



# CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

Libro para el alumnado

Autores:

**Jordi Solbes, Departamento de Didáctica de las Ciencias,  
Universitat de Valencia**

**Domènec Marco, IES de Almussafes (Valencia)**

**Francisco Tarín, IES l'Om, Picassent (Valencia)**

**Manel Traver, IES S. Vicente Ferrer, Algemesí (Valencia)**

Edita: Ministerio de Educación ([leer.es](http://leer.es))

Secretaría de Estado de Educación y Formación Profesional

Traducción: Luis Miguel Maravilla, Vicent Girbés, Asunción Matoses

# Índice

---

## Tema 1. El lugar de la tierra en el universo

1. Antecedentes: primeras ideas sobre el universo
2. El sistema geocéntrico
3. El modelo heliocéntrico
4. La gravitación universal. La síntesis newtoniana
5. Imagen actual del universo
6. La conquista del espacio

## Tema 2. Los seres vivos y su evolución

1. La diversidad de los seres vivos
2. El problema del origen de la Tierra y de las especies
3. Los mecanismos de la evolución
  - 3.1. Lamarck: el uso y el desuso y la herencia de los caracteres adquiridos
  - 3.2. Darwin y Wallace: evolución por selección natural
4. Pruebas y dificultades de la teoría de la evolución
5. Las implicaciones sociales de la teoría de la evolución
6. La teoría sintética de la evolución y nuevos descubrimientos que la confirman
  - 6.1. Investigaciones sobre el origen de la vida
  - 6.2. Cambio biológico en la actualidad
7. El origen del ser humano
8. El cerebro emocional

## Tema 3. La revolución genética

1. La ciencia ilumina el estudio de la vida
2. La base de la herencia: la información genética
  - 2.1. El ADN: estructura y replicación
  - 2.2. La estructura del ADN y su copia o replicación
  - 2.3. Estructura secuencial. Información
  - 2.4. De la información a la función: expresión de la información del ADN
  - 2.5. Genes y genoma

- 2.6. El genoma humano
- 2.7. Huellas genéticas
- 2.8. Pruebas de paternidad
3. La ingeniería genética
  - 3.1. Biotecnología y aplicaciones
  - 3.2. Aplicaciones en la industria farmacéutica: fabricación de proteínas
  - 3.3. Los transgénicos
  - 3.4. Clonación y células madre
  - 3.5. Terapia genética
4. Bioética

#### Tema 4. Vivir más, vivir mejor

1. Una aproximación al concepto de salud
2. Condicionantes de la salud
3. La enfermedad y sus tipos
4. Tratamiento de enfermedades: fármacos y medicamentos
  - 4.1. La industria farmacéutica. Patentes y genéricos
5. Los cánceres
  - 5.1. ¿Quién tiene la culpa, los genes o el entorno?
  - 5.2. Tratamientos del cáncer
6. Las enfermedades de la opulencia
7. Técnicas de reproducción asistida
  - 7.1. Diagnóstico genético preimplantacional
8. El sistema inmunitario: una lucha interna contra las moléculas extrañas
  - 8.1. El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH): un virus escurridizo
  - 8.2. Trasplantes y solidaridad

#### Tema 5. Hacia una gestión sostenible del planeta

1. Los problemas de nuestro tiempo
2. Sobreexplotación de recursos
  - 2.1. Agua
  - 2.2. Suelo y agricultura
  - 2.3. Ganadería
  - 2.4. Pesca
  - 2.5. Energía

### 3. Impactos ambientales

- 3.1. Contaminación del aire, lluvia ácida y smog
- 3.2. Contaminación del agua
- 3.3. Desertificación
- 3.4. Aumento de residuos
- 3.5. Pérdida de la biodiversidad
- 3.6. Capa de ozono
- 3.7. Cambio climático y efecto invernadero

### 4. Riesgos ambientales

### 5. Desarrollo sostenible

## Tema 6. Nuevas necesidades, nuevos materiales

1. La humanidad y el uso de los materiales
2. Los nuevos metales, materiales básicos para la industria
3. Control de recursos
4. Nuevos materiales: colorantes, medicamentos y polímeros
5. Nuevas tecnologías: la nanotecnología
6. Actividades para saber más

## Tema 7. La aldea global: de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento

1. Introducción
2. Fundamentos científicos de las TIC
3. Digitalización de la información: bits y bytes
4. Informática y ordenadores
5. Internet y sus implicaciones sociales

## Tema 1

# EL LUGAR DE LA TIERRA EN EL UNIVERSO

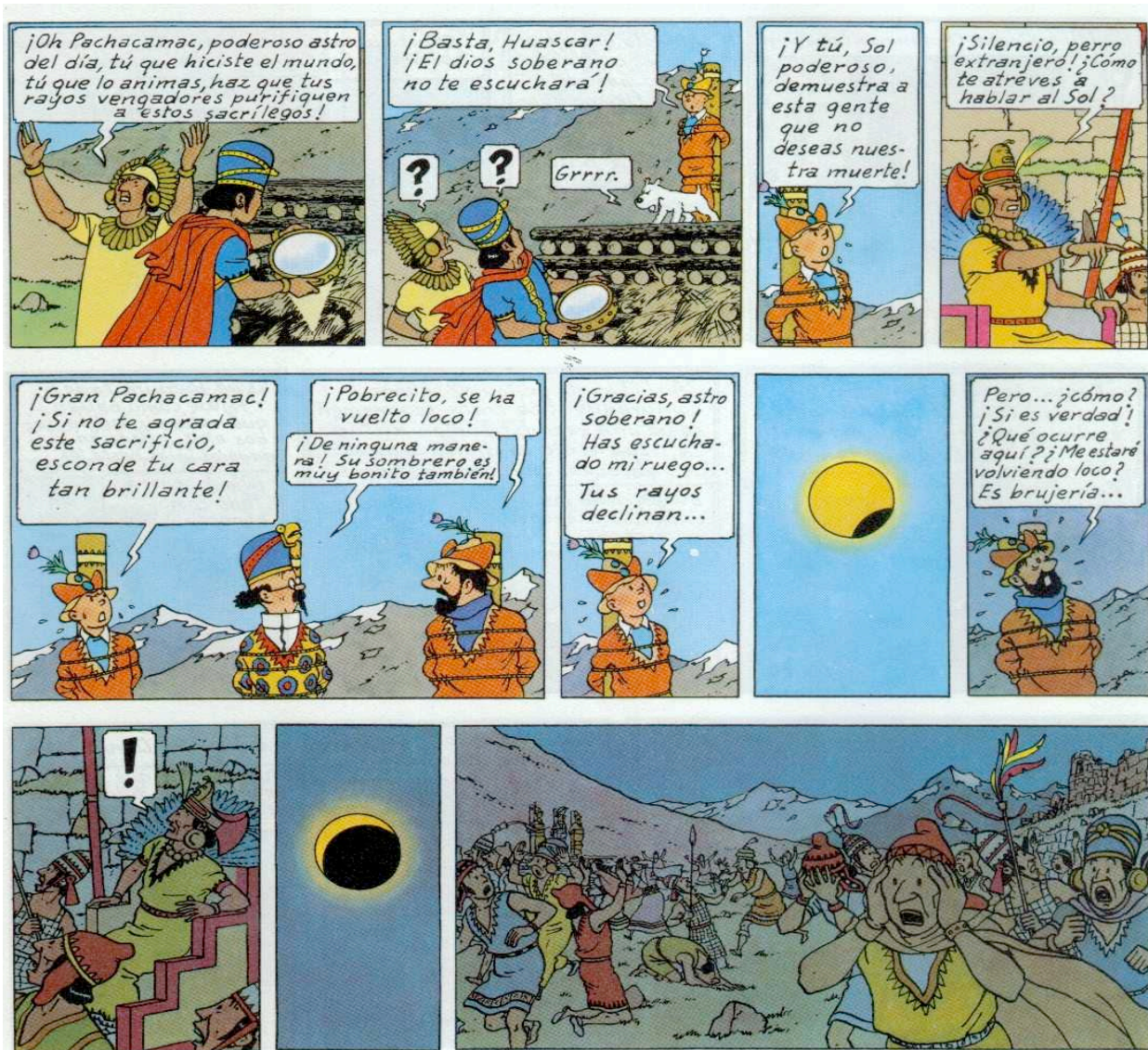
---

Este tema se inicia asomándonos al estudio de una de las ciencias más antiguas, la Astronomía, que hoy día sigue despertando un gran interés, no sólo por sus aplicaciones y sus grandes avances tecnológicos, sino porque también nos ayuda a resolver uno de los más antiguos problemas: conocer nuestro lugar en el Universo.

