrimonio con hombres aburridos □ Watson, J. (1968): *The Double Helix*. Atheneum. N. York□.

- En noviembre de 1951, Watson asistió al seminario impartido por Rosalind en el *King's College*, podía haber obtenido nueva información, muy útil para su investigación del ADN, pero quizá por orgullo o soberbia, no tomó notas en la conferencia y estuvo tan ocupado analizando la apariencia física de Franklin que luego no fue capaz de recordar los datos correctamente. Más tarde en su libro, en el que ridiculizaba la personalidad y el talento científico de Franklin, Watson criticó su conferencia como si se tratara de un concurso de belleza: "No había ni un sólo indicio de entusiasmo o frivolidad en sus palabras". Rosalind nunca usó gafas, pero él se las puso en su imaginación: "cómo resultaría (Rosalind) si se quitara las gafas y se peinara de otro modo". Watson pensó que la audiencia temía a "Rosy, la asistente de Maurice" (como él la denomina)... "el que una mujer no te deje aventurarte a opinar de un tema en el que no estás muy versado... te hacía acordarte de recuerdos desagradables de tu infancia escolar" (McGrayne, 1998).

- ...Yo (Wilkins) quizá debería haberle pedido permiso a Rosalind pero no lo hice. La situación era muy difícil. ...Si las cosas hubieran sido medianamente normales por supuesto le hubiera pedido permiso, aunque si hubiera habido algo parecido a la normalidad, la cuestión de los permisos ni se hubiera contemplado... Yo tenía esa foto y ahí había una hélice clarísima, no se podía escapar. Se la enseñé a Jim (Watson) y le dije, "Mira, aquí está la hélice y esa maldita mujer (Franklin) no es capaz de verla". Y él por supuesto cogió la idea (Sayre, 1997).

- Los años de aprendizaje aburrido en cristalografía dejaron marca en Rosalind. No podía tirar por tierra las ventajas de una rígida formación en Cambridge, utilizándola de una manera equivocada. Para ella, estaba clarísimo que la única vía para resolver la estructura del ADN eran los abordajes puramente cristalográficos. La idea de utilizar una especie de juguetes de hojalata para resolver estructuras biológicas era un último recurso □ Watson, J. (1968): *The Double Helix*. Atheneum. N. York□.

- Ella (Franklin) tenía la opinión de que el adivinar la estructura probando distintos modelos y requiriendo sólo un mínimo de datos experimentales, era demasiado atrevido. ...Todo lo que ella hacía, era completamente razonable, quizá demasiado razonable... Y un motivo para ello era según mi estimación, ...el que ella tenía la sensación de que una mujer debía demostrar que era realmente una profesional. Jim (Watson) no carecía de esa clase de escrúpulos referidos a sus capacidades. Simplemente quería la respuesta, el obtenerla con ayuda de métodos razonables o atrevidos, no le preocupaba lo más mínimo □ Crick, F. (1988): *What a Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery*. Basic Books. N. York□.

- En los dos primeros textos se recogen las opiniones de Watson sobre el aspecto físico de Franklin ¿creéis que habría utilizado ese tipo de comentarios sobre su aspecto físico para descalificar a sus colegas o competidores científicos varones?

- A lo largo de la historia vemos cómo, habitualmente, se ha valorado a las científicas más por su apariencia física que por su capacidad intelectual ¿Cuál puede ser la causa de este hecho? ¿Creéis que en la actualidad sucede algo similar con las científicas, políticas, deportistas...?

¿Por qué?

- En el tercer texto, Wilkins, reconoce que, sin saberlo Rosalind, enseñó a Watson la foto que ella había obtenido de la forma B en la que se evidenciaba la estructura helicoidal y que Watson había cogido la idea ¿Qué opináis de la conducta de estos científicos? ¿Pensáis que es una conducta habitual en el campo de la investigación científica? ¿Hubieran actuado de igual modo si Franklin hubiera sido un hombre?

- En los dos últimos textos Watson y Crick, por separado y con estilos diferentes, acusan a Franklin de ser contraria a la utilización de modelos, sin embargo, ella combinaba las dos técnicas, es decir, la obtención de datos empíricos mediante difracción de rayos X con la construcción de modelos, concordantes con esos datos, para facilitar la visualización de estructuras complejas Sayre (1997). Discutid en el grupo la importancia de la construcción de modelos frente a la obtención de datos experimentales ¿Se pueden construir modelos sin datos experimentales? ¿Qué validez científica tendrían los modelos así contruidos?

- Tras la lectura de la biografía de Rosalind Franklin, valorad el método de investigación de Watson y Crick, por un lado, y el de Franklin, por otro ¿Cuál os parece más adecuado para la investigación científica sobre la determinación de estructuras de moléculas complejas, como la del ADN?

#### **6.9.4. El reconocimiento de la valía científica de Franklin**

En los siguientes textos se presentan las opiniones que distintos personajes científicos han manifestado reconociendo la valía científica de Rosalind Franklin.

Klug, Premio Nobel de Química en 1982, y compañero de investigación de Rosalind en el *Birkbeck*, opina lo siguiente sobre su contribución al descubrimiento de la estructura del ADN:

Rosalind Franklin realizó contribuciones cruciales a la solución de la estructura del ADN. Descubrió la forma B, identificó y comprobó que la molécula de ADN existe en dos estados distintos y definió las condiciones para la transición del uno al otro. Desde muy pronto tuvo claro que cualquier modelo correcto debería tener los grupos fosfato en el exterior de la molécula. Sentó las bases para el estudio cuantitativo de los diagramas de difracción y después de la presentación del modelo de Watson y Crick, demostró que la doble hélice era consistente con los diagramas de rayos X de las formas A y B... □Klug, A. (1968): "Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA". *Nature*, 219: 808□.

En la crítica al libro de Watson: *La doble hélice*, Lwoff, critica abiertamente a Watson y Crick por cómo obtuvieron los datos e informes de las investigaciones aún sin publicar de Franklin: "Es un regalo tan indirecto que hay que considerarlo más bien como un abuso de confianza".

Y además observa:

...la descripción que Watson hace de Rosalind Franklin es cruel. Las observaciones respecto a su forma de vestir y a su falta de encanto son inaceptables. El trabajo de Watson y Crick empieza con los diagramas de rayos X de Rosalind, y Jim (Watson) ha utilizado tranquilamente sus resultados; aunque sólo hubiera sido por esas dos razones, Watson debería haberse inclinado por ser más indulgente con ella □Lwoff, A. (1968): "Books: The double helix". *Scientific American*, 219:133□.

En 1958, después de la muerte de Rosalind, J. D. Bernal escribió:

- Watson había lanzado la hipótesis de que la estructura del virus era... una espiral, pero distinta de la que existía en las proteínas y en el ácido desoxirribonucleico. La señorita Franklin, con la ayuda de unos diagramas de rayos X, mejores que los obtenidos hasta entonces, consiguió verificar esa hipótesis y corregirla con detalle... Los métodos químicos, combinados con los análisis por rayos X llevados a cabo por la señorita Franklin y sus colaboradores, han sido un arma muy valiosa y decisiva en el análisis de esas complejas estructuras. ...Como científica, la señorita Franklin se distinguió por una claridad y perfección extremas que caracterizan todo lo que emprendió. Sus diagramas de rayos X se consideran los mejores y más bellos que se han obtenido a partir de cualquier sustancia... Casi todo su trabajo lo realizó con sus propias manos. A la vez demostró ser una excelente directora de un grupo de investigación e inspiró a todos los que trabajaron con ella a alcanzar niveles tan elevados como los suyos □Bernal, J.D. (1958): "Dr. Rosalind E. Franklin" *Nature*, 182: 154□.

- Rosalind llegó a ser considerada una de las mejores investigadoras experimentales de la comunidad científica a nivel mundial en el estudio de estructuras helicoidales. Bernal la consideraba una de las "grandes fundadoras de la ciencia molecular". Lawrence Bragg dijo que nunca hubiera creído que se podía descubrir tanta información sobre los virus como ella obtuvo (McGrayne, 1998).

