

## 5º tema: Ilustración y Revolución industrial

# 2 Introducción

El siglo XVIII estuvo marcado políticamente por el equilibrio entre las grandes potencias europeas.

Se produjo un enorme **crecimiento de la población mundial**:

Se pasó de los 450-470 millones de habitantes en el siglo XVII a los casi 700 millones de 1750, los 900 hacia 1800.

Se debió a varios factores:

- > Disminución de las guerras y del hambre.
- > Disminución de la morbilidad derivada de las epidemias,
- > Mejora en el clima,
- > El auge de la industria,
- > El desarrollo de los transportes y los mercados,
- > Una alimentación más variada y abundante.

# 3

## Introducción (2)

---

La **producción agrícola** evolucionó positivamente gracias a:

- > Aparición de nueva maquinaria:
  - > La máquina sembradora del inglés Jethro Tull posibilita sembrar rápidamente y colocando la simiente fácilmente en filas que hacen más simples otras tareas agrícolas.
  - > El arado de hierro que posibilita un laboreo más profundo y efectivo.
  - > Las primeras segadoras y trilladoras, que permiten mejorar la productividad de los trabajadores agrícolas.

# 4 Introducción (3)

---

- > Surgimiento de una agricultura científica:
  - > Ensayos exitosos con nuevas rotaciones de cultivos que permitirán eliminar el barbecho y disponer de importantes cantidades de materia vegetal para el engorde del ganado. Pioneros como Lord Townshend introdujeron la rotación cuatrienal: trigo, nabos, cebada, trébol.
  - > Aumenta el uso de fertilizantes. En primer lugar porque aumentó la disposición de abono orgánico (estiércol), que venía utilizándose tradicionalmente, a causa del incremento de la ganadería. En segundo lugar porque se inicia la utilización de fertilizantes artificiales.

# 5

## Introducción (4)

---

- > El cerramiento de las propiedades. Desde mediados del siglo XVII muchos propietarios cercan sus tierras y con ello adquieren un mayor control sobre los cultivos.
- > Las mejoras en la ganadera, con la cría selectiva. Una ganadería "científica" que pretende la mejora de tamaño y salud de las razas ganaderas tradicionales.

# 6

## Introducción (5)

---

Perduraba el modelo de **sociedad** estamental, aunque las clases se diferenciaban ya no por el privilegio, sino por sus relaciones económicas.

El desarrollo del comercio y de la burguesía darían lugar al proceso de la Revolución Industrial.

La colonización y el comercio exterior empezaron a considerarse como fuentes de materia prima y mercados.

Inglaterra expandió sus dominios comerciales en China, la India y las Colonias Americanas.

# 7

## La Revolución Industrial

### **La Revolución Industrial como un fenómeno de arrastre.**

- > Entre 1760 y 1840 tuvieron lugar la Revolución Industrial de la Gran Bretaña, y las revoluciones políticas de Norteamérica y Francia.
- > Las relaciones entre la ciencia, la técnica, la economía y la política formaron un proceso claro de transformación cultural.
- > El salto cuantitativo en la productividad en todos los campos de la manufactura llevó a Engels a acuñar el término de “Revolución Industrial” para referirse a este periodo.
- > Los principales rasgos de la Revolución Industrial habría que clasificarlos en tecnológicos, socioeconómicos y culturales.

# 8

## La Revolución Industrial (2)

### Factores de la Revolución Industrial

*¿Por qué en Gran Bretaña? ¿Por qué a mediados del siglo XVIII?*

#### 1. Factores políticos

- > Un régimen político estable, la monarquía liberal, que desde el siglo XVII es el sistema político imperante.
- > Las numerosas guerras en las que se vio envuelto el Reino Unido durante los siglos XVIII y XIX no provocaron daños en territorio británico. La insularidad actuó en este sentido como una barrera de protección.



# 9

## La Revolución Industrial (3)

2. *Factores sociales y económicos*
  - > Abundancia de capitales, procedentes, en parte, del dominio comercial británico.
  - > Incremento sostenido de la capacidad para producir alimentos por parte de la agricultura británica.
  - > Existencia de una abundante mano de obra. La población británica crece a gran ritmo a causa fundamentalmente de los cambios en la agricultura: el suministro constante y creciente de alimentos va terminando con las crisis demográficas.
  - > La mayor libertad económica a causa de la debilidad relativa con respecto a otros países de organismos como los gremios que suponían un freno a cualquier innovación en las actividades industriales.

# 10 La Revolución Industrial (4)

---

- > Abundancia de emprendedores entre los comerciantes y los grandes propietarios de tierra.
- > Una aristocracia que permite y premia las innovaciones y la creación de riqueza, en contraste con la nobleza de otros países, más tradicional, apegada a la tierra y que desprecia cualquier forma de trabajo productivo.
- > Menor peso de los impuestos al comercio en el mercado interno: en Gran Bretaña el peso de los impuestos interiores era muy reducido comparado con otros países europeos donde era muy común encontrarse aduanas interiores cada pocos kilómetros lo que convertía al comercio en una actividad poco productiva.

# 11

## La Revolución Industrial (5)

### 3. *Factores geográficos*

- > Abundancia de hierro y, sobre todo, de carbón. El hierro se encontraba en los Montes Peninos, mientras que el carbón abundaba tanto en Inglaterra como en Gales y Escocia.
- > Fácil y constante suministro de agua como fuente de energía, pues el clima, lluvioso, superando de promedio los 1.000 mm anuales y sin estación seca, proporciona corrientes de agua numerosas y constantes.
- > El factor “insular”: abundancia de puertos que facilitan el comercio nacional e internacional.
- > La existencia de muchos ríos navegables (y canales que se construirán) favoreció la creación muy temprana de un mercado nacional con las ventajas que supone contar con un mercado de gran tamaño a la hora de acometer inversiones.

# 12 La Revolución Industrial (6)

## 4. *La revolución en los transportes*

Esta mejora incide en una bajada general de costes en todos los sectores y permite la creación de mercados amplios que hacen posible un mayor tamaño de las empresas y por tanto mayor especialización y economías de escala.

### > Carreteras y canales

- > A comienzos del siglo XVIII Gran Bretaña contaba con un aceptable sistema de transportes, que mejorará notablemente con la construcción de carreteras y con muchos kilómetros de canales, pensados fundamentalmente para el transporte de mercancías pesadas (sobre todo carbón).
- > A comienzos del siglo XIX Gran Bretaña cuenta con mil kilómetros de canales.

# 13 La Revolución Industrial (7)

---

- > El ferrocarril
  - > La verdadera revolución de los transportes vendrá con la construcción de líneas de ferrocarril.
  - > La idea de construir raíles de hierro por donde circulen vagones o vagonetas se utilizaba en las cercanías de las minas para transportar hasta un puerto de mar o hacia un canal minerales como el carbón.
  - > Estos vagones eran arrastrados por caballos o bueyes.
  - > La revolución vendrá cuando se comience a utilizar la máquina de vapor que sea capaz de arrastrarse a sí misma y a un número indeterminado de vagones de carga.

# 14 La Revolución Industrial (8)

- > La navegación a vapor
  - > En las décadas centrales del siglo XIX los barcos de vapor comenzaron a desbancar a los veleros que durante siglos se habían constituido en un medio de transporte de mercancías y personas.
  - > Para que esta sustitución fuese posible el barco de vapor recibirá importantes mejoras:
    - > la sustitución de la rueda por la hélice,
    - > la incorporación de máquinas más eficientes,
    - > la construcción de los barcos con casco de hierro.
  - > Con estas mejoras los barcos se hicieron más manejables, no tenían que malgastar su capacidad de carga acumulando enormes cantidades de combustible (o repostar muy a menudo) y se convirtieron en más rápidos y seguros.

# 15 La Revolución Industrial (9)

---

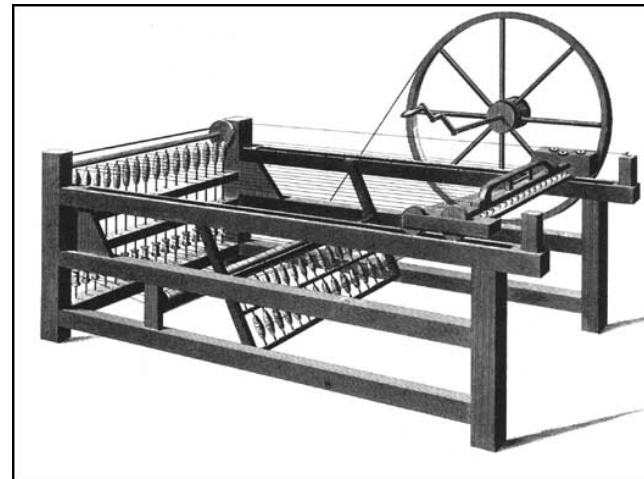
## **Sectores de la industria:**

1. La industria textil:
  - > La industria textil fue la primera en desarrollarse.
  - > La producción de telas era desde hacía siglos una importante actividad económica en Gran Bretaña.
  - > Buena parte de esa producción se basaba en el llamado Sistema Doméstico.
  - > A lo largo del siglo XVIII la industria textil conocerá importantes innovaciones técnicas. La mayor parte de las cuales serán realizadas por artesanos sin especiales conocimientos científicos.