Una vez planteadas las posibles cuestiones, se puede presentar a los estudiantes un índice que recoja los aspectos que se van a desarrollar en el tema y que permitirá ir respondiendo a las preguntas formuladas:

- [1. Antecedentes: primeras ideas sobre el universo](#)
- [2. El sistema geocéntrico](#)
- [3. El modelo heliocéntrico](#)
- [4. La gravitación universal. La síntesis newtoniana](#)
- [5. Imagen actual del universo](#)
- [6. La conquista del espacio](#)

## 1. ANTECEDENTES: PRIMERAS IDEAS SOBRE EL UNIVERSO



A.0. Después de observar las viñetas responde las siguientes cuestiones

- C.1. ¿Cómo quieren encender el fuego los incas?
- C.2. ¿Cuál es la intención de Tintín?
- C.3. ¿Cuál es la idea principal de este cómic?

## El eclipse, A. Monterroso

Cuando fray Bartolomé Arrazola se sintió perdido aceptó que ya nada podría salvarlo. La selva poderosa de Guatemala lo había apresado, implacable y definitiva. Ante su ignorancia topográfica se sentó con tranquilidad a esperar la muerte. Quiso morir allí, sin ninguna esperanza, aislado, con el pensamiento fijo en la España distante, particularmente en el convento de los Abrojos, donde Carlos V condescendiera una vez a bajar de su eminencia para decirle que confiaba en el celo religioso de su labor redentora.

Al despertar se encontró rodeado por un grupo de indígenas de rostro impasible que se disponían a sacrificarlo ante un altar, un altar que a Bartolomé le pareció como el lecho en que descansaría, al fin, de sus temores, de su destino, de sí mismo. Tres años en el país le habían conferido un mediano dominio de las lenguas nativas. Intentó algo. Dijo algunas palabras que fueron comprendidas.

Entonces floreció en él una idea que tuvo por digna de su talento y de su cultura universal y de su arduo conocimiento de Aristóteles. Recordó que para ese día se esperaba un eclipse total de sol. Y dispuso, en lo más íntimo, valerse de aquel conocimiento para engañar a sus opresores y salvar la vida.

-Si me matáis -les dijo- puedo hacer que el sol se oscurezca en su altura.

Los indígenas lo miraron fijamente y Bartolomé se sorprendió de su incredulidad. Vio que se produjo un pequeño consejo, y esperó confiado, no sin cierto desdén.

Dos horas después el corazón de fray Bartolomé Arrazola chorreaba su sangre vehemente sobre la piedra de los sacrificios (brillante bajo la opaca luz de un sol eclipsado), mientras uno de los indígenas recitaba sin ninguna inflexión de voz, sin prisa, una por una, las infinitas fechas en que se producirían eclipses solares y lunares, que los astrónomos de la comunidad maya habían previsto y anotado en sus códices sin la valiosa ayuda de Aristóteles.

**A.0. Después de leer el cuento de Monterroso responde las siguientes cuestiones:**

*C.1. Obtención de información: ¿Qué información nos da sobre la época y el lugar? ¿Cuáles pueden ser los indígenas que aparecen en el cuento de A. Monterroso? ¿Cuál puede ser el modelo astronómico de fray Bartolomé?*

*C.2. ¿Cuál es la intención de fray Bartolomé?*

*C.3. ¿Cuál es la idea principal de Monterroso o, en otras palabras, por qué Tintín y fray Bartolomé obtienen resultados tan diferentes? ¿Quién se ajusta más a la realidad?*

La mayor parte de los pueblos y civilizaciones, a lo largo de la historia, han elaborado modelos sobre el Universo, tratando de explicar los movimientos del Sol, la Luna o las estrellas. El estudio de la astronomía, del movimiento de los astros, jugó desde el principio un importante papel en las diferentes religiones y culturas.

Estos conocimientos no se limitaban solamente a los europeos y las civilizaciones de América central. La mayor parte de los pueblos y civilizaciones a lo largo de la historia han elaborado modelos sobre el Universo y han tratado de explicar los movimientos del Sol, la Luna o las estrellas. El estudio de la astronomía, del movimiento de los astros, jugó desde el principio un papel importante en las diferentes religiones y culturas.

Una de las más importantes aplicaciones prácticas de la astronomía ha consistido en la información que nos proporciona para facilitar la orientación o medir el paso del tiempo y establecer un calendario, algo fundamental en todas las actividades que desarrollamos (desde la antigüedad en que ya resultaba imprescindible para regular actividades como la agricultura, la caza, etc.). A los alumnos les resulta interesante conocer por ejemplo, que hacia el año 2000 antes de nuestra era los egipcios regulaban su calendario por los movimientos de la estrella Sotkis, que salía justo antes del alba por la época de la inundación del Nilo. En aquella misma época, los habitantes de Mesopotamia realizaron precisas mediciones astronómicas. Basaban sus mediciones del tiempo en el mes lunar, y el año constaba de 360 días dividido en doce meses de 30 días cada uno, bautizando los días con los nombres del Sol, la Luna y cinco planetas. Otra de sus aportaciones fue la división del día en doce horas dobles y de la hora en minutos y segundos sexagesimales.

También fueron muy notables los avances realizados por los amerindios. Podemos referirnos así, por ejemplo, a la "rueda de la medicina", de los saskatchewan, construida hacia el siglo VI a. de C., que constituye el observatorio astronómico más antiguo de América y que señala la salida del Sol cada solsticio de verano. Tenemos otro ejemplo en el Cañón del Chaco, en Nuevo México, donde los anasazi construyeron un observatorio para medir el paso de las estaciones. También merecen una mención las tres losas del suroeste norteamericano, cuyas espirales como galaxias constituyen un sistema único para leer el calendario en el cielo, utilizando el sol del mediodía. Y, por mencionar un último ejemplo, se sabe que los mayas elaboraron 3 precisos calendarios basados en el Sol, la Luna y Venus, y que el edificio conocido como el caracol en la ciudad maya de Chichen Itza pudo haber servido de observatorio astronómico. Y hay que señalar que para todas aquellas culturas, la posibilidad de leer el calendario en el cielo para salir de caza, reunirse, sembrar o segar, etc., era frecuentemente una cuestión de la mayor importancia.

*A.1. En el texto puedes encontrar algunas aplicaciones prácticas de la astronomía. ¿Puedes mencionar otras?*

Conviene señalar que en la antigüedad, viendo la importancia práctica de la astronomía en la agricultura, la navegación, etc., se llegó a suponer que los cuerpos celestes



inflúan en los asuntos de las personas. Incluso en algunas civilizaciones se les consideraba como dioses.

Resulta hasta cierto punto lógico que al comprobar cómo la posición del Sol (los solsticios de verano e invierno y los equinoccios) determina las estaciones y éstas, a su vez, las cosechas, se atribuyera a los cuerpos celestes poder sobre los asuntos humanos (e incluso se los divinizará). La astrología se fue desarrollando, pues, como una extraña combinación de observaciones meticulosas y datos y cálculos matemáticos, acompañados de creencias y pensamientos confusos y en muchos casos de enormes mentiras. Por ejemplo, la posibilidad de predecir fenómenos inexplicables para la mayoría, como los eclipses, concedía poder e influencia a los sacerdotes egipcios encargados de las observaciones.

De hecho, durante muchos siglos, resulta prácticamente imposible separar los avances astronómicos de las concepciones astrológicas, hasta el punto de que astrónomos de la talla de Ptolomeo mantuvieron creencias astrológicas.

Hoy sabemos, sin embargo, que reconocer la importancia del Sol en las estaciones, el ritmo día/noche, la agricultura, la temperatura, etc., o que la Luna controla las mareas, no puede llevar a sostener que el destino de las personas está influido por los astros. No hay ningún argumento científico, ni ninguna recopilación sistemática de observaciones que avalen dichas creencias ingenuas, muy al contrario. Es preciso, pues, denunciar el carácter anticientífico de estas creencias, que siguen siendo explotadas hoy en día por desaprensivos. Como sabemos, algunos medios de comunicación siguen avalando estas creencias publicando horóscopos cada semana, realizando numerosos programas sobre astrología, personas que predicen el futuro, médiums, etc. Y aunque muy a menudo dichos programas tengan una intención fundamentalmente lúdica, son muchos los ciudadanos que los toman en serio. Su carácter acientífico se comprueba fácilmente viendo que los distintos horóscopos predicen cosas distintas o lo suficientemente ambiguas para que sirvan en cualquier caso o con gemelos y mellizos que a pesar de haber nacido bajo el mismo signo y ascendente, tienen vidas distintas.