El propio Watson en el epílogo de *La doble hélice*, intenta rectificar el distorsionado y caricaturesco personaje que sobre Rosalind Franklin describe en su libro, aunque, el mismo ha reconocido que el homenaje del epílogo fue impuesto. Parece ser que alguna persona de la familia de Rosalind, Klug y Crick le "presionaron" para que añadiera algo que rectificase el retrato de Rosalind tal y como estaba en el manuscrito original (Sayre, 1997).

Casi todas las personas mencionadas en este libro están vivas y si quisieran podrían dar otra versión de los acontecimientos. Por desgracia hay una excepción. En 1958 Rosalind Franklin murió con sólo 37 años. Ya que mi primera impresión sobre ella, tanto científica como personal, fue equivocada, querría decir algo sobre sus hallazgos... (Crick y yo) llegamos a apreciar mucho su gran honestidad y generosidad, dándonos cuenta, demasiado tarde, de la lucha a la que se tiene que enfrentar una mujer inteligente para ser aceptada por una comunidad científica que a menudo mira a las mujeres como meras distracciones para las mentes pensantes □Watson, J. (1968): *The Double Helix*. Atheneum. N. York□.

Tras la lectura de los textos anteriores y con ayuda de la biografía de R. Franklin se pueden proponer al alumnado las siguientes cuestiones:

- Elaborad un resumen con las contribuciones científicas de Franklin a lo largo de su carrera científica, estimando la importancia de cada una de ellas y destacando las disciplinas científicas implicadas en sus investigaciones.

- ¿Creéis que hoy en día las mujeres tienen problemas para ser aceptadas en la comunidad científica? ¿Cuáles?

- Preparad un debate, simulando qué hubiera hecho el Comité que concede los Premios Nobel si Rosalind Franklin hubiera estado viva cuando Wilkins, Watson y Crick recibieron el Nobel de Fisiología y Medicina de 1962, por el descubrimiento de la estructura del ADN. Deberéis tener en cuenta que el Premio Nobel sólo se concede a personas vivas y no puede ser compartido por más de tres personas. Las siguientes preguntas pueden ayudar a centrar el debate:

¿Habría llegado el Comité de los Nobel a conocer las contribuciones reales de cada una de estas cuatro personas, a través de sus publicaciones?

¿Habrían sustituido a Wilkins por Franklin?

¿Sólo se lo habrían concedido a Crick y Watson?

¿No se lo habrían concedido a nadie si hubieran conocido la falta de ética profesional de Wilkins, por un lado, al mostrar a Watson los datos y la fotografía de la forma B del ADN de Franklin, a espaldas de ella y, de Watson y Crick, por otro, por apropiarse de esos datos sin citar en su artículo a Rosalind como fuente de ellos?

¿Habrían premiado el descubrimiento de la estructura de la molécula de ADN con dos Premios Nobel, uno en Química y otro en Fisiología y Medicina?

¿Qué habría sucedido si Watson y Crick no hubieran robado los datos de Franklin? ¿Habrían descubierto la estructura del ADN antes que ella? ¿Habría sido Franklin la primera en descubrir la estructura de la doble hélice para el ADN? ¿Quién habría recibido entonces el Premio Nobel?

### **6.9.5. Opiniones de Rosalind Franklin sobre el matrimonio, la maternidad y la profesión científica para las mujeres**

En el siguiente texto, tomado de una gran amiga de Rosalind, Anne Sayre (1997), se relata, según su punto de vista, algunas opiniones de Rosalind sobre determinados aspectos de la esfera privada y de la esfera pública de una científica.

La visión de Rosalind respecto al matrimonio estuvo basada, hasta bien cumplidos los treinta años, en el matrimonio de su madre y su padre, que ella había considerado como modélico: un varón fuerte y dominante, una mujer que le apoyaba y un hogar en el que todo giraba alrededor de la esposa en su papel de madre firme y equilibrada. ...El matrimonio visto desde la única perspectiva que ella valoraba, era tan opuesto al compromiso que sentía hacia su trabajo que el descartarlo como posibilidad tuvo que ser casi un alivio. Sin embargo, el renunciar a lo mucho que le gustaban los niños sólo podría ser considerado como un sacrificio. Para su mentalidad, el matrimonio y los hijos estaban totalmente ligados y si el matrimonio hubiera podido llegar a ser compatible con su trabajo, eso nunca hubiera ocurrido con la maternidad. ...A eso es a lo que ella realmente renunció. Es posible que al sentirlo como un sacrificio diese por sentado que las personas razonables entenderían sin necesidad de más explicaciones que, a partir de ahí, debería ser juzgada no como una mujer científica sino simple y llanamente como científica. ...Para Rosalind estaba muy claro que el lugar de una mujer no necesariamente está en el hogar, pero el de una madre sí. Cuando una muy amiga suya volvió al laboratorio a continuar su trabajo de investigación después del nacimiento de su primer hijo, Rosalind angustiada le dijo que "no estaba siendo justa" con el bebé y que la presencia de una criatura está por encima de todo incluso para una mujer inteligente. ...En otra ocasión, al visitar unas guarderías en Estocolmo, se sintió horrorizada más que satisfecha, al ver las instalaciones limpias y modernas llenas de niños sanos y aseados. El entorno le pareció muy impersonal e insistió en que por muy bien que lo hicieran los profesionales "nada podía sustituir a las madres" (Sayre, 1997).

Tras la lectura del texto anterior se puede proponer al alumnado que debata las siguientes cuestiones.

- ¿Consiguió Rosalind su aspiración de ser juzgada como científica y no como mujer científica?
- ¿Creéis que el modelo de matrimonio de la familia de Rosalind es el habitual en nuestra sociedad actual? ¿Conocéis otros modelos de familia? ¿Sabéis lo que es una familia monoparental? ¿Cuál sería vuestro modelo ideal? ¿Cambia la percepción del modelo familiar en función de ser hombre o mujer? Argumentad y poned ejemplos que apoyen vuestras opiniones.
- ¿Estáis de acuerdo con las opiniones de Rosalind Franklin sobre el matrimonio y la profesión científica de las mujeres? ¿Y sobre la maternidad? ¿Creéis que hoy en día opinaría lo mismo?
- ¿Consideráis que el matrimonio está ligado a la maternidad? ¿Y a la paternidad?
- ¿Para un científico resulta compatible la profesión científica con el matrimonio y la

paternidad? ¿Y para una científica?

- ¿Qué opináis sobre la corresponsabilidad hombre-mujer en las tareas domésticas y en la crianza de hijas e hijos? ¿Y sobre los servicios sociales (guarderías, comedores...) que ayudarían a esa corresponsabilidad? ¿Son las madres insustituibles en la crianza de las criaturas? ¿Y los padres?

### **6.9.6. Los pesticidas químicos y el deterioro ambiental**

En esta actividad se pretende relacionar algunas aplicaciones de los avances científicos con sus consecuencias en el medio ambiente y en la salud, basándonos en los temas que Carson abordaba en sus libros.

Los libros de Carson contribuyeron a despertar la conciencia ambiental de muchas personas, profesionales de la ciencia y público en general, de todo el mundo.

En *Primavera silenciosa*, su libro más famoso y galardonado, examinaba con gran y alarmante detalle el deterioro ambiental causado por el uso masivo de pesticidas químicos. En concreto, por el daño del DDT en las poblaciones de aves y la sospecha de provocar cáncer en las personas. Concienciaba y alertaba sobre la necesidad de preservar y mantener nuestro debilitado medio ambiente. Además cuestionaba el derecho de la sociedad industrial a contaminar a su voluntad, sin tener en cuenta los efectos en el medio ambiente.

Su trabajo, que la industria química y algunas agencias del gobierno de EEUU intentaron descalificar, tachándola de alarmista, originó, pocos años después de su publicación, la regulación de la manufactura y del uso de los pesticidas químicos, así como de la eliminación de sus residuos. Hacia 1970, el uso de DDT llegó a prohibirse en algunos países industrializados.