# 16 La Revolución Industrial (10)

- > En 1733 John Kay patentó un telar con lanzadera volante que permitía duplicar la capacidad de tejido de los artesanos ingleses. Esto aumentó de manera notable la demanda de hilo.
- > La respuesta a esta demanda fue la máquina hiladora *spinning jenny* que multiplicaba la capacidad de los hiladores, aunque aún utilizaba como energía la fuerza humana de los trabajadores.

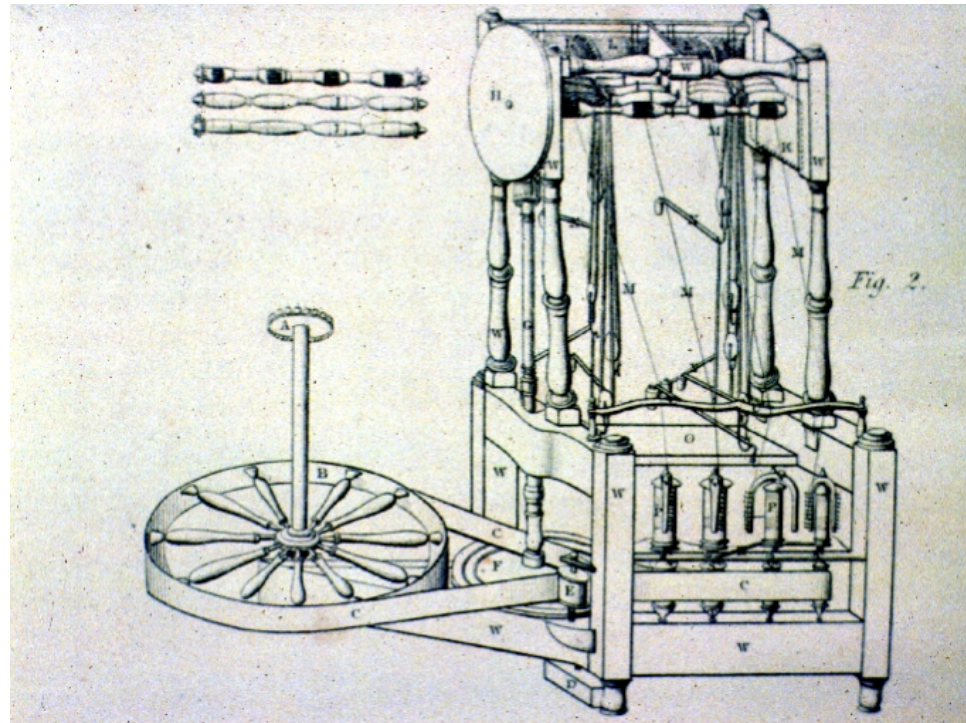




# 17

## La Revolución Industrial (11)

- > A continuación se inventó una máquina hiladora que utilizaba como fuerza motriz el agua, la llamada *water frame* patentada por Richard Arkwright.



# 18 La Revolución Industrial (12)

- > Arkwright puede ser considerado el creador de la primera fábrica moderna, ya que este invento exigía la concentración de numerosas máquinas y obreros trabajando a jornada completa en un edificio situado junto a una potente corriente de agua.
- > Hacia 1785 Cartwright había patentado un telar mecánico movido por fuerza hidráulica.



# 19

## La Revolución Industrial (13)

### 2. La industria siderúrgica

El desarrollo de este sector es posterior al textil.

En los primeros años del siglo XVIII Darby que consiguió la producción de hierro utilizando carbón mineral.

El hierro irá sustituyendo a la madera en herramientas agrícolas, estructuras de edificios, piezas de máquinas, herramientas artesanales.

Si hasta entonces la producción de hierro estaba dispersa por la campiña inglesa en forma de pequeñas forjas, ahora se construirán grandes complejos en la cercanía de las minas de carbón inglesas y del sur de Gales.

En 1720 la producción de hierro era de 25.000 toneladas, en 1796 ya ascendía a 125.000, y en 1850 ya pasaba de 2.500.000 toneladas.

# 20 La Revolución Industrial (14)

## La máquina de vapor

Se empleó primero en las minas, para elevar el agua por medio de fuego.

La primera fue diseñada por Thomas Savery en 1698.

La idea básica ya la había propuesto Denis Papin en 1690. Consistía en aprovechar la fuerza de la presión atmosférica mediante la creación de vacío en una cámara.

La máquina consistía en un recipiente de forma oval lleno de agua, adonde se conducía el vapor producido en una caldera, que desalojaba el agua hacia arriba. Luego se enfriaba el recipiente bañándolo con agua fría, y el vapor se condensaba.

Puesto en contacto este recipiente mediante un tubo con el agua a extraer, el vacío la succionaba, elevándola y llenándolo.

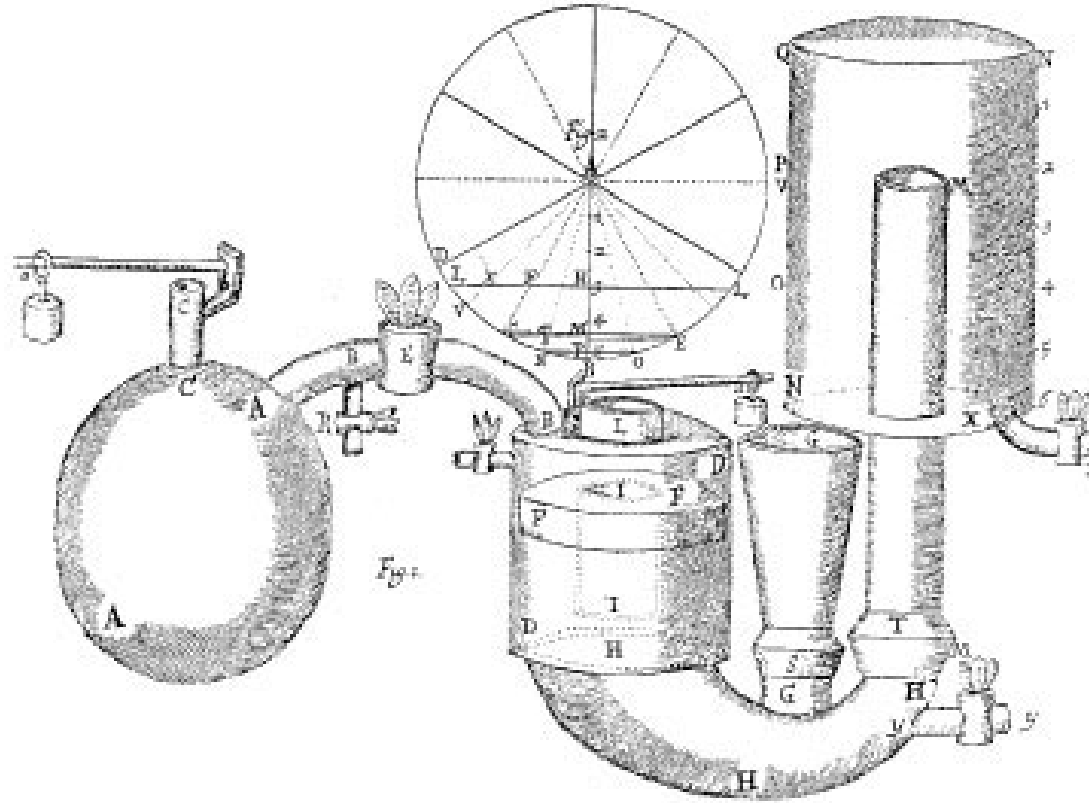
21

# Máquina de vapor de Papin

# Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08

FIGURA 3





# 22

## La Revolución Industrial (14)

Con este diseño, la máquina era poco eficiente, pues perdía energía con el enfriamiento del recipiente.

Además, la altura a la que podía elevar el agua era limitada, y sólo podía aumentarse elevando la presión del vapor, que no podía sobrepasar ciertos límites sin grave riesgo de explosión.