*A.2. ¿A qué puede atribuirse la creencia de que los astros influyen sobre la vida de las personas? ¿Qué valor puede darse hoy a dichas creencias?*

Hasta aquí nos hemos referido al papel de las observaciones astronómicas en cuestiones prácticas de gran interés como el establecimiento del calendario, la facilitación de los desplazamientos gracias a la orientación que proporciona la posición de los astros, etc. Pero algunas de sus mayores contribuciones están relacionadas con la comprensión del lugar de la Tierra en el Universo, una cuestión asociada también, en todas las culturas, a las ideas religiosas que intentan explicar nuestro origen. Merece la pena realizar algunas observaciones que nos familiaricen con la visión del firmamento que nuestros antecesores pudieron obtener y que influyeron en sus creencias sobre el universo. Contemplar el paisaje celeste, además, es algo que merece la pena en sí mismo, por razones puramente estéticas.

*A.3. Aunque en la actualidad es difícil observar el cielo nocturno en las ciudades, por la contaminación atmosférica y lumínica, debida a la luz ambiental, aprovechad una noche estrellada para observar en pequeños grupos el cielo nocturno. Anotad la hora en que se realizó la observación y dibujad un "mapa" celeste, indicando, mediante puntos, los objetos más luminosos.*

Resulta muy ilustrativo el empobrecimiento que sufre el paisaje celeste al que tenemos acceso. Hay que cotejar los mapas celestes dibujados por los estudiantes con un planisferio (a estos efectos puede ser conveniente utilizar algunos de los programas informáticos existentes). Con ayuda del mismo se puede mostrar la existencia de agrupaciones de estrellas o constelaciones, descritas desde los tiempos más remotos y que han jugado un papel esencial para orientar a los viajeros, aunque ese paisaje varía, por supuesto, según estemos en el hemisferio Norte o en el Sur.

Una de las observaciones de mayor interés realizada desde los tiempos más remotos es que la mayoría de estrellas no parecen cambiar su posición relativa. Estas denominadas estrellas fijas forman en el cielo un esquema inmutable. Los babilonios, dieron nombres a las constelaciones o grupos visibles de ese esquema, aunque nosotros usamos los nombres griegos o sus traducciones latinas. También hay muchos nombres de estrellas procedentes de los árabes (Alcor, Mizar, Rigel, etc.), que fueron excelentes astrónomos.

Son conocidos, pues, diferentes nombres que a lo largo de siglos fueron dándose a los grupos de estrellas. Si nos situamos en el hemisferio Norte, por ejemplo, podemos mencionar algunos de los que se daban a la Constelación Boreal, llamada en Norteamérica el Gran Cucharón, en Francia La Cacerola, en Inglaterra El Arado, en China el Burócrata Celeste, en la Europa Medieval, El Carro y en la antigua Grecia, La cola de la Osa Mayor.

Las constelaciones parecen girar en círculo con centro en un punto llamado polo celeste. Las que se encuentran cerca de ese polo describen círculos completos que pueden observarse. Las que están lejos de él desaparecen bajo el horizonte, pero suponemos que completan su revolución fuera de nuestra vista. El polo queda bien marcado por la estrella Polar, que es fácil de localizar prolongando la línea recta originada por las dos estrellas posteriores de la Osa Mayor. Estas observaciones sistemáticas fueron explicadas con un modelo celeste en el que la mayoría de los astros parecían fijos sobre una superficie esférica que giraba alrededor de la Tierra.

*A.4. Comparar las observaciones con un planisferio y localizar en las estrellas y constelaciones más conocidas (las Osas Mayor y Menor, Casiopea, Orión, etc.). ¿Cómo se mueven las constelaciones?*

Hay en cambio siete cuerpos celestes visibles a simple vista cuyas posiciones varían en relación con las estrellas fijas. En primer lugar el Sol, que parece moverse por el esquema

de las estrellas fijas. Su trayectoria se llama eclíptica. El zodíaco son las constelaciones por donde pasa la eclíptica. En realidad no son doce, sino trece y no corresponden exactamente a los meses: Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpio, Sagitario, Capricornio, Acuario, Piscis y Cetus. Esta simple observación astronómica también es contradictoria con la astrología. También se puede observar fácilmente la Luna que presenta una gran variabilidad. Conviene además llamar la atención sobre otros cinco objetos celestes, visibles a simple vista, conocidos como Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, cuyas trayectorias no parecen tan regulares y que fueron denominadas por ello “planetas”, palabra que en griego significa “errantes”, es decir, objetos con una trayectoria errática, poco regular. Como sabemos, esta “pequeña irregularidad” estuvo llamada a jugar un papel fundamental en la dramática evolución de las concepciones acerca del lugar de la Tierra en el Universo (muy ligadas a las creencias religiosas), por lo que debe ser destacada. Estos 7 objetos han dado nombre a los días de la semana: Luna, Marte, Mercurio, Júpiter, Venus, Saturno y Sol. Aunque en castellano sábado está relacionado con el “sabbath” judío y domingo con el “dominica dies” (día del señor) cristiano, en inglés la relación es evidente: *Saturday* y *Sunday*.

*A.5. Conviene utilizar planisferios informáticos como Cartes du Ciel o Stellarium que representan en que posición están los planetas a una hora determinada. Se debe realizar una observación de los planetas, indicando su principal diferencia respecto a las estrellas.*

*A.6. ¿Qué idea acerca del movimiento de los astros sugieren observaciones del cielo como las que hemos realizado? Con otras palabras, ¿qué idea pudieron formarse al respecto los antiguos observadores del cielo?*

Las percepciones que tenemos hoy día acerca de los planetas o del Sol, y sus movimientos, que nos parecen algo familiar, evidente, en realidad no lo son en absoluto. Para llegar a la comprensión actual fue necesario un proceso largo en el que no faltaron ni persecuciones ni condenas entre los que defendían ideas distintas a las que se venían manteniendo durante más de veinte siglos. Al estudio de todo ello dedicaremos los siguientes apartados.

## 2. EL SISTEMA GEOCÉNTRICO

Desde la antigüedad se tenía una imagen del sistema solar y en general del Universo conocido que se denominó geocentrismo, ya que se pensaba que la Tierra era el centro de todo. Además de las observaciones astronómicas que venimos estudiando, se basaban en otras experiencias cotidianas como, muy particularmente, el hecho de que no notemos el movimiento de la Tierra. El reposo de la Tierra aparecía, efectivamente, como algo “evidente” e incuestionable y estaba relacionado con otras evidencias “de sentido común”, como la tendencia al reposo de los objetos terrestres, mientras los astros giraban indefinidamente.

La aceptación general de este sistema geocéntrico se mostraba muy claramente en el mismo lenguaje ordinario, lleno de expresiones como, por ejemplo, “el Sol sale por...”.

*A.7. Los antiguos griegos pensaban que la Tierra era el centro del Universo, estaba inmóvil, y que el Sol y el resto de los astros se movían a su alrededor. ¿En qué se basaban para pensar así, además de en sus observaciones astronómicas?*

Una exposición ya muy elaborada de este sistema geocéntrico la encontramos en Aristóteles (384-322 antes de nuestra era). Aristóteles no se limitó a explicar las observaciones astronómicas, sino que integró gran parte de los conocimientos de la época acerca del comportamiento de los objetos celestes y terrestres. Básicamente dicho sistema sostenía que la Tierra está en reposo en el centro del Universo y que todos los astros giran con movimientos circulares en torno a la misma. La aparente inmutabilidad del firmamento, en contraste con los continuos cambios observados, condujo a una visión jerárquica, con una clara distinción entre el mundo sublunar (lugar de imperfección, de objetos corruptibles, que tienden al reposo en ausencia de fuerzas) y del mundo celeste (lugar de perfección formado por esferas incorruptibles, eternas, dotadas de un movimiento perenne, circular uniforme, también perfecto).

Este sistema fue perfilándose con numerosas contribuciones, particularmente en el mundo de la astronomía. Muy importante, a ese respecto, es el período alejandrino, etapa de esplendor de Alejandría y su Museo (siglos III y II antes de nuestra era) que fue en realidad la primera universidad que ha existido en el mundo. En ella estudiaron y trabajaron la mayor parte de los científicos de este periodo, como Euclides, Aristarco, Arquímedes, Eratóstenes, Hiparco, Herón, Ptolomeo y la propia Hipatia, filósofa y astrónoma que murió lapidada a causa del fanatismo del populacho alentado por los monjes.