Hasta la publicación de su libro poca gente era consciente de que los pesticidas entran en la cadena alimenticia, aumentando su concentración al pasar de un nivel trófico al siguiente (Stille, 1995).

Tras la lectura del texto anterior y la biografía de Rachel Carson, contestad las siguientes preguntas:

- Explicad cómo puede afectar a las aves el uso de pesticidas químicos para eliminar insectos.
- ¿Por qué la industria química y algunas agencias del gobierno de los EEUU intentaron desacreditar el libro *Primavera silenciosa* de Rachel Carson, así como su propia valía científica? ¿Pudieron conseguirlo?
- ¿Creéis que hoy en día, casi 40 años después, la industria y los gobiernos siguen haciendo caso omiso a los problemas ambientales denunciados por los movimientos ecologistas?
- Valorad las contribuciones científicas de Rachel Carson a la ciencias ambientales y su



vigencia actual.

### **6.9.7. La gestión de los recursos naturales y la generación de residuos**

En 1961, en el libro *The Sea Around Us* Carson alertaba sobre el peligro de convertir el mar en un basurero de todo tipo de residuos, incluidos los nucleares: "Aunque el récord del ser humano como administrador de los recursos naturales ha sido desalentador, existía un cierto alivio en la creencia de que el mar, al menos, era inviolable. Pero, desgraciadamente, se ha demostrado que esta creencia era claramente ingenua".

- ¿A qué se refiere Carson cuando dice que el ser humano ha conseguido un récord lamentable como administrador de los recursos naturales?
- ¿Creéis que la contaminación de los océanos es un problema que ha surgido recientemente?
- Relacionad el agotamiento de los recursos naturales con la saturación de la capacidad del planeta para absorber los residuos, que se manifiesta a través de la contaminación ambiental.
- ¿Qué se podría hacer en el ámbito institucional para minimizar los residuos? ¿Y en el ámbito personal qué podéis hacer?
- ¿Creéis que consumís lo necesario para satisfacer vuestras necesidades primordiales o consumís productos superfluos? Argumentad las respuestas con ejemplos.
- Diseñad una campaña de sensibilización y concienciación en vuestro Centro Educativo o en vuestro barrio, sobre el consumo excesivo y las posibilidades de reducir, reutilizar y reciclar las basuras domésticas.

### **6.9.8. La observación en la investigación científica**

La profunda apreciación y comprensión de la vida en los océanos de Carson queda plasmada en sus libros. La lectura de algunos párrafos de sus libros en las clases puede suscitar una gran pasión e interés por la naturaleza, además de mostrar un modo particular de hacer ciencia.

En el siguiente párrafo, extraído de su libro *The Edge of the Sea*, se destaca la importancia de la observación del objeto de estudio desde una perspectiva de aproximación y no de distanciamiento sujeto-objeto. Una aproximación holística y global, no meramente descriptiva

y clasificatoria. También se propone un modo de observar más sensorial, que mejoraría el que habitualmente se ofrece en los libros de texto, estereotipado y basado, casi únicamente, en la utilización de instrumentos y aparatos técnicos.

Para comprender la orilla, no es suficiente catalogar su vida. La comprensión sólo se consigue cuando, al estar en la playa, podemos sentir los largos ritmos de la tierra y el mar que esculpieron la forma de la tierra y produjeron las rocas y la arena que componen la orilla del mar; cuando podemos sentir con el ojo y el oído de la mente el oleaje de la vida golpeando siempre las orillas, ciegamente, presionando implacablemente para avanzar un palmo. Para entender la vida de la orilla, no es suficiente coger una concha vacía y decir: "esto es un *Murex*". La verdadera comprensión demanda una comprensión intuitiva de toda la vida de la criatura que una vez habitó esta concha vacía: cómo sobrevivió al oleaje y a las tormentas, qué o quiénes fueron sus enemigos, cómo encontraba alimento y reproducía su especie, cuáles fueron sus relaciones con el mundo marino particular en que vivieron.

Tras la lectura del texto anterior se puede proponer al alumnado que reflexione con su grupo sobre las siguientes cuestiones:

- Comparad el modo de observar e investigar de Carson descrito en el texto anterior, con el modo en que trabajáis la observación en vuestras salidas de campo.
- Analizad y valorad la importancia de la observación científica en el proceso de investigación y producción de conocimientos científicos.

### **6.9.9. La dificultad de ser mujer en las ciencias geológicas de la primera mitad del siglo XX**

En esta actividad se presentan tres textos donde se muestran algunas dificultades y discriminaciones que padecieron las geólogas analizadas en este libro, y se propone una batería de preguntas para que el alumnado reflexione sobre la discriminación de las mujeres en la ciencia en general y en las ciencias geológicas en particular.

Tras la presentación de la comunicación del descubrimiento de Esther Richards, Alva Ellisor y Hedwig Kniker en el Congreso de la *Sociedad de Paleontología*, Gallowey, autoridad en microfósiles de la época, las descalificó en presencia de la propia Esther Richards y de los asistentes al Congreso: "Caballeros, he aquí esta muchachita, recién salida del *College* diciéndonos que podemos usar *Foraminifera* para determinar la edad de la formación de estratos. Caballeros ustedes saben que esto es imposible" □Nix, M. (1994): "Groundbreaking Women". *The Science Teacher*, septiembre: 35-37□.

En el siguiente texto, Niles Groes, sobrino de Inge Lehmann, describe la forma de trabajar de su tía y la opinión de ésta sobre la dificultad de ser mujer en la profesión científica en la

primera mitad del siglo XX:

Recuerdo a Inge un domingo en su amado jardín ... ante una gran mesa llena de cajas de cartón de harina de avena. Las cajas contenían unas fichas de cartón con información sobre terremotos de todo el mundo, indicando fechas y datos registrados. Esto era antes de que se utilizaran los ordenadores, pero el sistema de trabajo era el mismo. Con sus fichas y sus cajas de cartón, Inge registraba la velocidad de propagación de los terremotos en todas las partes del globo. Mediante esta información dedujo sus nuevas teorías sobre las partes más internas de la Tierra... No fue fácil para una mujer abrirse camino en los centros de poder de la investigación matemática y científica de la primera mitad del siglo XX. Como ella misma dijo: "No sabes con cuantos hombres incompetentes he tenido que competir en vano" □ Bolt, B. (1997): "Inge Lehmann". *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, 43: 285-301 □.

En el siguiente texto Marie Tharp relata por qué pudo estudiar geología en una época no favorable a que las mujeres accedieran a este campo:

Nunca hubiera tenido la oportunidad de estudiar geología si no hubiera sido por Pearl Harbor... Se necesitaban chicas para ocupar los puestos de trabajo que habían dejado libres los chicos para ir a luchar. Un año después de que comenzara la guerra, el Departamento de Geología de la Universidad de Michigan abrió sus puertas a las mujeres. En 1943 unas diez chicas respondimos a una de sus convocatorias, que nos prometía un empleo en la industria petrolífera si obteníamos una titulación en geología □ Lawrence, D.M. (1999): "Mountains under the Sea". *Mercator's World*, Nov./Dec.: 36-43 □.

En 1944, Marie obtuvo su licenciatura en Geología y un empleo en una compañía petrolífera de Tulsa, Oklahoma.

Posteriormente, inmersa ya en el mundo de la investigación, su descubrimiento de un valle rift en la dorsal mesoceánica del Atlántico Norte fue, inicialmente (1952), descalificado por la comunidad científica del momento y especialmente por su colega Bruce Heezen. Sin embargo, en 1956, el propio Heezen, junto con Ewing, presentó dicho descubrimiento en el Congreso de la *Unión Americana de Geofísica*, sin mencionar a Tharp.