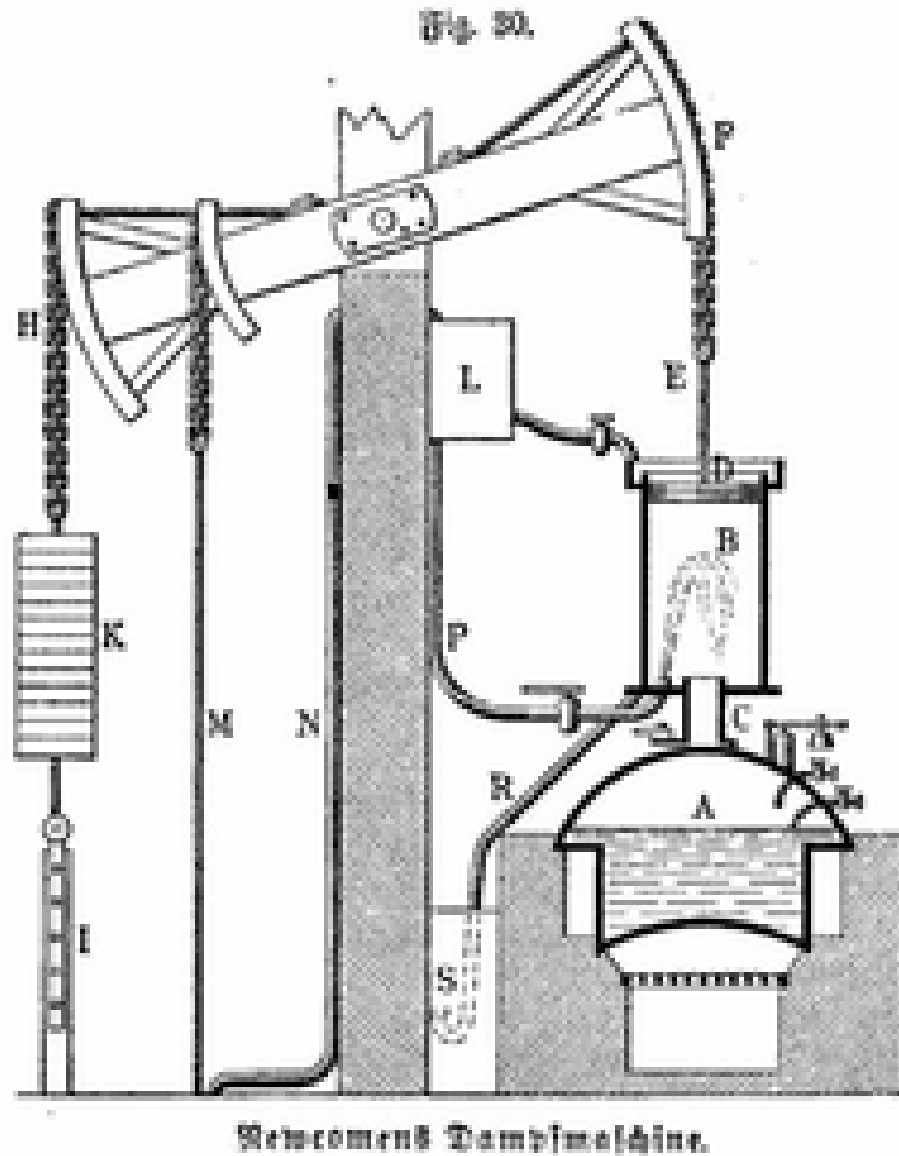
En 1705 Thomas Newcomen, un herrero y ferretero mejoró notablemente la máquina anterior.

Empleó vapor a la presión atmosférica que llenaba un cilindro, donde al enfriarse y producirse el vacío la presión atmosférica accionaba un pistón. Este se hallaba conectado a un balancín al que movía arriba y abajo, en cuyos extremos operaba una bomba de agua. En este dispositivo, accionado por la presión atmosférica, la potencia dependía de la superficie del pistón sobre la que aquella actuaba.

## 23 Máquina de vapor de Newcomen

# Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08



# 24 La Revolución Industrial (15)

El problema era que la tecnología de la época no podía garantizar un buen ajuste entre el cilindro y el pistón a partir de ciertas dimensiones.

El desarrollo definitivo vino de la mano de James Watt, formado en el ramo de la construcción de instrumentos.

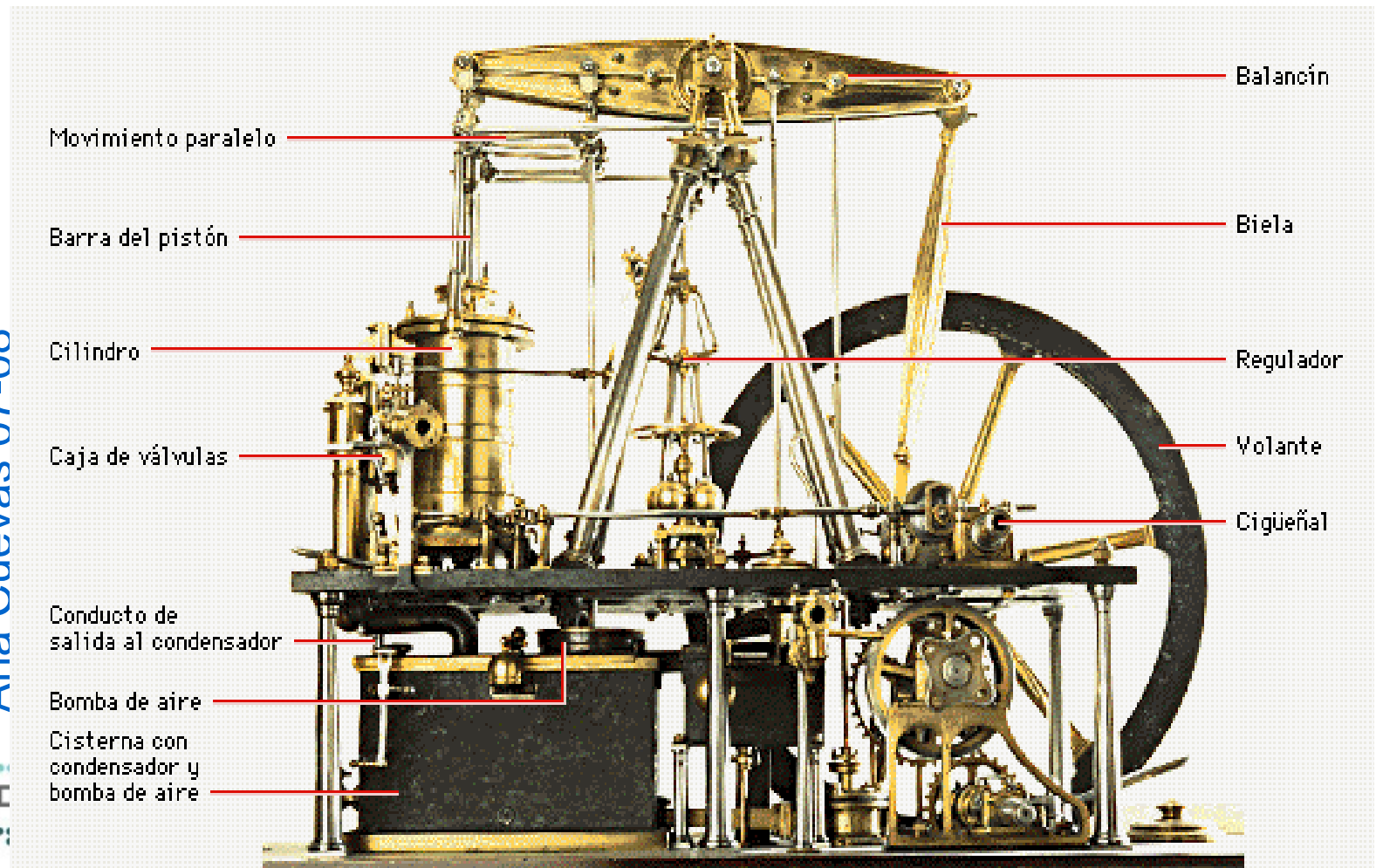
Advirtió la importancia de la pérdida de energía que se producía en los calentamientos y enfriamientos del cilindro; una porción del vapor suministrado se invertía en ese calentamiento sin aportar ningún trabajo.

Se le ocurrió emplear dos cilindros, uno, que conteniendo el pistón estuviese caliente permanentemente, y otro, en el que se condensase el vapor, que estuviese siempre frío, sumergiéndolo en un tanque con agua.

La idea la patentó en 1769. Esta fue la máquina que suministró la fuerza motriz a la Revolución Industrial.



# 25 Máquina de vapor de Watt



# 26 Ciencia e Ilustración

---

Desde el punto de vista intelectual, el siglo XVIII fue llamado en Francia “El siglo de las Luces” y en otros países “El siglo de la Ilustración”.

Este movimiento se caracterizó por la confianza del poder de la razón para encontrar la solución a diversos problemas de la esfera humana.

Tuvo particular incidencia en Francia, en donde condujo a la Revolución de 1789.

En el terreno de las ciencias, la razón y, en especial la razón matemática, sería el instrumento elegido para desvelar las leyes de la naturaleza y controlarla en beneficio de la humanidad.

# 27 Ciencia e Ilustración (2)

La Revolución Científica había hecho perder a la humanidad del lugar central que antes ocupaba.

- > La Tierra era un planeta entre otros.
- > El Sol era una estrella más, en un universo sin límites.