*A.8. Busca información en Internet sobre estos personajes y sus contribuciones, en particular, de Hipatia.*

Así, en contra de lo que algunos creen, en la antigüedad no sólo se sabía que la Tierra no era plana, sino que se conocía con bastante aproximación su radio estimado por vez primera por Eratóstenes (276-195 a.C.), con bastante exactitud en unos 6400 km. A partir de él, se pueden conocer los radios de la Luna y el Sol y sus distancias relativas, que estimó Aristarco (310-230 a.C.), a partir de los eclipses. Al comprobar que el Sol era mayor que la Tierra, planteó el primer sistema heliocéntrico conocido. La astronomía siguió avanzando e Hiparco (190-120 a.C.) determinó las posiciones de unas 1.080 estrellas, clasificándolas en 6 magnitudes de brillo. Por último, Claudio Ptolomeo (85-165 d-C.) desarrolló el sistema geocéntrico en su libro de astronomía denominado por los árabes “Almagesto” (“el mejor de los libros”) y lo expandieron por toda la Europa medieval.

El sistema geocéntrico era, pues, aceptado en todo el mundo influido por las culturas griega, latina y árabe, llegando a estar vigente durante más de 20 siglos. Conviene detenerse en explicar esta extraordinaria vigencia para mejor comprender la oposición que generó su cuestionamiento en lo que constituyó, volvemos a insistir, la primera gran revolución científica.

Para ello es preciso referirse, en primer lugar, a su compatibilidad, que ya hemos señalado, con el sentido común. Pero es preciso tener presente también que dicho sistema encajaba perfectamente con la tradición, la filosofía, la religión y, en general, todos los ámbitos culturales de la Europa influida por las culturas griega, latina y árabe. La Iglesia Católica, por ejemplo, favorecía el sistema aristotélico-ptolemaico pues su visión se acomodaba muy bien a la idea cristiana que diviniza el cielo como lugar de perfección, la Tierra como lugar central, donde viven los seres humanos (únicas criaturas creadas a la imagen de Dios) y nace Jesucristo, y, a la vez, como lugar de pecado y corrupción. Esta visión estratificada del universo, daba soporte a la propia jerarquización social, es decir, el sometimiento de los “inferiores” (esclavos, mujeres, simples campesinos...) a los “superiores” (hombres libres, clero, nobleza...).

*A.9. ¿Cómo se explica la gran aceptación del modelo geocéntrico y su persistencia a lo largo de más de veinte siglos?*

El modelo geocéntrico tuvo vigencia durante casi veinte siglos, desde Aristóteles hasta el siglo XVI, donde empezó a desmoronarse debido a la imposibilidad de resolver algunos problemas en el marco de dicho modelo. Al análisis de estos problemas y surgimiento del nuevo modelo dedicaremos el siguiente apartado.

### 3. EL MODELO HELIOCÉNTRICO

*A.10. Lee el siguiente texto y contesta a las siguientes cuestiones:*

En el año 1543, pocos días después de la muerte de su autor, se publicó la obra “*De revolutionibus orbium coelestium*” (sobre las revoluciones de las esferas celestes) de Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo y sacerdote nacido en Torun (Polonia). En ella se proponía un nuevo modelo del universo, donde la Tierra perdía su papel central, inmóvil, y era el Sol el que constituía el centro del universo. Este nuevo modelo, denominado heliocéntrico y desarrollado e impulsado después por otros muchos científicos, fue atacado durante más de cien años, siendo perseguidos, y muchas veces condenados, sus defensores.

Merece la pena detenerse en las razones que hicieron poner en duda el sistema geocéntrico. El hecho principal que llevó a cuestionarlo fue la sistemática discrepancia entre los datos proporcionados por observaciones astronómicas cada vez más precisas y las predicciones de dicho sistema para el movimiento de los planetas. La idea de que todo astro debía girar con movimiento circular uniforme en torno a la Tierra,

o en torno a puntos que giraran en torno a la misma, no permitía realizar predicciones aceptables, pese a que en la época de Copérnico se había llegado a suponer la existencia de hasta 70 (!) movimientos circulares simultáneos para explicar la trayectoria de Marte.

La complejidad creciente del modelo para explicar la trayectoria errática de los planetas llevó a Copérnico a buscar alguna otra posible explicación. Resulta interesante señalar que Copérnico recurrió a la historia para ver si alguien había imaginado otras posibles explicaciones del movimiento de los astros. Así lo reconoce en *De Revolutionibus* y se refiere a que autores griegos como Nicetas o Aristarco habían ya imaginado que el Sol podía ser el centro del Universo y que todos los demás astros, incluida la Tierra, giraban en torno al mismo. Copérnico mostró en su libro que, si se aceptaba esta estructura del universo, se reducía muy notablemente el número de movimientos circulares necesarios para explicar el movimiento de cada planeta y dar cuenta de los aparentes retrocesos.

Copérnico era consciente, sin embargo, de que sus ideas iban a despertar un amplio rechazo y eso le llevó a contemplar posibles argumentos en contra y a responder cuidadosamente a cada uno de ellos. Así, el modelo heliocéntrico fue atacado, entre otros, con los siguientes argumentos: Si la Tierra se mueve, ¿no debería quedarse retrasado un objeto que cae hacia el suelo? y ¿no deberíamos ver que la posición relativa de las estrellas se modifica al irse desplazando la Tierra a lo largo de su trayectoria? Respecto a la modificación de la posición relativa de las estrellas Copérnico argumentó que si la circunferencia que recorre la Tierra es muy pequeña en comparación con la distancia a la que se encuentran las estrellas, es lógico que no se aprecien cambios en las posiciones relativas de las mismas. Respecto a que si la Tierra se moviera el aire tendería a quedarse atrás, nos remitimos al principio de superposición de movimientos establecido por Galileo, aunque Copérnico no pudo utilizar argumentos tan claros y que cualquier observación de la caída de un objeto en el interior de un vehículo en movimiento confirma: no hay retraso alguno.

Pero el principal argumento en contra del modelo heliocéntrico fue de tipo ideológico, al considerar que dicho modelo contradecía a la Biblia, a la que las autoridades religiosas consideraban expresión de la verdad revelada e incuestionable en todos los ámbitos. Fue este dogmatismo religioso el que generó la mayor oposición a las nuevas ideas, perseguidas por el recientemente aparecido protestantismo, por la Inquisición, que incluyó *De Revolutionibus* en el *Index Librorum Prohibitorum*, como “falso y, además, opuesto a las sagradas escrituras” y por algunas comunidades judías, que prohibieron la enseñanza de la teoría heliocéntrica. Y ello pese a que Copérnico hizo notables esfuerzos para convencer de que el nuevo modelo todavía era más acorde con la grandeza de la obra divina y mantuvo la creencia en la mayoría de las tesis del modelo geocéntrico, como la idea de la perfección de los movimientos circulares de los astros, etc.

Tuvo lugar así una dramática confrontación entre quienes defendían la libertad de pensamiento e investigación y quienes negaban dichas libertades en nombre de dogmas religiosos. Una confrontación que marcó el nacimiento de la ciencia moderna y

en cuyo análisis merece la pena detenerse mínimamente. Pese a la oposición religiosa, muchos astrónomos comprendieron el valor de las ideas de Copérnico y contribuyeron a confirmarlas y extenderlas, aunque ello les enfrentó a persecuciones y condenas.

*C.1. Expón cuáles pudieron ser las razones que llevaron a cuestionar el sistema geocéntrico*

*C.2. Realiza dibujos para visualizar cada una de dichas razones*

*C.3. Valora argumentadamente dichas razones de los geocéntricos*

Entre las principales aportaciones es preciso mencionar a Johannes Kepler (1571-1630) y a Galileo (1564-1642). El primero fue un astrónomo alemán que trabajó con el también astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601) y utilizó sus datos para perfeccionar el sistema heliocéntrico y para buscar regularidades en el sistema solar, que le condujeron a enunciar, tras años de trabajo, tres importantes leyes que llevan su nombre. La primera de ellas señalaba que las órbitas de la Tierra y demás planetas alrededor del Sol no son circulares sino elípticas, encontrándose el Sol en uno de sus focos. De este modo Kepler fue más lejos que el propio Copérnico en el cuestionamiento del modelo geocéntrico, pues se atrevió a imaginar movimientos celestes que no poseían la perfección del circular uniforme. Pero las observaciones astronómicas se ajustaban mucho mejor a órbitas elípticas que a las circulares y eso prevaleció, a los ojos de Kepler, sobre la aceptación de la perfección de los cielos. La segunda establecía que la velocidad areolar de un planeta (área barrida por el vector de posición del planeta respecto al Sol en la unidad de tiempo) es constante, lo que supone que el planeta se mueve más rápidamente cuando está más cerca del Sol. Y la tercera, que el periodo de un planeta aumenta cuando lo hace el radio medio de su órbita.