Tras la lectura de los textos anteriores y consultando las biografías de estas geólogas se pueden plantear al alumnado las siguientes cuestiones:

- Analizad el tratamiento que recibieron Esther Richards, Alva Ellisor y Hedwig Kniker en la presentación de su descubrimiento en el Congreso de la *Sociedad de Paleontología* ¿Habrían recibido las mismas descalificaciones si hubieran sido hombres? ¿Y si hubieran tenido más edad?
- ¿Por qué compara el sobrino de Inge Lehmann, el método de trabajo de ella con el de los ordenadores? Explicad la similitud.
- Manifestad vuestra opinión sobre la afirmación de Lehmann: "No sabes con cuantos

hombres incompetentes he tenido que competir en vano".

- ¿Cuáles son las discontinuidades conocidas en la estructura interna de la Tierra y qué nombre reciben en los libros de geología? ¿Aparece citada Inge Lehmann en los temas que tratan estas discontinuidades?

- ¿Conocéis otras científicas que hayan podido acceder a estudios o trabajos científicos por el mismo motivo que Marie Tharp?

- Si tenemos en cuenta el hecho de que estudios y profesiones que han estado vetados a las mujeres, les abrieron sus puertas en situaciones de necesidad (guerras, mano de obra más barata...) ¿es justificable que todavía hoy en día algunos estudios y profesiones no se consideren adecuados para las mujeres? Argumentad la respuesta.

- En la biografía de Marie Tharp se habla del reconocimiento tardío de su valía científica y de los premios y galardones que ha recibido. Sin embargo, ¿creéis que valoran suficientemente su contribución a las ciencias geológicas? ¿Aparece citada Marie Tharp en los textos de geología? ¿Se hace alguna mención a sus descubrimientos cuando se estudia la Deriva continental en la Teoría de la Tectónica de Placas? Buscad información en textos, diccionarios científicos y enciclopedias.

- Marie Tharp trabajó siempre a la sombra de Heezen hasta la muerte de éste. ¿Conocéis otros casos similares en la historia de la ciencia, en los que cuando el equipo de investigación está formado por uno o varios hombres y una mujer, la valía científica de ella haya sido ocultada o menospreciada? ¿Qué factores propician u originan que se produzca este fenómeno?

- ¿Creéis que en la época en que vivieron, trabajaron e investigaron estas geólogas las mujeres eran bien aceptadas en el campo de la geología? ¿Consideráis la geología una profesión científica para mujeres? Argumentad las respuestas.

- ¿Creéis que en el campo de la ciencia y de las matemáticas las mujeres de hoy en día se enfrentan a una situación de competitividad con los hombres similar a la que se daba en la primera mitad del siglo XX? Argumentad vuestra respuesta.

#### **6.9.10. El reconocimiento de la valía científica de Tharp**

Tras la lectura de los siguientes textos, tomados de Lawrence (1999), en los que se recogen las opiniones de algunos científicos sobre la importancia de las contribuciones científicas de

Marie Tharp, elaboró un informe valorando, por un lado, su relevancia científica para la aceptación de la hipótesis de la Deriva continental, teniendo en cuenta los conocimientos geológicos aceptados en esa época y, por otro lado, sus valores divulgativos y estéticos.

Mark Monmonier, profesor de geografía de la Universidad de Siracusa y autor de numerosos trabajos sobre cartografía opina de Marie Tharp:

Sus mapas han hecho que el fenómeno de la separación del fondo marino resulte bastante natural y casi obvio... Han sido capaces de explicar un fenómeno que mucha gente consideraba arcano y en muchos casos improbable... En otras palabras, si dispones de una buena ilustración que es realista, ésta no sólo demuestra cómo sucedió algo, sino que ofrece, básicamente, un argumento convincente de que esa es la forma en que sucedió.

David M. Lawrence, periodista y escritor de un libro que relaciona los mapas de los fondos oceánicos con la revolución científica en ciencias de la Tierra, también defiende la importancia de las contribuciones de Marie Tharp a este campo científico:

Marie Tharp consiguió con éxito iluminar el abismo oceánico en una de las búsquedas más quijotesco que han ocurrido en la historia de la cartografía.... El mapa panorámico de los fondos oceánicos del mundo es más que un mapa de los fondos, es una obra de arte dinámica que inspira una sensación de misterio y maravilla, que recuerda las románticas épocas de los grandes exploradores. Después de más de veinte años, el mapa produce todavía un impacto emocional, con una calidez que se está perdiendo en la mayoría de los precisos mapas actuales de los fondos oceánicos, generados a partir de datos obtenidos mediante satélites... La obra maestra de Tharp, Heezen y Berann constituye, posiblemente, el nexo más próximo entre las Ciencias de la Tierra y la iconografía...

...Los mapas desempeñaron un papel clave al dotar de un aura de respetabilidad a la, entonces controvertida, teoría de Wegener sobre la deriva continental. Harry Hess, profesor de Geología de la Universidad de Princeton, se inspiró en el trabajo de Tharp y Heezen para desarrollar, en 1960, la hipótesis de la fractura del fondo marino, que era el mecanismo que faltaba para explicar la deriva continental. En 1957 al final de una conferencia pronunciada por Heezen sobre el sistema rift mesoceánico, Hess se puso en pie y exclamó que "habían hecho temblar los fundamentos de la geología" □Lawrence, D.M. (1999): "Mountains under the Sea". *Mercator's World*, Nov./Dec.: 36-43□.

### **6.9.11. Autoevaluación de conocimientos previos sobre científicas Premios Nobel**

Para que el alumnado evalúe y haga explícitos sus conocimientos previos sobre el tema se podrían plantear las siguientes preguntas:

- ¿Sabéis que son los Premios Nobel? ¿Quién y en que año los creó?

- ¿En qué campos del saber se conceden?
- ¿Son Premios individuales o pueden ser compartidos?
- ¿Conocéis algún científico Premio Nobel? ¿Y alguna científica?

### **6.9.12. Científicas Premios Nobel de Fisiología y Medicina**

Tras la presentación del cuadro 6.1. en el que se presentan las Premios Nobel de Fisiología y Medicina, se puede proponer al alumnado que cada grupo elija una Premio Nobel del cuadro y elabore su biografía, siguiendo la propuesta descrita en las actividades 5.8.8. y 5.8.9. del capítulo 5. Una ejemplificación de dicha propuesta puede encontrarse en la biografía de Rachel Carson presentada en el apartado 6.3. de este capítulo.

Tras la puesta en común de las biografías realizadas por los grupos sería interesante proponer al alumnado que extraiga, por un lado, aquellos rasgos o características comunes a todas ellas, que pudieron influir en su elección de una profesión científica y en los éxitos que alcanzaron, como por ejemplo, origen, clase social, estudios del padre y de la madre, actitudes familiares hacia la educación de las mujeres, capacidades personales, aficiones extracientíficas, pasión por la ciencia...; y por otro lado, los obstáculos que encontraron en sus carreras motivados por prejuicios de género, etnia-raza, clase social...

Para la puesta en común se pueden consultar los capítulos: "Barreras en el camino hacia Estocolmo" y "Ganadoras de Premios Nobel: ¿un cierto tipo de mujer?" del libro de Fölsing (1992).

Por último, también se puede pedir al alumnado que busque y valore las repercusiones sociales de las aplicaciones de los descubrimientos de las científicas Premios Nobel recogidas en los cuadros 5.1 y 6.1.

### **6.9.13. Entrevista a Rita Levi-Montalcini (1909- )**

En esta actividad se presenta una entrevista realizada por Beatriz Iraburu (B.I.) a Rita Levi-Montalcini (R.L.M.), Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1986, que fue publicada en el periódico *El Correo* (26-9-99).

Rita Levi-Montalcini decidió siendo una niña que no se casaría y nunca se ha arrepentido. "Tuve una infancia pésima. Desconfiaba mucho de mi misma y en casa había una situación que me hacía sufrir. Mi padre era un buen hombre, pero victoriano. Mandaba sólo él. Yo pensé: a mí no me pasará lo que a mi madre".

Un buen día, poco antes de que su padre muriera, le dijo: "No quiero casarme, no quiero tener hijos, quiero estudiar medicina". Aunque no muy convencido, él aceptó. "El estudio me abrió unos horizontes enormes. La actividad científica ha sido mi auténtica, mi gran vocación".