Esto tuvo diversas consecuencias:

- > La estirpe humana no era más que una mota de polvo dentro de la Creación
- > Dios se tornó más remoto. La esperanza de alcanzar la felicidad en el otro mundo perdió por completo fuerza.
- > La felicidad se convirtió en un asunto terrenal.
- > El progreso científico y social irían de la mano.
- > El individuo y la sociedad se convirtieron en objetos de estudio científicos.

# 28 Ciencia e Ilustración (3)

Aparece también en esta época la noción de “**progreso**”.

- > Desde la antigüedad se había sostenido una idea de decadencia de las sociedades humanas. Cada una de ellas sería peor a la anterior.
- > Esta idea se alienta en el Renacimiento y su exaltación de la Antigüedad griega y romana.
- > **Francis Bacon** es uno de los primeros pensadores contrarios a esta idea.
  - > Los modernos habían inventado la imprenta, la brújula y la pólvora (artefactos no conocidos en la antigüedad)
  - > El conocimiento científico tendría como fin y propósito conocer las leyes de la naturaleza, de tal manera que los hombres pudieran dominarla.

# 29 Ciencia e Ilustración (4)

---

- > Era preciso elevar al ser humano desterrando la superstición, promoviendo su educación, reformando la sociedad y el gobierno.
- > Los seres humanos se proporcionan leyes para el gobierno en la esfera política y social.
- > No tienen un carácter arbitrario, sino que dependen de cuestiones físicas y sociales.
- > Las leyes consisten en el conjunto de relaciones que se establece en un país entre su aspecto físico, el número y forma de vida de sus habitantes, su religión, su comercio, etc.
- > Montesquieu estimulo la búsqueda del orden causal subyacente en la aparente diversidad de la historia de la humanidad.

# 30 Ciencia e Ilustración (5)

---

- > La economía también se convirtió en un sistema sometido a leyes.
- > Los “fisiócratas” pusieron el énfasis en la producción agrícola como clave del desarrollo de la humanidad.
- > Adam Smith (1723-1790), siguiendo los pasos de los fisiócratas estableció las bases del futuro liberalismo del siglo XIX.
  - > Puso el valor de los artículos en el trabajo necesario para producirlo.
  - > Este precio solía ser el del mercado, salvo cuando se producían ciertos desajustes, como el desequilibrio entre la oferta y la demanda.

# 31

## Ciencia e Ilustración (6)

---

- > Las matemáticas se introdujeron en el estudio demográfico y de los seguros, gracias a la estadística.
- > Se creó la “aritmética política” (W. Petty), cuyo objetivo era la descripción numérica de diversos aspectos de la sociedad.
- > Su análisis constituiría la base científica para facilitar las decisiones políticas.

# 32 Ciencia e Ilustración (7)

---

Siguiendo la inspiración de Bacon, los ilustrados franceses Diderot y D'Alembert escribieron la *Encyclopédie*, en donde se pretende sistematizar los conocimientos humanos.

Dividieron el entendimiento en tres facultades: la memoria, la razón y la imaginación.

En relación con el objeto del conocimiento, se presenta una estructura jerárquica en tres grandes apartados: las cosas relativas a Dios, al hombre y a la Naturaleza.



# 33 Ciencia e Ilustración (8)

---

La clasificación de las ciencias quedaría:

1. La historia, asunto de la memoria:
  1. Sagrada
  2. Civil
  3. Natural
2. La filosofía, asunto de la razón:
  1. Las ciencias de Dios
  2. Las ciencias del hombre
  3. Las ciencias de la naturaleza
3. El arte, asunto de la imaginación
  1. La poesía
  2. La pintura
  3. La música
  4. La arquitectura

# 34 Ciencia e Ilustración (9)

- > Filosofía y ciencia son sinónimos, entendiendo la ciencia en un sentido más amplio que el actual.
- > Se oponía al término “arte”.
- > Las artes podían ser liberales (gramática o lógica) o mecánicas (las practicadas por los artesanos).
- > Se caracterizaban como un conjunto de reglas, invenciones y experiencias orientadas a la consecución de fines prácticos y útiles.
- > El objetivo de las ciencias era la obtención de un conocimiento cierto a través de las causas.
- > La *física* (en el Continente) o la *filosofía natural* (Gran Bretaña) comprendía disciplinas como la fisiología y la medicina, mientras que no incluía a las matemáticas.

# 35 Ciencia e Ilustración (10)

- > **La física** se dividía en
  1. Una física general:
    - > Consistía en una metafísica de los cuerpos,
    - > Trataba acerca de sus propiedades universales  
(extensión, impenetrabilidad o movimiento)
  2. Una física particular:
    - > Estudiaba aquellas propiedades que no eran comunes a todos los cuerpos, como la dureza, la fluidez, la elasticidad.
    - > Incluía a la química.
- > **Las matemáticas** (también una ciencia de la naturaleza, la ciencia de la medida), se dividía en:
  1. Puras: que trataban de la cantidad o la extensión en abstracto.
  2. Mixtas: trataban acerca de la mecánica, la astronomía, la óptica, la acústica, etc.

# 36 Ciencia e Ilustración (11)

---

## **Las instituciones académicas: Universidades, academias y sociedades.**

- > Las universidades no contribuyeron al desarrollo de la nueva ciencia.
- > Su principal función era docente y no investigadora.
- > La enseñanza de la filosofía natural en las universidades sufrió una profunda transformación en este siglo:
  - > En la estructura de los cursos,
  - > En su contenido

# 37

## Ciencia e Ilustración (12)

---

- > Se habían fundado un gran número de academias científicas a imagen de la *Royal Society* de Londres y la *Académie Royale des Sciences* de París:  
Berlín (1700), Bolonia (1714), San Petersburgo (1724), Estocolmo (1739), Edimburgo (1783), entre otras.
- > También se fundaron academias de la Lengua, de la Numismática, de la Pintura, de la Agricultura, así como de Medicina, de Cirugía o de Farmacia.

# 38 Ciencia e Ilustración (12)

---

- > Asimismo, se establecieron observatorios astronómicos y jardines botánicos que también se dedicaban a la investigación.
- > Las academias tenían diversas funciones:
  - > La más importante era promover el conocimiento,
  - > También asumieron el control de las patentes,
  - > Servían de asesoramiento en cuestiones científicas y tecnológicas.
  - > Las publicaciones de las sociedades se convirtieron en los vehículos por excelencia para la presentación y difusión de las investigaciones.

# 39 Ciencia e Ilustración (13)

---

- > Establecieron intercambios entre ellas
  - > A través de las publicaciones.
  - > Mediante la movilización de astrónomos para observar el tránsito de Mercurio (1753) y de Venus (1761 y 1769) por delante del disco solar.
  - > Para establecer el sistema métrico internacional, el Gobierno Francés invitó a sabios de otros países.
- > La pertenencia a las academias servía de acreditación de la condición y la calidad de los filósofos naturales.

# 40

## Ciencia e Ilustración (14)

---

Se creó el moderno sistema educativo científico.

Se basaron en la experiencia previa de las academias de Inglaterra y las escuelas militares en Francia.

Se fundaron:

- > la *École Normale Supérieure*,
- > la *École de Médecine*, y
- > la *École Polytechnique*,

que proporcionaron el modelo para la enseñanza científica y los institutos de investigación del futuro.

Escogiendo a investigadores eminentes crearon la figura del profesor científico asalariado que se impondría en el siglo XX.

Estas instituciones dieron la oportunidad de dedicarse a la ciencia a jóvenes de toda procedencia social.

En el siglo XIX Inglaterra y Alemania establecieron un sistema educativo similar.



- Fue un periodo revolucionario en la ciencia:
- > Se resolvieron con métodos experimentales y matemáticos problemas ya no heredados de los griegos, sino radicalmente nuevos.
  - > Además, la ciencia se integró en el proceso de producción:
    - > la ingeniería mecánica, la química y la electricidad hicieron a la ciencia indispensable para la industria.
  - > La pérdida de su tradicional carácter académico supuso convertirla en uno de los elementos principales de las fuerzas productivas de la humanidad.

- La ciencia seguía siendo una actividad principalmente masculina, pero en este siglo las mujeres fueron incorporándose tímidamente a ella.
- > Como público lector.
  - > Como participantes activas en los debates de los “salones” de la aristocracia (instituciones intelectuales dirigidas por mujeres), entre cuyos temas se incluían los científicos y se realizaban experimentos.
  - > Como creadoras y transmisoras de ciencia:
    - > María Gaetana Agnesi en matemáticas,
    - > Laura María Catarina Bassi y Émile du Châtelet, en física,
    - > Caroline Lucretia Herschel en astronomía,
    - > Marie Anne Pierrette Paulze, esposa de Lavoisier y colaboradora en sus trabajos de química.