*A.11. Indica cuáles fueron sus principales aportaciones de Kepler y cómo contribuyeron a cuestionar el sistema geocéntrico y a mostrar la validez del modelo heliocéntrico.*

Tan importante o más que la aportación de Kepler fue la de Galileo en la que conviene detenerse por la relevancia que adquirió su caso en la confrontación entre la nueva ciencia y el dogmatismo religioso. Una gran contribución al nuevo modelo heliocéntrico fueron las observaciones astronómicas de Galileo (1564-1642). El telescopio, que él mismo construyó, mejorando el inventado con otros fines por los fabricantes de lentes holandeses (denominado “tubo ampliador”), le permitió a Galileo descubrir, entre otras cosas, la existencia de manchas en la superficie del Sol, cráteres y montañas en la Luna y la existencia de satélites en torno a Júpiter.

De las observaciones realizadas por Galileo con ayuda del telescopio, las correspondientes a las irregularidades (relieves) de la Luna o a las manchas solares (que le permitieron además demostrar que el Sol giraba alrededor de su eje en veintisiete días) venían a cuestionar la supuesta perfección atribuida a los objetos celestes y con

ello la idea de una drástica separación entre el Cielo y la Tierra. Estableció, por tanto, la mutabilidad en el cielo que negaban los aristotélicos y ptolemaicos. En cuanto a los satélites de Júpiter, junto con el giro del Sol, echaban por tierra la tesis básica del Sistema Geocéntrico de que todos los objetos celestes debían girar en torno a la Tierra. También observó que Venus presentaba fases análogas a las lunares, lo que le permitió afirmar que los planetas brillaban por la luz reflejada del Sol. Como consecuencia de todo ello pensó que había llegado el momento de defender el nuevo modelo públicamente y con ese fin fue publicando sus hallazgos en opúsculos que denominó "*Sidereus Nuncius*" (El mensajero sideral), cuya aparición generó apasionados debates.

*A. 12. Comenta qué aspectos clave del modelo geocéntrico resultaban cuestionados por las observaciones realizadas por Galileo con la ayuda del telescopio. Señala igualmente el papel jugado en todo ello por el nuevo instrumento*

Pero Galileo se equivocó al pensar que hechos tan contundentes harían aceptar el sistema heliocéntrico. Por ello, al margen de sus notables contribuciones a la comprensión del comportamiento de la materia, celeste o terrestre, su vida y obra han quedado como paradigmas del enfrentamiento entre dogmatismo y libertad de investigación. Su vida ha sido descrita en innumerables biografías, documentales, obras de teatro (*Galileo Galilei* de Bertolt Brecht) o películas (la de Joseph Losey o, más reciente, la de Liliana Cavani o el capítulo III "La armonía de los mundos" de la serie Cosmos de Carl Sagan).

*A. 13. Ved fragmentos de alguna película sobre su vida o leer dialogadamente algún fragmento de la obra de Brecht*

*A. 14. Realizad un debate en clase sobre los problemas con los que tuvo que enfrentarse Galileo*



Joseph-Nicolas Robert-Fleury. Galileo ante el Santo Oficio, 1847. Musee Luxembourg.



Los hechos decisivos se producen cuando en 1632 Galileo, como consecuencia del permiso que le concedió el Papa Urbano VII para discutir el sistema copernicano en un libro “siempre que diese una igual e imparcial discusión de los argumentos a favor del sistema ptolemaico” (Sánchez Ron, 1999), publica su obra “Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano” (1632), en italiano y en forma de diálogo, haciéndola accesible a la sociedad, se inicia una auténtica persecución contra él, pese a su edad avanzada. Fue juzgado por la Inquisición, amenazado con tortura y obligado a abjurar de sus ideas, cosa que Galileo hizo para salvar su vida. De hecho, años atrás, en 1600, Giordano Bruno, había sido sometido a torturas para que renunciase a sus ideas (defensa del heliocentrismo, de la infinitud del Universo y la existencia de un gran número de mundos habitados) y, al no hacerlo, fue quemado en la hoguera.

La abjuración de Galileo fue leída públicamente en todas las iglesias de Italia, siendo condenado a permanecer confinado hasta su muerte (que tuvo lugar en 1642) en una villa en el campo. En este encierro escribió “Discursos y demostraciones sobre dos nuevas ciencias pertenecientes a la mecánica y el movimiento global” que se publicó en Holanda, dado que en Italia sus libros estaban prohibidos. Este trabajo, acerca del movimiento de los objetos terrestres, fue igualmente subversivo para la imagen del universo defendida por la Inquisición. En efecto, como sabemos, sus estudios condujeron a cuestionar la idea de que hacía falta una fuerza para mantener un cuerpo terrestre en movimiento y a mostrar que la fuerza era sólo necesaria para *modificar* un movimiento. Las supuestas diferencias entre los movimientos celestes y terrestres comenzaban, así, a cuestionarse.

Cabe señalar que esta condena de las teorías de Galileo se ha prolongado varios siglos, hasta muy recientemente. El Vaticano no anunció hasta 1968 la conveniencia de anularla y sólo la hizo efectiva en 1992, mientras que, desde la Congregación para la Doctrina de la Fe (Ex Santo Oficio), todavía se pretende hoy justificar y exculpar a la Inquisición. Vale la pena extender estas reflexiones acerca de la libertad de investigación y sus obstáculos a otros momentos de la historia de la ciencia y contribuir así a cuestionar el mito de su neutralidad.

*A.15. Cita ejemplos de otros conflictos que, a lo largo de la historia de la humanidad, hayan enfrentado a la ciencia y la tecnología con posturas dogmáticas.*

#### 4. LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL. LA SÍNTESIS NEWTONIANA

Después de Copérnico y Galileo, fueron muchos los que abordaron el estudio del movimiento de los cuerpos celestes. Científicos ingleses, entre otros, como Hooke, Wren, Halley y, muy en particular, Newton (que nació el año 1642, precisamente el mismo año que murió Galileo) enfocaron los problemas de forma diferente: utilizando el nuevo concepto de fuerza y los principios de la dinámica, analizaron la última gran diferencia

supuestamente existente entre los movimientos terrestres y celestes. La gran intuición de Newton, facilitada por los pasos dados por sus predecesores, fue atreverse a pensar que la misma fuerza que hace caer un objeto que soltamos, o que hace describir una parábola a un proyectil, es la que hace girar la Luna alrededor de la Tierra, o a los planetas alrededor del Sol; atreverse a pensar, en suma, en la existencia de una fuerza *universal*, por la que *todos* los objetos, *terrestres* o *celestes*, se atraerían entre sí.

Resulta interesante la lectura del texto de Newton que expresa la conexión que estableció la idea de la Gravitación Universal entre los movimientos de objetos en la Tierra y el movimiento de objetos celestes, como la Luna: “El que los planetas puedan ser retenidos en sus órbitas es algo que podemos comprender fácilmente si consideramos los movimientos de los proyectiles. En efecto, una piedra arrojada, se ve forzada por su propio peso a abandonar la trayectoria rectilínea (...) viéndose obligada a describir una línea curva en el aire y, merced a ese camino torcido, se ve finalmente llevada al suelo. Y cuanto mayor sea la velocidad con la que se proyecta, más lejos va antes de caer a tierra. Podemos suponer, por tanto, que la velocidad se incrementa de tal modo que describa un arco de (muchas) millas antes de llegar al suelo, hasta que, finalmente, excediendo de los límites de la Tierra, pasará totalmente sin tocarla”. Ése podría ser el caso de la Luna girando alrededor de la Tierra, o el de los planetas alrededor del Sol, debido, en todos los casos, a la atracción gravitatoria.

*A. 16. Dibujar las fuerzas que actúan sobre un objeto que cae en las proximidades de la superficie terrestre y sobre un satélite puesto en órbita alrededor de la Tierra ¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra como el proyectil?*

Como vemos, con esta analogía entre el movimiento de un proyectil y el de la Luna o el de un planeta, Newton estableció, por primera vez, la relación entre el movimiento de los cuerpos terrestres y celestes, superando una de las más grandes barreras del avance del conocimiento científico en la historia de la ciencia.