(B.I.) En sus memorias, tituladas *Elogio de la imperfección*, cuenta cómo, durante su adolescencia, "dos cromosomas X constituían una barrera insuperable para entrar en las escuelas superiores".

(R.L.M.) Así era. Pío X solía decir: "la buena mujer callada y en casa". Y le hicieron santo. En el primer curso de Medicina éramos siete chicas, incluidas mi prima y yo. Una cosa que me satisface mucho es que, en el campo de la investigación científica, las mujeres desempeñan hoy un papel muy importante.

(B.I.) ¿Forma o ha formado parte de alguna asociación feminista?

(R.L.M.) Hace años lancé la *Women International Network*, una red que reúne a mujeres de los cinco continentes para luchar contra las horribles vejaciones que se infligen en muchos países a las mujeres y los niños. Yo soy feminista a mi manera. Nunca pensé aquello de "mi útero es mío y hago con él lo que quiero". No. El útero es mío, pero el fruto es también de la pareja. De todos modos, es un hecho innegable que la mujer ha estado milenios sometida al varón. Y que durante todo ese tiempo no ha podido ejercitar sus capacidades intelectuales.

(B.I.) Cosa que usted no ha dejado de hacer. Imagino que prepara un nuevo libro.

(R.L.M.) Saldrá en febrero. En él digo que hay que acabar con esta sociedad geriátrica y masculina. Los jóvenes y las mujeres son la clave del futuro. Los jóvenes de hoy son espectadores, y no actores, en la escena de la vida. Las generaciones anteriores los bloquean, les obligan a alargar indefinidamente el periodo de formación. Deben armarse de valentía y lanzarse. Y las mujeres, lo mismo. Hay que tener coraje.

Tras la lectura de la entrevista anterior se podrían plantear las siguientes cuestiones:

- Buscad información sobre el Premio Nobel en Medicina, Rita Levi-Montalcini, y señalad los aspectos más relevantes de su vida y de su carrera investigadora.

- ¿Creéis que el matrimonio no es una buena elección para una científica? ¿Y la maternidad? Argumentad la respuesta con ejemplos de científicas.

En los subapartados 5.8.1., 5.8.2. y 6.9.5. de este libro y en algunos de los libros y artículos que aparecen en la bibliografía citada en el apartado 6.8. de este capítulo se pueden encontrar opiniones sobre el matrimonio y la maternidad, expresadas por algunas científicas.

- ¿Qué quiere decir Rita Levi-Montalcini cuando dice que es feminista a su manera? ¿Sólo hay una manera de ser feminista? ¿Qué entendéis por feminista? ¿Os consideraríais feministas?

- ¿Estáis de acuerdo con la entrevistada, cuando manifiesta: "es un hecho innegable que la mujer ha estado milenios sometida al varón. Y que durante todo ese tiempo no ha podido ejercitar sus capacidades intelectuales"? ¿Qué sucede en la actualidad?

- Manifestad vuestro acuerdo o desacuerdo con la opinión de Rita Levi-Montalcini sobre la

gente joven y la mujeres en la sociedad actual ¿Es nuestra sociedad geriátrica y masculina?

## BIBLIOGRAFÍA

Alic, M. (1991): *El legado de Hipatia*. Siglo XXI. Madrid.

Álvarez-Lires, M. (1991): "Ciencias Experimentales. ¿Carencias de las chicas?", en *La Enseñanza de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales. III Jornadas Internacionales de Coeducación*. Instituto Valencià de la Dona. València.

Álvarez-Lires, M. (1992): "A Ilustración: Século de Luces... e de Sombras", en *Festa de palabra silenciada*, 9: 26-33.

Álvarez-Lires, M., Soneira, G. y Pizarro, I. (1992): "Propuestas para una enseñanza no sexista de Ciencias Naturales, Física y Química, Matemáticas e Informática", en *Hacia una Escuela Coeducadora. I Postgrado de Coeducación*. Universidad del País Vasco-Emakunde. Vitoria-Gasteiz.

Álvarez-Lires, M., Soneira, G. y Pizarro, I. (1994): *Materiales curriculares para la ESO. Ciencias de la Naturaleza. Un enfoque coeducativo desde la Historia de las Ciencias en Occidente*. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Sevilla.

Álvarez-Lires, M. y Soneira, G. (1994, b): "Enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales: la coeducación como meta", en *Premios CIDE-MEC 1992*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

Álvarez-Lires, M. (2001): "Ciencia e xénero na obra de Frei Martín Sarmiento (1695-1772)", en *Estudios da Historia das Ciencias e das Técnicas*. Diputación de Pontevedra. Pontevedra.

Álvarez Lires, M. (2003): *Las científicas y su historia en el aula*. Síntesis. Madrid.

Álvarez Lires, M. (2008): "¿La tecnociencia al servicio de la igualdad?"

*Congreso SARE Innovación para la igualdad en la innovación*.

EMAKUNDE. San Sebastián, 2008 ( página web de EMAKUNDE)

Anderson, B. (1999): <http://www.physics.ucla.edu/~cwp>.

Aznárez, M. (2002): "Lynn Margulis. La bióloga hereje". *El País Semanal*, 1334 abril: 14-23.

Askew, S. y Ross, C. (1991): *Los chicos no lloran*. Paidós Educador. Barcelona.

Beretta, G. (1993): *Ipazia d'Alessandria*. Riuniti. Milano.

Brush, S.G. (1985): "Women in physical science: From drudges to discoverers". *Physics Teacher*, 23: 11-19.



- Cabré, M. (1993): "La ciencia de las mujeres en la Edad Media. Reflexiones sobre la autoría femenina", en Segura, C., *La voz del silencio II Historia de las mujeres: compromiso y método*. Asociación Cultural Al-Mudayna. Madrid.
- Catalá, E. y García, E. (1989): *¿Qué quieres hacer de mayor? o la transición desde la coeducación*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Ehrenreich, B. y English, D. (1981): *Brujas, comadronas y enfermeras*. La Sal. Barcelona.
- ETAN (2000): *European Technology Assessment Network on Women and Science. Expert Working Group on Women and Science: Science Policies in the European Union*. European Commission, Research Directorate General. Brusels.
- Fölsing, U. (1992): *Mujeres Premios Nobel*. Alianza. Madrid.
- Gómez García, M<sup>a</sup> C. (1987): *Trabajo: Actividades de las religiosas de los conventos malagueños (s. XVIII)*. VI Jornadas de Investigación Interdisciplinaria sobre la mujer. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Göppert-Mayer, M. (1965): *The Changing Status of Women as seen by a Scientist*. Universidad de California. San Diego.
- Harding, S. (1996): *Ciencia y feminismo*. Morata. Madrid.
- Holloway, M. (1993): "Rita Levi-Montalcini: crecida en la dificultad". *Investigación y Ciencia*, marzo: 28-29.
- Jufresa, M. (1994): "Què és ser dona en la filosofia pitagórica", en *Pensar las diferencias*. Institut Català de la Dona. Barcelona.
- Keller, E.F. (1984): *Seducida por lo vivo. Vida y obra de Bárbara McClintock*. Fontalba. Barcelona.
- Keller, E.F. (1991): *Reflexiones sobre género y ciencia*. Alfons el Magnànim. Valencia.
- Kelly, A. (1987): *Science for girls?*. Open University Press. Philadelphia.
- Levi-Montalcini, R. (1989): *Elogio de la imperfección*. Ediciones B. Barcelona.
- Magallón, C. (1997): "Mujeres en las Ciencias Físico-químicas: Instituto Nacional de ciencias e Instituto Nacional de Física y Química /1910-1936". *Llull*, 20 (39): 529-574.
- Magallón, C. (1999): *Pioneras españolas en las Ciencias*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Marco, B. (1994): "Dorothy Hodgkin. La pasión por los cristales". *Crítica*, noviembre: 18-21.