# 43

## Las matemáticas y la mecánica

- > Se produjo una gran difusión de los métodos y acercamientos matemáticos en las diversas ciencias y actividades más prácticas o empíricas.
- > El progreso en mecánica teórica en el siglo XVIII tuvo lugar casi enteramente en el continente con la ayuda del análisis.
- > El desarrollo analítico de la dinámica queda ilustrado en la forma que adquiere la segunda ley de Newton:

$$M \, d^2x/dt^2 = F_x; \, M \, d^2y/dt^2 = F_y; \, M \, d^2z/dt^2 = F_z$$

M es la masa del cuerpo, x, y, z son las coordenadas espaciales y  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  son los componentes de la fuerza total que actúan en él.

# 44

## Las matemáticas y la mecánica (2)

- > Otros principios establecidos en este período
  - > El del *momento de la cantidad de movimiento*; proclamado por Euler como una axioma independiente de la mecánica en 1775.
  - > El concepto de *presión interna de un fluido*, por J. Bernoulli, J. L. Rond d'Alembert y Euler, que construyó una teoría general de la hidrodinámica.
  - > El *principio de d'Alembert*, que permitía reducir problemas de dinámica a cuestiones de estática.
  - > El principio de mínima acción, de P. L. M. de Maupertuis.
  - > El principio de las fuerzas vivas, que afirmaba que el movimiento de un sistema dinámico satisface la ecuación:

$$\sum mv^2 + 2 \Phi (x,y,z) = \text{constante}$$

$v$  es la velocidad de una masa,  $x,y,z$  denotan su posición,  $\sum mv^2$  es la energía cinética y  $\Phi (x,y,z)$  es la función potencial del sistema (integrando las fuerzas sobre las variables espaciales).

# 45

## Las matemáticas y la mecánica (3)

- > Todos estos principios fueron reunidos en el conjunto de ecuaciones que describen el movimiento de los sistemas de cuerpos presentadas por J-L. Lagrange en su obra *Mécanique analytique* (1788).

# 46

## La exploración del mundo físico

El método experimental se dedicó fundamentalmente al ámbito de la física particular.

**Las investigaciones en electricidad** comenzaron con un estudio encargado por la Royal Society sobre la luminiscencia generada por la agitación del mercurio.

F. Hauskbee sometió a la sustancia a todo tipo de prueba experimental y comprobó que la luz se producía también sin mercurio, simplemente frotando un globo de cristal.

Descubrió las fuerzas de atracción de los cuerpos electrizados.

En esta época se desarrolló también la “botella de Leiden”, un dispositivo para el almacenamiento de electricidad (una especie de condensador).

B. Franklin propuso una teoría sobre la electricidad:  
Existe un único fluido eléctrico

Los cuerpos muestran propiedades eléctricas  
cuando contienen más o menos fluido eléctrico  
del normal.

Denominó a los dos tipos de electricidad como  
“positiva” y “negativa”.

El fluido eléctrico guardaba cierta relación con las  
explicaciones newtonianas.

1. Parecía permear libremente la materia ordinaria, independientemente de su densidad,
2. Constaba de partículas muy sutiles, que se repelían entre sí y que se veían atraídas por la materia ordinaria.
3. En estado neutro, un cuerpo está saturado de fluido eléctrico.

# 48

## La exploración del mundo físico (3)

4. El fluido forma una atmósfera que rodea su superficie.
5. Pero no encontró explicación para la repulsión entre cuerpos cargados negativamente.

F. U. T. Aepinus introdujo una simetría en las propiedades atractiva y repulsiva de la electricidad positiva y negativa.

Tomando los *Principia* como modelo, Aepinus planteó que se deberían investigar las interacciones eléctricas sin entrar en la naturaleza de las fuerzas implicadas.

Era preferible hablar de atracciones y repulsiones en sentido matemático.



# 49

## La exploración del mundo físico (4)

- > Una vez aceptadas las fuerzas de acción a distancia, los investigadores se dedicaron a buscar la ley de la fuerza eléctrica que rige las interacciones entre las partículas de la materia eléctrica.
- > Los primeros autores que lo lograron fueron: J. Robinson (1739-1805), H. Cavendish (1731-1808) y Ch. A. Coulomb (1739-1808).
- > Demostraron que las fuerzas entre cargas eléctricas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia (la misma relación matemática que había propuesto Newton para la gravitación).

# 50

## La exploración del mundo físico (5)

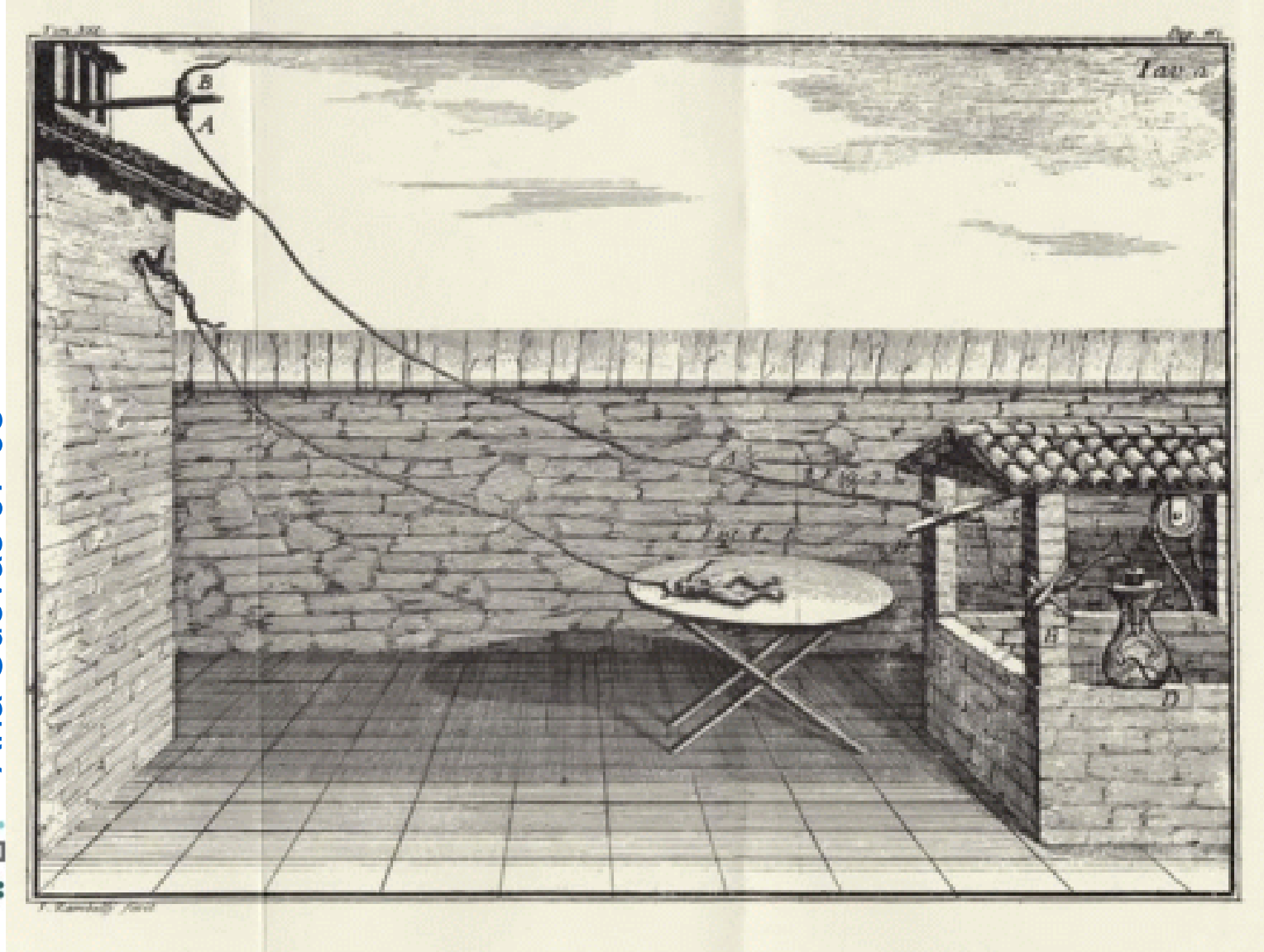
- > A finales del siglo XVIII los investigadores L. Galvani (profesor de anatomía de la Universidad de Bolonia) y A. Volta (Profesor de física en la Universidad de Padua) descubrieron la **corriente eléctrica**.
- > Galvani estudió el efecto de la electricidad sobre las ancas de las ranas con máquinas eléctricas y botellas de Leiden.
- > Tras varios años de trabajo concluyó que la contracción de los músculos se debía a una electricidad específica de los animales que se crearía en el cerebro y que se distribuiría por los nervios.