Las aportaciones de Newton venían a culminar la primera gran revolución científica que supuso el desplazamiento del modelo geocéntrico por el heliocéntrico tuvieron menos dificultades que las de Galileo para ser aceptadas, en primer lugar, por la ausencia de la Inquisición en los países protestantes y por el hecho de que el protestantismo, en ese momento, era más favorable a la ciencia que el catolicismo. Pero sobre todo es preciso referirse al hecho de que, pese a todas las condenas, los astrónomos habían comenzado, desde la publicación del libro de Copérnico, a utilizar sistemáticamente el sistema heliocéntrico por la mayor validez de sus predicciones, como un “artificio de cálculo” que en realidad no pretendía desplazar a la “verdad revelada”. De este modo los conocimientos científicos empezaron a ser vistos por algunos como un sistema paralelo que no tenía por qué afectar a las creencias religiosas y sus dogmas. Ello hacía menos peligroso el trabajo de los científicos, pero reducía la capacidad de la ciencia para modificar la ideología dominante. De hecho, el pastor luterano Osiander añadió una nota preliminar a la obra de Copérnico, señalando que la nueva teoría no era necesariamente verdadera, que podía considerarse simplemente como un modelo

matemático conveniente para dar cuenta de los movimientos de los cuerpos celestes (Mason, 1985). Y aunque Copérnico no compartió nunca esa idea, ya que consideraba que su sistema del mundo era real, fue utilizada como excusa por muchos astrónomos para poder utilizar sin problemas el modelo de Copérnico, más sencillo que el ptolemaico.

*A. 17. Realizad un trabajo interdisciplinario sobre la situación de Europa en el s. XVII para explicar la diferente recepción de ideas semejantes como las de Galileo y las de Newton.*

La hipótesis de Newton de una fuerza de atracción entre dos cuerpos que crece con el valor de sus masas y disminuye con la distancia (al cuadrado) que les separa fue aceptada como ley de la Gravitación Universal, culminando uno de los edificios teóricos más extraordinarios construidos por la ciencia. Naturalmente, el establecimiento de dicha ley no puso punto final, ni mucho menos, a la investigación en este campo. Los nuevos conocimientos generaron nuevas preguntas e impulsaron numerosos desarrollos que han llegado hasta nuestros días. Nos asomaremos, a continuación, a algunos de ellos.

Las primeras consecuencias de la ley de Gravitación Universal fueron desarrolladas en su mayor parte por el propio Newton y se refieren a las mareas oceánicas y al achatamiento en los polos de los planetas. Las mareas se deben a que la Luna (y en menor proporción el Sol) atraen la parte más próxima del océano y tienden a elevar las aguas. La forma de esferoide achatado al efecto combinado de la gravitación (que formaría esferas a partir de la materia inicialmente dispersa) y de la rotación alrededor del eje (ensanchamiento en el ecuador y aplastamiento en los polos).

La ley de gravitación también permitió explicar el comportamiento de los cometas. Si los cometas son periódicos, su trayectoria será una elipse muy excéntrica. El más famoso de ellos es el cometa que E. Halley estudió cuando apareció en 1682 y para el que predijo un periodo de aproximadamente 75 años. Su vuelta en 1756 y tres veces más desde entonces, tras recorrer una amplia elipse que se extiende más allá del último planeta, fue interpretada como un importante triunfo de la mecánica newtoniana. Si los cometas no son periódicos, su trayectoria será abierta, es decir, una hipérbola o una parábola.

*A. 18. ¿Cómo se pueden explicar las mareas o el comportamiento de los cometas a partir de la gravitación?*

Otros descubrimientos astronómicos relacionados con la ley de Gravitación han puesto de manifiesto su carácter universal. Así, por ejemplo, el descubrimiento de nuevos planetas a partir de las perturbaciones que producen en sus órbitas los planetas ya conocidos: las irregularidades en la órbita de Urano, descubierto en 1781 por Herschel, condujeron al descubrimiento de Neptuno en 1846 por Leverrier y Adams; por

las perturbaciones que producía en este último fue descubierto Plutón en 1930 por Tombaugh (aunque ahora se considera un planeta enano, junto con Ceres, del cinturón de asteroides y otros).

*A. 19. Haz una representación a escala del sistema solar a partir de estos datos:*

	<i>Mercurio</i>	<i>Venus</i>	<i>Tierra</i>	<i>Marte</i>	<i>Júpiter</i>	<i>Saturno</i>	<i>Urano</i>	<i>Neptuno</i>
D	58	108	150	228	778	1.427	2.871	4.497
□	4.870	12.103	12.756	6.786	142.984	120.536	51.118	49.528

*donde D es la distancia al Sol en millones de Km., □ el diámetro del planeta en km y el diámetro del Sol es 1.392.000 km.*

## 5. IMAGEN ACTUAL DEL UNIVERSO

En el cielo, tanto del hemisferio norte como del sur se observa una zona con más estrellas, denominada Vía Láctea. Hacia 1784 Herschel, explico esta observación mostrando que esa concentración de estrellas observables, considerando que constituían un sistema con forma de lente, es decir, una galaxia. En consecuencia si miramos en la dirección del plano de la galaxia vemos muchas estrellas y, en dirección perpendicular a él pocas, por tanto la Vía Láctea corresponde al plano de nuestra galaxia. Esto proporciona una nueva y mayor imagen del Universo, similar a la profetizada por Giordano Bruno, y sugerida por Kant, de un universo-isla. El mismo Herschel observó en 1803 que algunas parejas de estrellas próximas giran una alrededor de la otra (estrellas binarias), según la ley de la gravitación. También se observó (Halley en 1714, Messier en 1781) que las estrellas tienden a agruparse por efecto de la gravitación, formando cúmulos globulares y abiertos.

*A. 20. ¿Por qué las observaciones de Herschel, Messier, etc., suponen una segunda ampliación del tamaño del Universo y confirman, a su vez, el carácter universal de la ley de gravitación?*

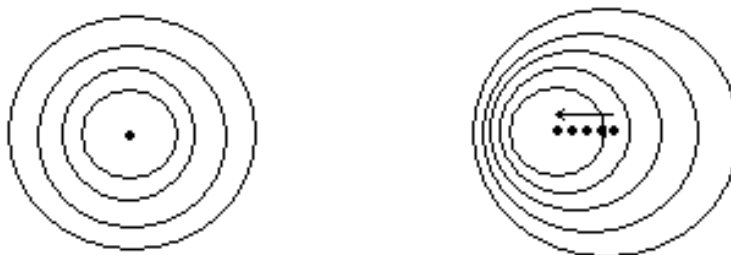
Aunque en esta época se descubre la interacción electromagnética, que tienen una intensidad 1038 veces mayor que la gravitatoria, las observaciones anteriores ponen de manifiesto que a escala astronómica, la gravedad constituye la interacción dominante. Esto es debido a que en la naturaleza sólo hay masas positivas, que siempre se suman y, en cambio, hay dos clases de carga eléctrica que globalmente se equilibran, por lo que no hay objetos celestes con carga neta, capaces de interactuar electromagnéticamente. En cuanto a las interacciones nucleares no cuentan a escala macroscópica porque son de muy corto alcance. Las interacciones gravitatorias resultan, pues, pese a su mucha menor intensidad, las dominantes a escala macroscópica cuyo estudio se

vio facilitado por el establecimiento de la teoría de la gravitación universal. La física permitió determinar las distancias estelares.

*A.21. Considerando las grandes distancias entre las estrellas y demás cuerpos del Universo, para describir las distancias astronómicas se utiliza el año-luz. Sabiendo que la luz del Sol tarda unos 8 minutos en llegar hasta nosotros y la luz emitida por la estrella más cercana, alfa de Centauro, tarda cuatro años y cuatro meses, calcula sus distancias a la Tierra.*

Hasta principios del siglo XX el Universo se creía reducido a la Vía Láctea y existía una fuerte controversia entre Hubble y Shapley sobre el tamaño de la misma, hasta que Hubble observa con el gran telescopio de Monte Wilson (EEUU), que muchos objetos denominados nebulosas contienen estrellas y, en consecuencia, son realmente galaxias exteriores a la Vía Láctea que en realidad no es más que una galaxia entre miles o millones de ellas, lo que supone una nueva ampliación del tamaño del universo.