- Martínez, C. (2000): *También en la cocina de la ciencia. Cinco grandes científicas en el pensamiento biológico del siglo XX*. Servicio de Publicaciones. Universidad de La Laguna. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
- McGrayne, S.B. (1998): *Nobel Prize Women in Science. Their Lives, Struggles and Momentous Discoveries*. Carol Publishing Group Edition. Secaucus, N.J.
- Meunier, M. (1980): *Femmes pythagoriciennes. Fragments et lettres*. Ed. de la Maisnie. París.
- Millar, D., Millar, I., Millar, J. y Millar, M. (1996): *The Cambridge dictionary of scientists*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Nuño, T. y Ruipérez, T. (1997): "Análisis de los libros de texto desde una perspectiva de género". *Alambique*, 11: 55-64.
- Ogilvie, M.B. (1986): *Women in Science*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. London.
- Pernoud, R. (1995): *Hildegarde de Bingen*. Ed. du Rocher. Mónaco
- Phillips, P. (1990): *The Scientific Lady*. Weidenfeld and Nicolson. London.
- Rayner-Canham, M.F. y Rayner-Canham, G.W. (1990): "Pioneer women in nuclear science". *Am. J. Phys.*, 58: 1036-1043.
- Sánchez, M.D. (1999): "Las biografías de las científicas en la enseñanza de las ciencias: Mostrando una tradición", en Barral, M.J., Magallón, C., Miqueo, C. y Sánchez, M.D., *Interacciones ciencia y género*. Icaria-Antrazyt. Barcelona.
- Sayre, A. (1997): *Rosalind Franklin y el ADN*. Ed. horas y Horas. Madrid.
- Schiebinger, L. (1989): *The mind has no sex?*. Harvard Univ. Press. London.
- Sensat de Ferrer, R. (1923): *Les Ciències en la vida de la llar*. Editorial pedagógica. Barcelona.
- Solsona, N. (1992): *La contribució de les dones a la història de la ciència*. Casal del Mestre. Sta. Coloma Gramenet.
- Solsona, N. (1996): "La voz de las mujeres en la ciencia de los siglos XVII y XVIII". *Ingenium*, 5: 125-136.
- Solsona, N. (1997): *Mujeres científicas de todos los tiempos*. Talasa. Madrid.
- Solsona, N. (1999): "La educación dirigida a las amas de casa. Las aportaciones de Rosa Sensat", en Barral, M.J., Magallón, C., Miqueo, C. y Sánchez, M.D., *Interacciones ciencia y género*. Icaria-Antrazyt. Barcelona.
- Spradley, J.L. (1989): "Women and the Elements". *The Physics Teacher*, 27: 656-662.

Stille, D.R. (1995): *Extraordinary women scientists*. Childrens Press. Chicago.

Truhovič-Gjurič, D. (1992): *A la sombra de Albert Einstein. La trágica vida de Mileva Einstein Marič*. Ed. de la Tempestad. Barcelona.

UNESCO (1998): *European Regional Conference on Women in Science –Quality and Equality. Conditions for Sustainable Human Development*. Bled. Slovenia.

Wolke, R.L. (1988): "Marie Curie's Doctoral Thesis: Prelude to a Nobel Prize". *Journal of Chemical Education*, 65: 561-573.

Este libro, deudor de los *Estudios de Género*, es el resultado de experiencias e investigaciones realizadas en grupos de trabajo, en acciones institucionales y, sobre todo, en la práctica cotidiana. Se ha procurado que sea un instrumento útil; por ello se ha huido de la erudición innecesaria y se han introducido actividades en todos los capítulos, así como algunas orientaciones para llevarlas a cabo. Pretende poner de manifiesto la presencia de las mujeres en la historia de las ciencias, una historia de obstáculos, invisibilidad, incomprensión y desautorización que todavía no ha terminado, como lo demuestra la escasez de mujeres en puestos relevantes de la actividad científico-técnica. De la preocupación de la Unión Europea por esta cuestión surgió el Informe ETAN (2000), que ha desvelado la existencia de grandes obstáculos, todavía, para una completa equidad de género en la práctica tecnocientífica.

El libro consta de seis capítulos en los que, partiendo de la *Coeducación en las ciencias experimentales*, se hace un recorrido, a vuela pluma, por la historia de las ciencias a través de la presencia de las mujeres en su construcción y producción, no sólo en la ciencia oficial, sino también en aquellas tareas encomendadas a ellas desde hace siglos, tales como la alimentación o el cuidado de las personas. Se trata de materiales abiertos, que se pueden incluir en las más diversas secuencias de enseñanza-aprendizaje y en los niveles de Enseñanza Secundaria Obligatoria, Bachillerato o universitarios, así como en cursos de formación del profesorado, dependiendo del grado de profundidad requerido. También se pueden utilizar de manera interdisciplinar, en colaboración con profesorado de Ciencias Sociales, Historia o Filosofía y, por supuesto, en las clases de Ciencias Experimentales.

Cuadro 4.1. Pioneras en ciencia nuclear (f)

CIENTÍFICAS nacionalidad	FORMACIÓN ACADÉMICA	CARGOS ACADÉMICOS	DIRECTORA INVESTIGACION	UNIV. e INST DE INVESTIGACIÓN	CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS
Marietta Blau Austriaca (1894-1970)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doctorada Univ. de Viena (1919)</li> <li>- Beca Asociación de Mujeres (1933-34)</li> <li>- Premio con Hertha Wambacher: <i>Ignaz L. Lieben</i> Academia Viena de Ciencias (1937)</li> <li>• <i>E. Schrödinger</i> (1962)</li> <li>- Nominada por Schrödinger al Premio Nobel en varias ocasiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajó en Berlín en la industria (1920-21).</li> <li>- Asistente Univ.-Inst. en Frankfurt am Main (1921-23).</li> <li>- Prof. Univ. Técnica Méjico D.F.(1939-44) (1944-48)</li> <li>- <i>International Rare Metals Refinery</i>, N.Y.</li> <li>- <i>Gibbs Manufacturing and Research Corp.</i></li> <li>- <i>Canadian Radium and Uranium Corp.</i></li> <li>- Prof. Asociada Univ. de Miami (1955-60)</li> </ul>	- Ellen Gleditsch (1879-1968)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Institut fur Radiumforschung</i> y 2° Inst. de Física Univ. de Viena (1923-38)</li> <li>- Inst. Curie de París y Univ. Göttingen (1933-34)</li> <li>- Universidad de Oslo (1938-39)</li> <li>- Investigadora Univ. Columbia (1948-50)</li> <li>- <i>Brookhaven National Lab.</i> invitación de la Comisión de Energía Atómica (1950-55)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primera en usar emulsiones nucleares para detectar neutrones, por observación de protones de retroceso.</li> <li>- Demostró la existencia de gran número de protones y neutrones en la radiación cósmica y observó con Hertha Wambacher desintegraciones nucleares causadas por rayos cósmicos en emulsiones nucleares (conocidas como estrellas <i>Blau-Wambacher</i>)</li> <li>- Desarrollo temprano de tubos fotomultiplicadores e investigó sobre mesones.</li> </ul>

Cuadro 4.1. Pioneras en ciencia nuclear (e)