# 51

## Experimento de Galvani

Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08



# 52

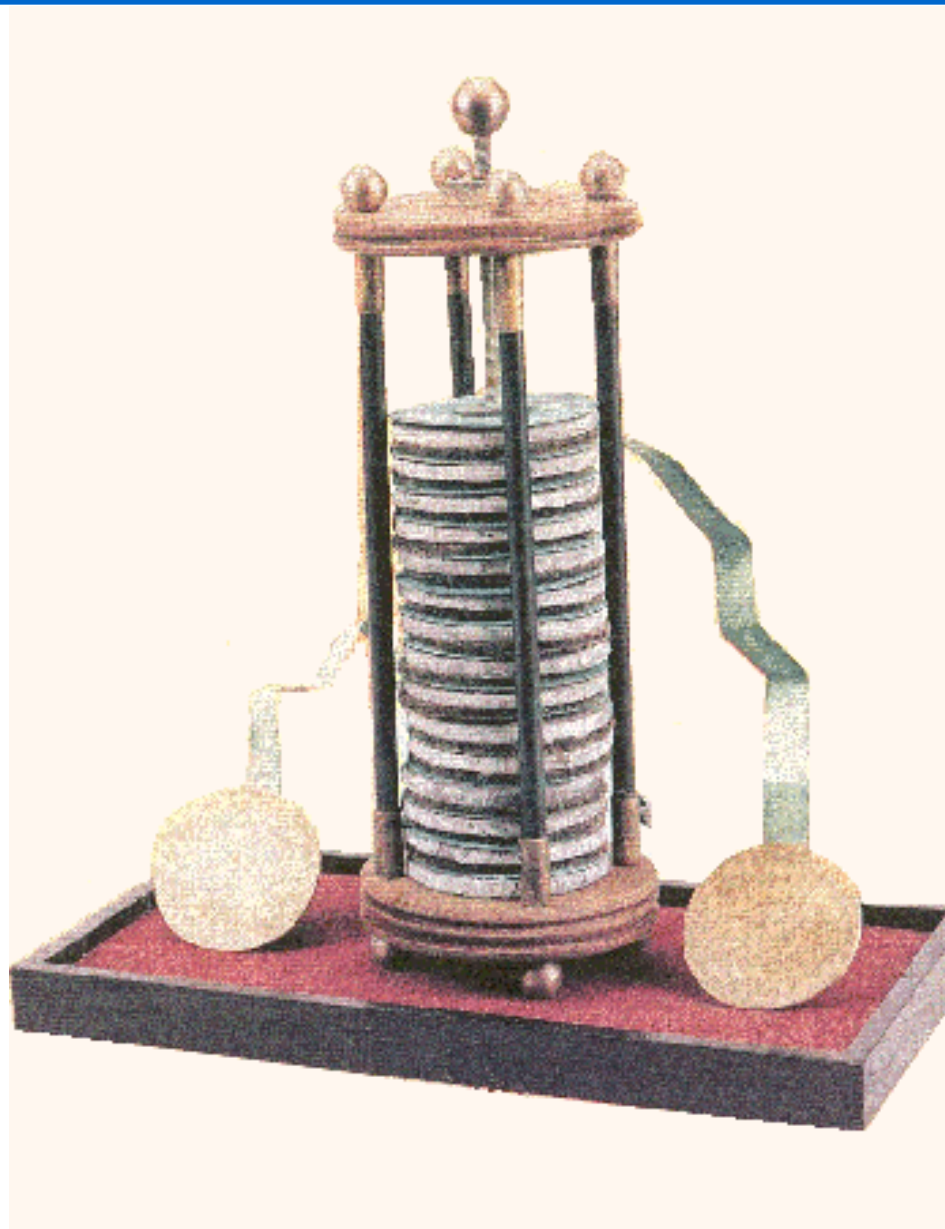
## La exploración del mundo físico (6)

- > Volta, conocido por la invención de un electrómetro muy sensible que permitía detectar la electricidad atmosférica, consideró que los tejidos animales sólo desempeñan un papel pasivo, siendo el contacto entre metales el que crea el fenómeno.
- > Apilando discos de plata y cinc y separando cada par con cartón humedecido con agua salada, al conectar la parte inferior de la pila con la superior obtuvo una corriente eléctrica.

# 53 Pila de Volta

Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08



### Las teorías sobre el calor en el siglo XVIII

En el siglo anterior existían diversas teorías sobre el calor.

Los seguidores del atomismo clásico consideraban que:

- > el fuego era corpóreo,
- > estaba constituido por partículas sutiles y ligeras,
- > dotadas de movilidad,
- > que penetraban en la materia ordinaria y actuaban con su presencia.

Otros autores (Bacon, Descartes, Hooke o Mariotte) sostenían que:

- > el calor resultaba del movimiento de partículas muy sutiles.

La primera teoría cinética de los gases la presentó Daniel Bernoulli en el siglo XVIII.

# 55

## La exploración del mundo físico (8)

En la segunda mitad del siglo XVIII se estudiaron los fenómenos caloríficos gracias al desarrollo del concepto de *cantidad de calor*, el *calor latente* (la energía absorbida por las sustancias al cambiar de estado) y el *calor específico* (cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un cuerpo temperatura en una unidad por unidad de masa, sin cambio de estado)

Se diseñaron termómetros formados con líquidos. Fahrenheit y Celsius construyeron termómetros con escala propia de temperaturas.

Señalaron en la escala puntos fijos y la subdividieron con puntos intermedios.

Con ellos se podía medir el “grado de calor”



# 56 La exploración del mundo físico (9)

Boerhaave y Fahrenheit midieron la temperatura que resulta al mezclar líquidos a temperaturas distintas.

Hacia mediados del siglo XVIII ya se conocía la fórmula:

$$T = m_1 T_1 + m_2 T_2 / m_1 + m_2$$

El científico escocés Joseph Black llevó a cabo experimentos de calorimetría y definió las nociones que rigen estos fenómenos.

- > La de calor específico: cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de masa unidad de una sustancia determinada.
- > El calor latente de cambio de estado: cantidad de calor necesaria para fundir la masa unidad de un sólido sin cambiar su temperatura.



# 57

## Astronomía y cosmología

---

Los observatorios subvencionados por los gobiernos, universidades y comunidades científicas surgidos en esta época contribuyeron notablemente al desarrollo de la astronomía.

Se aumentó la precisión en la determinación de las coordenadas celestes, de gran importancia para la navegación, la topografía y la cartografía.

Comenzaron a surgir los fabricantes especializados en el diseño y producción de equipamientos completos para observatorios:

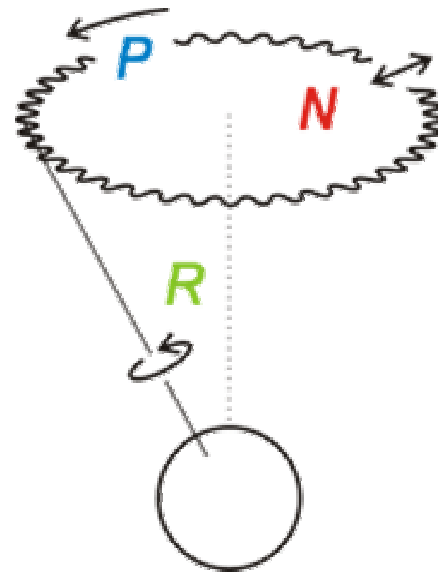
- > Cuadrantes murales,
- > Instrumentos de tránsito,
- > Sectores cenitales,
- > Relojes de precisión.

# 58

## Astronomía y cosmología (2)

Gracias a esos instrumentos se pudo determinar la **aberración de la luz estelar** (la desviación aparente de la posición de las estrellas debido al efecto combinado de la velocidad orbital de la Tierra y la velocidad finita de la luz que procede de ellas), confirmando así que las estrellas estaban mucho más alejadas de lo que generalmente se suponía.

También se descubrió la “nutación” (oscilación periódica del eje de la Tierra, causada principalmente por la atracción lunar).



## La determinación de la longitud geográfica

Había a comienzos del XVIII dos métodos:

- > Uno basado en el desarrollo de un reloj de precisión que pudiese usarse en un barco.
- > Otro basado en las distancias lunares, que utilizaba la Luna como reloj celeste. Requería de un catálogo de posiciones estelares y tablas del movimiento de la Luna.

# 60

## Astronomía y cosmología (4)

Anomalías que no solucionaba la Mecánica de Newton:

- > La aceleración de Júpiter y la Luna.
- > La desaceleración de Saturno.

Laplace, en *Exposition du Système du monde* (1796), distinguió entre variaciones periódicas y seculares y, con la ayuda de los trabajos matemáticos de Lagrange, demostró que todos los cambios en las órbitas planetarias resultantes de las atracciones mutuas de los astros eran *oscilatorios y periódicos*.

En este libro también propuso una explicación de cómo podía haber surgido el sistema solar a partir de una nebulosa gigante o torbellino de materia en rotación, cuyas partículas, al condensarse por la atracción gravitatoria, habrían dado lugar al Sol, los planetas y sus satélites.

Otro de los descubrimientos astronómicos del siglo XVIII fue **el movimiento de las estrellas**.

E. Halley descubrió que al menos algunas estrellas tenían un movimiento relativo.

Estudió varios catálogos estelares y concluyó que los las discrepancias no podían explicarse solamente por la precesión terrestre.