En 1929 Hubble descubrió que la luz procedente de las galaxias lejanas tiene frecuencias inferiores a las correspondientes al espectro del Sol. Es decir, hay un desplazamiento hacia el rojo tanto mayor cuanto más lejos están las galaxias. Este hecho se puede explicar teniendo en cuenta que se trata es un efecto similar al diferente tono que oímos en la sirena de una ambulancia o en el silbido de un tren cuando se acerca o cuando se aleja. Esto se denomina efecto Doppler. Cuando se acercan la ambulancia el tono es más agudo (lo que corresponde a una frecuencia mayor) y cuando se alejan más grave (frecuencia menor), como se puede apreciar en la figura adjunta. Como las líneas espectrales de dichas galaxias estaban desplazadas hacia el rojo, es decir, hacia frecuencias menores (o longitudes de onda mayores), esto demostró que las galaxias se alejaban de la Tierra.



Efecto Doppler

Además, Hubble comprobó que lo hacen con una velocidad  $v$  mayor cuanto mayor era su distancia  $d$  a nosotros según la ley  $v = Hd$ , donde  $H$  es la “constante” (es posible que no lo sea) de Hubble. Esta  $H$  es igual a la inversa de la edad del Universo, por lo que la velocidad de alejamiento de las galaxias nos da datos sobre esa edad.

*A.22. Sabiendo que una galaxia situada a 682 Mal (mega años luz) tiene una velocidad de recesión de 15000 km/s determinar la constante de Hubble y, en consecuencia, la edad del Universo. Como la luz viaja con una velocidad de 300000 km/s, determinar cuál es el horizonte del universo (es decir, el tamaño del universo visible o distancia más grande que se puede observar desde la Tierra)*

Estos datos se ven confirmados por otros, como la abundancia en la Tierra de los isótopos de Uranio 235 y 238 y los cálculos sobre la evolución de las estrellas, e indican que la expansión del Universo comenzó hace unos 13500 millones de años, lo que a su vez nos indica que el tamaño del Universo visible es de unos 13500 millones de años luz. Los objetos más lejanos y, en consecuencia viejos del universo, son los cuásares (abreviatura de fuentes de radio cuasi-estelares). El PC-1158 está situado a unos 104.

En la actualidad, los astrónomos calculan que en nuestra galaxia, la Vía Láctea, existen más de 100.000 millones de estrellas, separadas por el vacío interestelar, así como nubes de polvo y gas; tiene la forma de un disco abombado en su centro, de un diámetro de 100.000 años-luz, y un espesor de 50.000 años-luz. Sin embargo, con respecto a la escala del Universo, la Vía Láctea es insignificante: las galaxias son a la cosmología lo que los átomos a la física. Las galaxias se agrupan en conjuntos de los que "el grupo local" es uno de ellos que engloba a la Vía Láctea, Andrómeda, las Nubes de Magallanes. Los conjuntos se integran a su vez en supercúmulos: La Virgen, el supercúmulo más parecido al nuestro se halla a 50 millones de años-luz. La imagen que tenemos hoy en día de ese supercúmulo, corresponde a cómo era hace 50 millones de años...



Choque de Galaxias captado por el telescopio espacial Hubble (NASA)

Se puede explicar a partir de la explosión a partir de un núcleo inicial que contenía toda la materia y la energía del Universo actual, lo que a su vez explica el origen del Universo. Las primeras teorías que tratan el Universo como un todo se basan en la *Relatividad General* enunciada en 1915 por Einstein, tras ocho años de esfuerzos. En ella propuso una serie de ecuaciones que relacionan la distribución de materia con la “curvatura” del espacio. Este juega así el papel del campo gravitatorio, ya que cuerpos como la Tierra no están obligados a moverse en trayectorias curvas por la gravedad; siguen la trayectoria más corta entre dos puntos del espacio curvo (la *geodésica*). Sin embargo, los cálculos de la teoría de la relatividad general de Einstein coinciden con los de la teoría de la gravedad de Newton, excepto para campos gravitatorios muy intensos, en consecuencia es esta última, mucho más sencilla, la que se utiliza en la mayor parte de la astronomía y para poner en órbita satélites espaciales. En 1922 el soviético Alexander Friedmann obtuvo unas soluciones generales de las ecuaciones de Einstein que implicaban un Universo en expansión (o contracción), que no fueron inmediatamente conocidas en Occidente, por lo que el belga George Lemaître, que había estudiado con Eddington, las obtuvo independientemente en 1927. Implicaban un radio que crece con el tiempo, lo que le llevó en 1931 a proponer una solución con radio nulo en el origen del tiempo, es decir, a la idea del “átomo primordial” (nombre que no tuvo fortuna) como origen del Universo.

La teoría actualmente aceptada fue enunciada en 1946 por Georges Gamow, que había estudiado con Friedmann, y sus colaboradores Ralph Alpher y Robert Herman. Explican el origen del Universo a partir de la explosión a partir de un núcleo inicial que contenía toda la materia y la energía del Universo actual, denominada con ánimo de ridiculizarla “*big bang*” (Gran Explosión) por Fred Hoyle, nombre que actualmente denomina la teoría. Las condiciones tan particulares de dicho objeto tuvieron como consecuencia que su densidad, temperatura y gravedad alcanzaran valores máximos (aproximadamente unos  $4 \cdot 10^9$  kg/L y  $10^{10}$  C). Como consecuencia de la gran explosión inicial, empezó la expansión del Universo disminuyendo la temperatura y la densidad. Al mismo tiempo que se expandía, se formaron las partículas elementales, los átomos sencillos (hidrógeno, deuterio, helio), las galaxias, estrellas y sistemas solares y, finalmente, la vida.

### A.23. Intenta explicar, con tus propias palabras, la expansión del Universo.

La teoría de la Gran Explosión se considera confirmada por tres hechos: 1) La separación de las galaxias o su desplazamiento hacia el rojo, que ya hemos visto, 2) La abundancia relativa de los núcleos ligeros: aproximadamente tres cuartas partes de hidrógeno, una cuarta de helio y pequeñas cantidades de deuterio y tritio. 3) La existencia de la radiación de fondo de microondas. En 1964 los astrónomos Arno Penzias y Robert Wilson, tratando de detectar ondas de radio de la galaxia fuera del plano de la Vía Láctea, encontraron la existencia de un ruido, una radiación de microondas (7,35 cm), correspondiente a una temperatura aproximada de 3 K, que era isótropa (con la misma intensidad en todas direcciones del espacio), que intentaron eliminar limpiando la antena y cuyo origen no supieron explicar. Pero en ese mismo año Robert H. Dicke y

James Peebles habían predicho que como el Universo primitivo se encontraba a una temperatura muy elevada emitió energía en forma de radiación de pequeña longitud de onda (rayos gamma). Como consecuencia de la expansión del Universo, esa radiación debería ser observada muy desplazada hacia el rojo, es decir con una longitud de onda centimétrica y que debería llegar a la Tierra de forma isotropa.

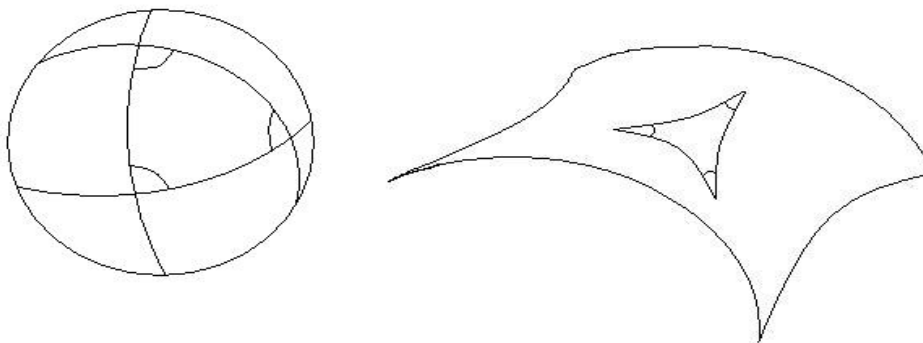
*A.24. Busca más información sobre tres los hechos que confirman la teoría del "big bang"*

La solución de las ecuaciones de la Teoría General de la Relatividad de Einstein, que Alexander Friedmann elaboró en 1922 ofrece tres modelos de evolución del Universo. Es una situación análoga a cuando se lanza desde la Tierra un proyectil hacia el cielo a una velocidad menor, mayor o igual a la velocidad de escape, 11,2 km/s (considerando despreciable el rozamiento con la atmósfera). Si es menor, caerá de regreso a la Tierra. Si es igual, empezará a escapar y no regresará. Si es mayor escapa con facilidad.