CIENTÍFICA nacionalidad	FORMACIÓN ACADÉMICA	CARGOS ACADÉMICOS	DIRECTOR/A DE INVESTIGACIÓN	UNIV. e INST. INVESTIGACIÓN	CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS
Jesse M. W. Slater Inglesa(1879-1961) -Enfermera Radió-loga en Hospital Militar en Francia. I Guerra (1914-18). -Se casó y dejó su carrera (1926).	-Newnham Coll. Univ. Cambridge (1899-1903): Graduada (1902) - Bathurst College (1903-05) - Doctorado Univ. Londres (1906)	- Prof. en <i>Cheltenham Ladies Coll.</i> (1909-13) - Lectora de Física y Química en <i>Newnham College</i> (1914-1926)	- J. J. Thomson (1856-1940)	Lab. Cavendish de Cambridge (1905)	Publicó 2 artículos (1905): - La actividad inducida del torio. - Emisión de electricidad negativa de las emanaciones del torio y del radio.
Mary Sybil Leslie Británica (1887-1937)	Graduada Univ. de Leeds (1908).  Licenciatura antes de 1912.	Química investigadora y Jefa de laboratorio en fábricas militares de Litherland y en el Norte de Gales (I Guerra Mundial)	- M. Curie (1867-1934) y A. Debiene (1874-1949) - Ernest Rutherford (1871-1937)	Instituto del Radio de París (1909-11).  Laboratorio Física Univ. Manchester (1911-1912)	- Publicó 2 trabajos sobre el torio (1911) - Constantes difusión de emanaciones del torio y actinio (1912) - Reacciones obtención ácido nítrico en grandes cantidades.
Jadwiga Szmidt Polaca (1889-1940).  Se casó con A.A. Tshernyshev, físico electrónico (1923) Murió de una enfermedad originada por la radiactividad.	Inst. Pedagógico Femenino de Petersburgo (1905)  Licenciatura Univ. Masculina de Petersburgo (1915)	- Profesora en la Univ. Sorbona de París (1911, un semestre) - Prof. Física Escuela Secundaria Femenina. Petersburgo (1911-13) - Organizó escuelas polacas para personas refugiadas (1915) - Prof. Laboratorio de Física Experimental. - Traductora científica Actas Físicoquímicas Academia de Ciencias de la URSS	- Marie Curie (1867-1934). - A. L. Gershun - Ernest Rutherford (1871-1937) - Abram F. Ioffe (1880-1960) - A.F. Ioffe (1880-1960) -A.A. Tshernyshev (1882-1940)	-Instituto del Radio de París (1911) -Univ. Petersburgo - Univ. Manchester (1913-1914) - Inst. Politécnico de Petersburgo - Instituto Estatal Físico-Técnico y Radiológico de Leningrado	Artículos publicados: - La distribución de energía en diferentes tipos de rayos $\gamma$ (1914) - La excitación de los rayos $\beta$ por los rayos $\gamma$ - La física de los rayos X y preparó filtros especiales para el efecto monocromático de los rayos X (1919). - Investigaciones en electrónica, sobre televisión, patentó un oscilógrafo con su marido (1927). - Traducción al ruso del <i>Experimental Researches in Electricity</i> de Faraday (1947).

Cuadro 4.1. Pioneras en ciencia nuclear (f)

CIENTÍFICAS nacionalidad	FORMACIÓN ACADÉMICA	CARGOS ACADÉMICOS	DIRECTOR A INVESTIGACION	UNIV. e INST DE INVESTIGACIÓN	CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS
Marietta Blau Austria (1894-1970)	- Doctorada Univ. de Viena (1919) - Beca Asociación Austria Univ. de Mujeres (1933-34) -Premio con Hertha Wambacher: • <i>Ignaz L. Lieben</i> Academia Viena de Ciencias (1937) • <i>E. Schrödinger</i> (1962) - Nominada por Schrödinger al Premio Nobel en varias ocasiones.	- Trabajó en Berlín en la industria (1920-21). - Asistente Univ.-Inst. en Frankfurt am Main (1921-23). - Prof. Univ. Técnica Méjico D.F.(1939-44) (1944-48) - <i>International Rare Metals Refinery</i> , N.Y. - <i>Gibbs Manufacturing and Research Corp.</i> - <i>Canadian Radium and Uranium Corp.</i> - Prof. Asociada Univ. de Miami (1955-60)	- Ellen Gleditsch (1879-1968)	- <i>Institut für Radiumforschung</i> y 2º Inst. de Física Univ. de Viena (1923-38) - Inst. Curie de Paris y Univ. Göttingen (1933-34) -Universidad de Oslo (1938-39) -Investigadora Univ. Columbia (1948-50) - <i>Brookhaven National Lab.</i> invitación de la Comisión de Energía Atómica (1950-55)	- Primera en usar emulsiones nucleares para detectar neutrones, por observación de protones de retroceso. - Demostró la existencia de gran número de protones y neutrones en la radiación cósmica y observó con Hertha Wambacher desintegraciones nucleares causadas por rayos cósmicos en emulsiones nucleares (conocidas como estrellas <i>Blau-Wambacher</i> ) - Desarrollo temprano de tubos fotomultiplicadores e investigó sobre mesones.

Cuadro 4.2. Cronología de los descubrimientos relacionados con nuevos elementos, radiactividad, fisión nuclear y estructura del núcleo atómico (1895-1963).

Año	Científicas y científicos	Descubrimientos y acontecimientos principales
1895	Wilhelm K. Röntgen	Los rayos X.
1896	Henri Becquerel	Radiaciones penetrantes procedentes de sales de Uranio luminiscentes, que no necesitan ser expuestas a la luz para producir dichas radiaciones, que provienen del elemento Uranio, independiente-mente del compuesto del que éste forme parte.
1897	Joseph J. Thomson	El electrón.
1897	<i>Marie Curie</i>	Empieza a investigar las radiaciones encontradas por Becquerel.
1898	<i>M. Curie</i> , G. C. Schmidt	La radiactividad del Torio, por separado.
1898	<i>Marie Curie</i> y	Polonio (84) y Radio (88) y acuñan el término "radiactividad".

	Pierre Curie	
1899	André Debierne	Actinio (89).
1900	Fredrich Dorn	Radon (86).
1902	<i>Marie Curie</i>	Aisla 120 mg de cloruro de radio, libre de Bario y calcula el peso atómico del Radio.
1903	<i>Marie Curie</i>	Tesis doctoral sobre la radiactividad, como propiedad atómica.
1903	Ernest Rutherford y Frederick Soddy	Teoría de las transmutaciones: la radiactividad es una manifestación de un cambio químico subatómico, que implica la transformación espontánea de los átomos de un elemento en los de otro.
1903	Henri Becquerel, <i>Marie Curie</i> y Pierre Curie	Premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la radiactividad.
1906	Joseph J. Thomson	Premio Nobel de Física por sus investigaciones sobre la conducción de electricidad por los gases.
1908	Ernest Rutherford	Premio Nobel de Química por sus investigaciones sobre la desintegración de los elementos y la química de las sustancias radiactivas.
<b>Año</b>	<b>Científicas y científicos</b>	<b>Descubrimientos y acontecimientos principales</b>
1911	<i>Marie Curie</i>	Premio Nobel de Química por el descubrimiento del Radio y del Polonio, y por el aislamiento y la caracterización del Radio.
1911	Ernest Rutherford	Propone la estructura nuclear del átomo.
1914	Henry Moseley	Predice varios elementos que faltaban en la Tabla Periódica.
1917	<i>Lise Meitner</i> y Otto Hahn	Protactinio (91).
1919	Ernest Rutherford	El protón.
1921	Frederick Soddy	Premio Nobel de Química por sus contribuciones a la química de las sustancias radiactivas y por el origen y la naturaleza de los isótopos.
1923	Coster y Hevesy	Hafnio (72).
1925	<i>Ida (Tacke)</i> , Walter Noddack y Otto Berg	Renio (75).
1932	<i>Irène Curie</i> y Frédéric Joliot	Sientan las bases para el descubrimiento del neutrón.
1932	James Chadwick	El neutrón.
1932	Carl D. Anderson.	El positrón.
1932	Harold C. Urey	Aislamiento del Deuterio.
1934	Harold C. Urey	Premio Nobel de Química por el descubrimiento del Deuterio (Hidrógeno pesado).
1934	<i>Irène Curie</i> y F. Joliot	Radiactividad artificial.

1934	<i>Ida Tacke Noddack</i>	Hipótesis sobre la fisión nuclear.
1935	<i>Irène Curie y Frédéric Joliot</i>	Premio Nobel de Química por la síntesis de nuevos radioisótopos.
1935	James Chadwick	Nobel de Física por el descubrimiento del neutrón.
1936	Carl D. Anderson y Victor F. Hess	Nobel de Física por el descubrimiento del positrón y de la radiación cósmica, respectivamente.
1937	<i>Irène Curie y P. Savitch</i>	Casi descubren la fisión nuclear.
1937	Emilio Segrè y C. Perrier	Tecnecio (43) del Ciclotrón.