Tobias Mayer enunció una consecuencia del movimiento del Sistema Solar: las estrellas ubicadas en la dirección hacia la que nos dirigimos tenían que aparecer separándose unas de otras, mientras que las situadas en la dirección contraria se debían mostrar aglomerándose.

En 1783 Herschel y Prévost confirmaron esta hipótesis.

Herschel en 1781 distinguió un objeto que dadas sus características no podía ser una estrella.

Ese mismo año, Lexell, astrónomo real imperial de San Petersburgo, determinó la órbita de lo que en realidad era un planeta: Urano.

# 63

## Astronomía y cosmología (6)

Otra de las preocupaciones cosmológicas de este período es **el origen y la evolución del universo**.

Newton consideraba que la cosmología entendida como historia del universo no tenía sentido.

Descartes y Leibniz consideraron la necesidad de analizar la evolución del Universo y de la Tierra.

Kant en su *Historia natural universal y teoría de los cielos* imaginó que el Universo contenía un conjunto jerarquizado de “mundos-isla”, planeas girando alrededor de soles, y soles formando galaxias y galaxias formando grupos de galaxias.

La gravitación había contribuido a la organización del caos primigenio, dando lugar a la evolución de un orden.

# 64 Astronomía y cosmología (7)

## La verdadera forma de la Tierra

Newton había sugerido que la Tierra tiene forma de elipsoide aplanado por los polos.

Ch. Huygens llegó a una conclusión similar, pero no coincidía con Newton en la magnitud del aplanamiento.

Diversas mediciones llevadas a cabo por varios científicos franceses llevaban a la conclusión de que los arcos de latitud aumentaban de Norte a Sur, y que la Tierra era un esferoide alargado por los polos.

Para salir de dudas, la Académie des Sciences organizó dos expediciones, una a Laponia y otra a Quito para resolver la cuestión.

La conclusión a la que llegaron comprobaba la hipótesis de Newton y Huygens, pero no consiguieron determinar la cantidad de aplanamiento.



# 65

## La consolidación de la química

En el siglo XVIII se elaboró una **química mecanicista**.

Los principales artífices de este desarrollo fueron: Robert Boyle, Nicolas Hartsoecker y Nicolas Lémery.

Según esta concepción, la química se reducía a la física, ya que el cambio químico se consideraba como el resultado de interacciones mecánicas entre partículas de una materia homogénea y universal, dotadas de diverso tamaño y figura.

Las configuraciones de las partículas se inducían a partir de las propiedades macroscópicas de las distintas sustancias.

Las explicaciones de los cambios químicos eran siempre a posteriori, careciendo de valor predictivo.

# 66

## La consolidación de la química (2)

- > Se había avanzado en la **instrumentación técnica**
- > Se habían adoptado unos **esquemas metodológicos más cuantitativos** y más cercanos a los alcanzados por la física.
- > El aparato conceptual que prevalecía era la teoría del flogisto.

Lavoisier abandonó la teoría del flogisto debido al descubrimiento del oxígeno.

Scheele y Priestley sabían que habían aislado una sustancia nueva, pero no se dieron cuenta de que esa sustancia cuestionaba los criterios teóricos con los que hasta ese momento se habían interpretado los experimentos, descubrimientos y reacciones.

# 67

## La consolidación de la química (3)

- > Priestley calentó escoria de mercurio, mediante lo que obtenía un aire en el que ardía la madera y una vela.
  - > Denominó a este aire como “aire nitroso desflogisticado”
- > Meses después Lavoisier realizó experimentos similares y observó que:
  - > El aire obtenido al reducir el precipitado de mercurio con carbón era diferente al obtenido por mero calentamiento.
    - > El primero tenía las propiedades del “aire fijo”
    - > El segundo permitía la respiración y las velas ardían mejor en él: no era el aire común, sino más respirable, combustible y puro.

# 68

## La consolidación de la química (4)

- > Lavoisier reunió todos los hechos que mostraban claramente que el aire obtenido era un constituyente de la atmósfera, que se podía combinar con carbón para formar el aire fijo y que era “eminentemente respirable”.
- > Hacia 1779 demostró que todos los ácidos formados por azufre, carbono, nitrógeno y fósforo contenía ese aire eminentemente respirable.
- > Concluyó que era esencial para la formación de ácidos y por eso lo llamó oxígeno (generador de ácidos en griego).
- > En 1783 realizó experimentos acerca de la síntesis del agua mediante aire inflamable (al que llamaría hidrógeno: generador de agua) y oxígeno.

# 69

## La consolidación de la química (5)

- > Propuso que los gases aislados e identificados anteriormente debían ser rebautizados y redefinidos sin recurrir al flogisto.
- > Para dar cuenta de la producción de calor y luz en la combustión, que anteriormente se explicaba mediante el flogisto como principio de combustibilidad, Lavoisier postuló la existencia de una materia del calor, el calórico, que se combinaba con las sustancias, les confería expansibilidad y carecía de peso.

# 70

## La consolidación de la química (6)

- > Una de las aportaciones más importantes de Lavoisier fue la definición de “elemento químico: el último término al que se llega con el análisis”.
- > A partir del concepto de elemento **confeccionó una tabla de las sustancias simples** identificadas hasta aquel momento y **clasificó las sustancias**, tanto simples como compuestas, de acuerdo con los conocimientos que se tenía de ellas.

# 71

## La consolidación de la química (7)

La renovación química se completó con la creación de una nueva nomenclatura.

El *Méthode de nomenclature chimique* (1787) fue obra de G. Morveau, Lavoisier, Bertholet, Fourcroy.

Se compone a partir de un alfabeto de treinta y tres nombres simples para las sustancias simples.

Las compuestas se designan mediante un nombre compuesto, que yuxtapone los nombres de sus constituyentes y se clasifican en géneros y especies.

Cuando dos sustancias se unen formando varios compuestos diferentes se distinguen recurriendo a sufijos (“-ico”, “-oso”, etc.)

# 72 Historia natural

---

- Una de las características que comparten las propuestas realizadas en el Siglo de las luces sobre los seres vivos y su entorno fue la reacción contra el mecanicismo y la idea de animal-máquina.
- > Podía explicar el movimiento de los miembros o la circulación de la sangre,
  - > No parece servir de la misma forma para dar cuenta de las operaciones de los sistemas nervioso, digestivo o respiratorio
  - > Tampoco sirve para explicar la reproducción animal.



# 73 Historia natural (2)

---

Los nuevos científicos no mecanicistas quisieron imitar los modelos de la astronomía y de la química y buscaban inducir leyes a partir de la observación de los fenómenos.

La investigación del mundo natural se independizaba de la teología y abría nuevos horizontes.

Por otro lado, las investigaciones naturales tuvieron una dimensión política y económica:

- > el interés por controlar y racionalizar los recursos propició los estudios botánicos y mineralógicos;
- > proliferaron los jardines botánicos y los puestos docentes asociados a ellos para el desarrollo de la agricultura y la aclimatación de nuevas especies;
- > las expediciones al pacífico iban acompañadas de naturalistas;
- > se fundaron escuelas de minería para explotar los recursos del subsuelo;
- > se confeccionaron los primeros mapas geológicos.

# 74 Historia natural (3)

---

## Orden natural y clasificación

Las clasificaciones tradicionales se había hecho con propósitos utilitarios.

- > Las botánicas por su utilidad alimentaria y farmacológica.

El rechazo al mecanicismo implicaba acercarse a Dios a través de su obra y de mostrar su existencia mediante la constatación de un diseño providencial en la naturales.

El naturalista debe observar y clasificar.

# 75 Historia natural (4)

---

La necesidad de proponer una clasificación sistemática se hizo más acuciante con la observación de nuevas especies procedentes del Nuevo Mundo.

La clasificación tradicional había sido propuesta en la lógica aristotélica:

- > Consiste en dividir un “género” en dos o más “especies”.
- > Cada una de ellas se puede considerar a su vez un género y ser subdividido.
- > Se procederá de esta manera hasta un punto en el que ya no sea posible la subdivisión.
- > En cada nivel, los especímenes se identifican a través de uno o de unos pocos de sus caracteres.
- > La elección de estos caracteres determina la clasificación.

# 76 Historia natural (5)

---

Carl von Linné, médico y botánico sueco supuso un punto culminante en la sistémica. Introdujo una nomenclatura binomial en latín: una palabra para el género y otra para la especie que se ha impuesto desde entonces.

El fundamento de la **botánica** era la **clasificación** seguida de la **nomenclatura**.

Adoptó como característica esencial la **fructificación**, dentro de la que comprendió tanto la flor como el fruto.

Denominó su sistema como “sistema sexual”, ya que se basaba en el fundamento más natural para la clasificación.