<b>Año</b>	<b>Científicas y científicos</b>	<b>Descubrimientos y acontecimientos principales</b>
1938	Enrico Fermi	Nobel de Física por demostrar la existencia de nuevos elementos radiactivos producidos por irradiación de neutrones y por descubrir las reacciones nucleares producidas por neutrones lentos.
1938	Otto Hahn y Fritz Strassmann	Obtienen e identifican un isótopo del Bario por fisión del Uranio.
1939	<i>Lise Meitner y Otto Frisch</i>	Explicación teórica de la fisión nuclear.
1939	<i>Marguerite Perey</i>	Francio (87).
1940	D. Corson y McKenzie	Astato (85) del Ciclotrón.
1940	E. McMillan y P. Abelson	Neptunio (93).
1940	<i>Chien-Shiung Wu y Emilio Segrè</i>	Tecnecio (43) por fisión.
1941	<i>Berta Karlik y T. Bernert</i>	Isótopos del Astato (85).
1942	<i>C. S. Wu y E. Segrè</i>	Prometio del Ciclotrón.
1944	Otto Hahn	Premio Nobel de Química por la fisión nuclear.
1945	C. Coryell, Marinski y Glendenin	Aislamiento del Prometio (61) como producto de fisión.
1948	<i>Maria Göppert-Mayer y Hans Jensen</i>	Modelo de capas del núcleo atómico.
1955	Emilio Segrè y Owen Chamberlain	El antiprotón.



1956	F. Reines	Detecta el neutrino, predicho por Pauli
1957	<i>Chien-Shiung Wu</i> y col.	Demostración empírica de la no conservación de la paridad.
1957	Tsung Dao Lee y Chen Ning Yang	Premio Nobel de Física por la hipótesis teórica de la no-conservación de la paridad.
1959	Emilio Segrè y Owen Chamberlain	Premio Nobel de Física por el descubrimiento del antiprotón.
1963	<i>Maria Göppert-Mayer</i> , H. Jensen y E. Wigner	Premio Nobel de Física por el modelo de capas del núcleo atómico y por sus contribuciones a la teoría del núcleo atómico y de las partículas elementales.

Cuadro 5.1. Científicas Premios Nobel de Física y Química.

Época descubrimiento	Campo y Año del Nobel	Personas premiadas ( <i>Mujeres en cursiva</i> ) (fechas de nacimiento y defunción)	Descubrimiento
(1897-1903)	Física 1903	<i>Marie Sklodowska Curie</i> (1867-1934)  Pierre Curie (1859-1906) Antoine Henri Becquerel (1852-1908)	La Radiactividad.
(1903-1910)	Química 1911	<i>Marie Sklodowska Curie</i> (1867-1934)	Descubrimiento del Polonio y del Radio y aislamiento del Radio.
(1931-1933)	Química 1935	<i>Irène Joliot-Curie</i> (1897-1956)  Frédéric Joliot-Curie (1900-1958)	Radiactividad artificial. Síntesis de nuevos elementos radiactivos.

(1948-1950)	Física 1963	<i>Maria Göppert-Mayer</i> (1906-1972) J. Hans D. Jensen (1907-1973) Eugene Paul Wigner (1902-1995)	Estructura del núcleo atómico (modelo de capas).  Contribuciones a la teoría del núcleo atómico y de las partículas elementales
(1949-1956)	Química 1964	<i>Dorothy (Crowfoot) Hodgkin</i> (1910-1994)	Determinación por difracción de rayos X de la estructura de importantes sustancias bioquímicas: colesterol, penicilina, vitamina B12 e insulina.

Cuadro 5.2. Científicas merecedoras del Premio Nobel de Física, Química o Fisiología y Medicina y científicos que los recibieron.

Campo y Año del Nobel	Científicas (fechas nacimiento y defunción)	Descubrimiento y época de investigación	Científicos premiados (fechas nacimiento y defunción)
Física 1921	Mileva Maric (1875-1948)	Contribuciones a la Física Teórica y Efecto Fotoeléctrico (1905-1915)	Albert Einstein (1879-1955)
Fisiología y Medicina 1934	Frieda Robscheit-Robbins (1893-1973)	Investigaciones sobre el valor terapéutico del hígado en el tratamiento de la anemia perniciosa. (1915-1926)	George H. Whipple (1878-1976) George R. Minot (1885-1950) William P. Murphy (1892-1987)
Fisiología y Medicina 1935	Hilde Proescholdt Mangold (1898-1924)	Naturaleza y localización del organizador que dirige el desarrollo embrionario de distintos tejidos y órganos. (1924)	Hans Spemann (1869-1941)
Química 1944	Lise Meitner (1878-1968)	Fisión de núcleos pesados. (1934-1939)	Otto Hahn (1879-1968)
Física 1957	Chien-Shiung Wu (1912-97)	No-conservación de la paridad en interacciones nucleares débiles. (1957)	Tsung Dao Lee (1926- ) Chen Ning Yang (1922- )
Fisiología y Medicina 1962	Rosalind Franklin (1920-1958)	Estructura de la molécula del ADN: la doble hélice. (1951-1953)	James Watson (1928- ) Francis Crick (1916- ) Maurice Wilkins (1916- )

Física 1974	Jocelyn Bell Burnell (1943- )	Pulsares (estrellas de neutrones). (1967) Investigación pionera en radio astrofísica.	Anthony Hewish (1924- ) Martin Ryle (1918-1984)
----------------	----------------------------------	--	--

Cuadro 6.1. Científicas Premios Nobel de Fisiología y Medicina.

Época descubrimiento	Campo y Año del Nobel	Personas premiadas ( <i>Mujeres en cursiva</i> ) (fechas de nacimiento y defunción)	Descubrimiento
(1936-1943)	Fisiología y Medicina 1947	<i>Gerty Theresa Cori (Radnitz)</i> (1896-1957)  Carl Ferdinand Cori (1896-1984)  Bernardo A. Houssay (1887-1971)	Reacción catalítica del glucógeno: mecanismo de interconversión de la glucosa y el glucógeno. Síntesis y aislamiento de la fosforilasa, enzima que origina la catálisis del glucógeno.  Importancia hormonal de los lóbulos anteriores de la hipófisis en el metabolismo del azúcar.
(1959)	Fisiología y Medicina 1977	<i>Rosalyn Yalow (Sussman)</i> (1921- )  Roger Guillemin (1924- ) Andrew Schally (1926- )	Ensayos radioinmunológicos de las hormonas peptídicas.  Descubrimientos relacionados con la producción de hormonas peptídicas en el cerebro.
1951	Fisiología y Medicina 1983	<i>Barbara Mc.Clintock</i> (1902-1992)	Transposición genética: existen elementos genéticos móviles, que dentro del cromosoma saltan activando o desactivando genes.
(1950-1959)	Fisiología y Medicina 1986	<i>Rita Levi-Montalcini</i> (1909- ) Stanley Cohen (1922- )	Factor de Crecimiento Nervioso (NGF)
(1950 - 1960)	Fisiología y Medicina 1988	<i>Gertrude B. Elion</i> (1918-1999) George H. Hitchings (1905-1998)  Sir James Black (1924- )	Principios que contribuyeron al desarrollo de nuevas medicinas para tratamientos médicos para curar enfermedades: leucemia, gota, infecciones víricas, herpes, malaria, rechazo en transplantes de órganos, ...  Desarrollo de los medicamentos bloqueadores beta (beta-blocker)
1980	Fisiología y Medicina	<i>Christiane Nüsslein-Volhard</i> (1942- ) Eric Wieschaus (1947- )	Control genético del desarrollo embrionario temprano (organismos enteros, desde levaduras a moscas o ratones y personas, están contruidos con una lógica genética invariante).
1948	1995	Edward Lewis (1918- )	