- > Distinguió cuatro partes en la flor:
  - > **Cáliz,**
  - > **Corola,**
  - > **Estambres,**
  - > **Pistilo.**
- > Tres en el fruto:
  - > **Pericarpio,**
  - > **receptáculo,**
  - > **Semilla.**

Mediante su presencia o ausencia, y sus variaciones en número forma y situación obtuvo una serie de caracteres lo suficientemente amplia para la clasificación.

Las partes más importantes eran los estambres, seguidos de los pistilos, luego el cáliz y la corola, que determinaban el **género**.

La **especie** venía determinada por el pericarpio, el receptáculo y la semilla.

Las raíces, el tronco, las ramas y las hojas servían para individualizar las variedades.

Las plantas sin flores se incluían en un único grupo.

# 78 Historia natural (7)

---

La zoología iba retrasada con respecto a la botánica.

Se conservaron los grandes grupos heredados de la Antigüedad.

En la línea de Aristóteles, John Ray había distinguido en el siglo anterior entre animales provistos y desprovistos de sangre.

Los primeros se dividían en los que respiraban gracias a pulmones y los que lo hacían gracias a branquias.

A su vez, los primeros podían tener un corazón con dos ventrículos o con uno

Los primeros podían ser vivíparos (cuadrúpedos terrestres y cetáceos) y ovíparos (aves).

Los segundos serían los cuadrúpedos ovíparos y las serpientes.

# 79 Historia natural (8)

---

Linné siguió esta tradición y distinguió cuatro clases de animales con sangre roja (mamíferos, aves, anfibios y peces), y dos con “sangre” blanca (insectos y gusanos).

Éstas a su vez se subdividían según el aparato masticatorio, los órganos de los sentidos, los tegumentos y los apéndices.

Para Linné, la ordenación de la sistemática reflejaba un orden natural regido por un principio de economía.

Existía un equilibrio natural entre las especies basada en la cadena alimentaria (compuesta de predadores y presas) que servía para mantener estable el número de ejemplares de cada especie.

# 80

## Historia natural (9)

---

**En 1762 Linné aceptó la posibilidad de la aparición de nuevas especies por hibridación.**

Creía que Dios había creado al principio una sola especie en cada orden natural, con la capacidad de reproducirse entre sí.

La primera hibridación habría dado lugar a las especies primordiales de cada género.

Que a su vez se cruzaron con las especies de otros géneros para dar lugar a la variedad actual.

El sistema de Linné obtuvo un gran éxito, pues permitía una rápida clasificación de las nuevas especies que se iban encontrando.



# 81

## Historia natural (10)

---

El conde de Buffon, el otro gran naturalista de esta época, negó todo posible conocimiento de las esencias y distinguió las verdades físicas de las verdades matemáticas.

Criticó los sistemas de clasificación y el papel de las matemáticas en el desarrollo de la física.

Las clasificaciones como la de Linné sustituían el todo por la parte (como los modelos matemáticos que seleccionaban tan sólo algunas propiedades del fenómeno físico a estudiar).

Se inventaba un ser abstracto que no se parece en nada al real.

Pensaba que para proponer una caracterización de los fenómenos naturales era preciso no sólo estudiar su morfología.

La historia natural de una especie debía comprender desde su generación hasta su utilidad para el género humano, los hábitos alimentarios o los instintos.

Por ello, concluía, en la naturaleza no existían categorías taxonómicas.

No existen divisiones en un conjunto de seres que varían sus características de manera continua.

# 83

## Historia natural (12)

---

Otra cosa diferente era la necesidad de ordenación del naturalista.

La especie era la unidad básica, entendida como aquella que “por medio de la copulación, se perpetúa y conserva la similitud”.

Especie: Conjunto de animales interfértiles que transmiten las mismas características.

Señaló que parecía haber entre un gran número de animales un plan común de composición que se modificaba gradualmente de especie en especie.

# 84 Historia natural (13)

---

- Para cada especie existiría un
- > “prototipo”, representado por los animales que viven en
  - > su “patria de origen”, aquella parte del globo donde las condiciones geográficas y climáticas les resultaban más ventajosas, para la que se hallaban mejor conformados
  - > Al ser trasladados de esta patria y ser sometidos a condiciones más desfavorables, sufrían una degradación.
  - > Podían incluso desaparecer.

# 85 Historia natural (14)

---

- > Pero este proceso no puede dar lugar a nuevas especies.
- > En todo caso lo que se producirían serían nuevas razas, nuevas variedades.

Junto con la idea de la historia animal aparece su historia de la Tierra: *Histoire et théorie de la Terre* (1749)

- > En él no sólo pretendía describir las condiciones actuales de nuestro planeta,
- > También quería explicarlas por medio de sus causas físicas.
- > Se trataba de una síntesis de génesis bíblico y newtonismo.

# 86

## Historia natural (15)

---

- > Defendió el **uniformismo**: la idea de que la historia de nuestro planeta sólo debe explicarse por causas operantes en la actualidad.
- > Distinguió entre las **hipótesis**, basadas en posibilidades, y una teoría fundada en los **hechos**: entre un “sistema sobre la formación de la Tierra” y una historia física de su estado actual.
- > Consideraba hipotéticamente que los planetas provenían de la materia arrancada de la masa del Sol por el choque de un gran cometa.
- > La materia se había condensado en globos.
- > En el caso de la Tierra, en el proceso de enfriamiento de los vapores acabaron por condensarse en agua y aire.
- > A partir de ese momento sólo han intervenido causas uniformes que siguen operando actualmente.

# 87

## Historia natural (16)

---

- Buffon desacralizó la historia de la Tierra, librando la geología de la teología.
- > El agua erosiona los continentes, llevando materiales al mar que se depositan formando estratos.
  - > El fondo del mar es esculpido por las mareas y las corrientes.
  - > El movimiento del mar desgasta las fachadas continentales, y sumergiéndolas en un proceso ininterrumpido.
  - > Los terremotos, volcanes también contribuyen al cambio del relieve terrestre.
  - > Estimó la edad de la Tierra en 75.000 años, que luego alargó a tres millones.

# 88

## Historia natural (17)

---

A partir de mediados del siglo comenzaron a surgir una categoría nueva de **geólogos**, que solían estar asociados a las escuelas de minas.

Su actividad estaba subvencionada por los gobiernos o por particulares.

Se fundaron escuelas de minas en donde recibían formación científica.

Se constató la importancia del trabajo de campo y de la realización de viajes.



# 89

## Historia natural (18)

---

- > Se propusieron clasificaciones de las formas de la corteza terrestre.
- > Se distinguió entre las “antiguas” y la “jóvenes”
- > G. G. Fuchsel comprendió que las capas se forman sucesivamente y distinguió las épocas del pasado a partir del examen de las formaciones de estratos.
- > A. G. Werner propuso una clasificación de las capas de la tierra basada en la morfología de los minerales, junto con las características químicas.

# 90 Historia natural (19)

---

- También hubo una orientación **vulcanista** que explicaba el origen de la morfología terrestre.
- > Se identificó el basalto como lava antigua.
  - > Se propuso que el interior de la Tierra era muy caliente y ese calor sería el mecanismo que permitió la formación de las montañas.
  - > Los sedimentos marinos eran endurecidos por el calor central.
  - > Los terremotos elevaban la tierra por la presión del núcleo terrestre y mediante el calor.
  - > Los volcanes se originaba a partir de rocas fundidas en el interior.

En este siglo nace también la paleontología.

- > No existía una explicación de la extinción de las especies de las que no se encontraban ejemplares contemporáneos.

G. Cuvier (1769-1832), es considerado como el fundador de la paleontología moderna.

- > Planteó que el principio fundamental de la anatomía comparada era la **correlación** de los órganos.
- > Creó el tipo vertebrado como una división básica del reino animal y estableció cuatro tipos de organización:
  - > Vertebrados,
  - > Moluscos,
  - > Articulados,
  - > Radiados.

# 92 Historia natural (21)

---

- > Carece de sentido establecer jerarquías: un vertebrado no es superior a un molusco, simplemente es diferente.
- > Con ello Cuvier asestó un duro golpe a la idea de la gran cadena del ser.
- > Reconstruyó esqueletos fósiles y confirmó que eran restos de criaturas muy distintas a las conocidas en el presente.
- > Realizó estudios de estratigrafía, lo que le llevó a la convicción de que los cambios en la vida de la superficie terrestre habían sido bruscos porque había saltos abruptos en las poblaciones de fósiles, con extinciones completas de faunas.

# 93 Preguntas del tema

---

1. ¿Cómo influye el pensamiento de F. Bacon en este período? Las Academias científicas y la *Ilustración*.
2. Explica el fenómeno de arrastre del desarrollo tecnológico en la primera Revolución industrial.
3. ¿Puede decirse, propiamente, que no existió apenas desarrollo científico en el siglo XVIII? Razona la respuesta mediante las diferentes líneas científicas.
4. Diferencias principales (metodológicas, ontológicas, etc.) entre la química del flogisto y la del oxígeno.
5. La historia natural. Diferencias entre la perspectiva de Linné y la de Buffon.