El primer modelo predice un Universo que se expande indefinidamente. La cantidad de materia que contiene no es suficiente para equilibrar la expansión por medio de la fuerza gravitatoria. El Universo es, por tanto, abierto e infinito. Corresponde a una geometría espacio-tiempo de curvatura negativa como la de una silla de montar.

En el segundo modelo, la evolución del Universo corresponde a una expansión en la que la velocidad de separación de las galaxias disminuye gradualmente aunque no llega a ser nula. Como consecuencia, el Universo es infinito. La geometría espacio-tiempo pertenece al tipo plano: geometría euclídea.

En el tercer tipo evolutivo de Friedmann la fuerza de atracción gravitatoria de la materia del Universo alcanza un valor lo suficientemente grande como para detener la expansión y volver, mediante una Gran Implosión, al estado original y, tal vez, originar nueva Gran Explosión. La geometría que implica este modelo corresponde a una de curvatura positiva como la de una esfera. El Universo tiene un volumen infinito pero es cerrado.



Geometrías correspondientes a Universo cerrado y abierto



De acuerdo con lo anterior se puede concluir que la masa que contiene el Universo determina su evolución de acuerdo con uno de los tres modelos citados. En Cosmología se acostumbra a no utilizar la masa sino la relación entre la densidad de la materia del Universo y la llamada “densidad crítica”. Dicha relación se simboliza por la letra  $\Omega$ . La “densidad crítica” se refiere a la que tendría un universo que evolucionara de acuerdo con el segundo modelo de Friedmann. Según la Teoría General de la Relatividad, dicha “densidad crítica” tiene un valor de unos 10-30 g/cm<sup>3</sup>. Por tanto, si  $\Omega$  es menor que 1, el Universo tendrá una evolución como la descrita por el modelo uno y si el valor de  $\Omega$  es mayor que 1, la evolución será la correspondiente al modelo tercero.

Después de realizar medidas reales de la masa de las galaxias contenidas en un volumen determinado del Universo, se ha obtenido para  $\Omega$  un valor de 0,1 lo cual implica que nuestro Universo evolucionaría de acuerdo con el modelo uno, es decir se expandiría indefinidamente. Sin embargo investigaciones recientes han puesto de manifiesto, por sus efectos gravitacionales, la existencia de “materia oscura” que no se había computado con anterioridad. Algunos cosmólogos explican dicha materia oscura a partir de la masa de los neutrinos, otros, como Stephen Hawking mediante agujeros negros microscópicos y otros con partículas exóticas aún no detectadas. Recientemente, datos sobre la velocidad de alejamiento de supernovas lejanas parecen poner de manifiesto que la velocidad de expansión del universo se está acelerando, debido a una expansión del propio espacio. Si dos partículas se separan, no se conserva la energía del sistema, por lo cual se ha introducido una energía del vacío (u oscura), recuperando así la constante cosmológica de Einstein. Estos 3 ingredientes, materia ordinaria y oscura y energía oscura harían que  $\Omega = 1$ .

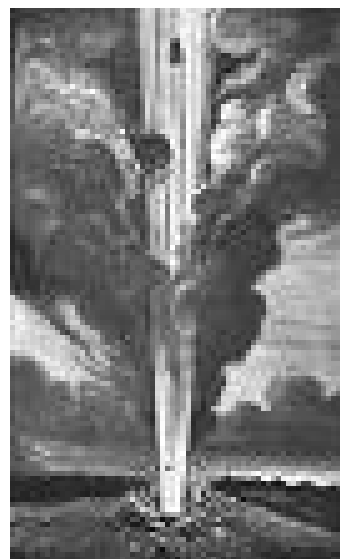
*A.25. A partir de lo que conocemos actualmente sobre el valor de  $\Omega$ , ¿cuál puede ser el final del Universo?*

## 6. LA CONQUISTA DEL ESPACIO

La posibilidad de poner un objeto en órbita alrededor de la Tierra fue ya concebida por Newton, al menos implícitamente, al considerar que la parábola descrita por un objeto lanzado desde una torre con velocidad creciente va abriéndose y haciendo caer el objeto cada vez más lejos, de forma que si llegamos a darle suficiente velocidad puede llegar a no caer al suelo, cerrándose una trayectoria elíptica. Posteriormente, el novelista francés Jules Verne (1828-1905) imaginó el lanzamiento de un proyectil tripulado hacia la Luna en su libro “De la Tierra a la Luna”, utilizando los recursos técnicos disponibles en aquel momento. El lanzamiento se efectuaba mediante un gran cañón de unos 300 m de longitud hundido en tierra.

A.26. *¿Por qué este método nunca ha sido utilizado para poner satélites en órbita? Tener en cuenta que la velocidad de escape es 11,2 km/s (la mínima velocidad necesaria para que un satélite escape del campo gravitatorio terrestre partiendo de la superficie) y que una persona es incapaz de soportar aceleraciones superiores a 10 g (aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra, 9,8 m/s<sup>2</sup>).*

A.27. *En lo que si acertó Jules Verne fue en el lanzamiento desde Florida, donde se encuentra una de las bases de EUA (Cabo Cañaveral). La otra está en Houston (Tejas) ¿Por qué los cohetes se lanzan desde puntos de la superficie de los países lo más próximos posible al Ecuador?*



Ilustraciones originales de De la Tierra a la Luna de Jules Verne

En la TV, el cine, etc., se ve que los astronautas dentro de los satélites parecen “flotar”. Parece que se han liberado de la atracción terrestre, pero, como ya hemos visto que puso Newton de manifiesto, el movimiento orbital es una caída libre. Si una persona que va en un ascensor en caída libre soltara un lápiz, éste no caería al suelo. Para un observador inercial exterior, el lápiz cae con aceleración  $g$ . Pero también lo hace el suelo del ascensor y la persona. A este hecho se le da el nombre de ingravidez aparente porque, en realidad, la gravedad sigue actuando sobre el cuerpo. Dicha ingravidez es la misma que experimenta el satélite que gira alrededor de la Tierra, salvo cuando actúan los cohetes.

A.28. *A la luz de lo visto en el párrafo anterior comenta la afirmación de que “Un astronauta en un satélite en órbita terrestre se encuentra en estado de ingravidez, no pesa”.*

La tecnología aeroespacial no avanza hasta que no se plantea la alternativa del cohete. Los desarrollos pioneros, con pequeños cohetes, tienen lugar en la década de los 20 por Tsiolkovski (URSS), Goddard (EEUU) y Oberth (Alemania). Se plantean los problemas como el combustible necesario para acelerar el objeto el tiempo suficiente para alcanzar la velocidad requerida o la necesidad de materiales capaces de resistir las elevadas temperaturas que se producen al atravesar la atmósfera a gran velocidad, etc.

Como en tantas otras ocasiones, la primera motivación para el lanzamiento de satélites artificiales fue, desgraciadamente, la militar. El avance en la investigación sobre cohetes se produce con fines bélicos, en la II Guerra Mundial, cuando en las instalaciones de Peenemunde, Von Braun desarrolla el cohete V-2 (bomba volante) entre 1937 y 1942, que se utilizó masivamente contra el sur de Inglaterra en 1944. En la posguerra, los soviéticos desarrollaron un misil balístico intercontinental, probado con éxito en 1957, semanas antes del lanzamiento del satélite Sputnik, en el marco del programa espacial dirigido por S. Korolev.

El lanzamiento del Sputnik produjo una gran conmoción en los EEUU que inició la carrera espacial y la creación de la NASA en 1958 y con ella la investigación y desarrollo en cohetes y satélites. En 1958 aparece el Thor estadounidense con un alcance de 1900 km, se lanza el satélite Explorer y en 1959 el Atlas D con unas características similares al T-3. En 1961 los soviéticos pusieron a Yuri Gagarin durante casi dos horas en órbita alrededor de la Tierra. El primer paseo espacial de Alexéi Leonov se realizó en 1965. El presidente Kennedy aprueba el programa Apolo, en el que participó Von Braun, y que llevó a Armstrong y Aldrin a la Luna, el 21 de junio de 1969 (Solbes 2002). El primer vuelo de un trasbordador espacial se produjo en 1981... Algunos graves accidentes sufridos por los vehículos espaciales son buena prueba de esas dificultades tecnológicas.

*A.29. Busca información sobre accidentes graves producidos en la carrera espacial.*

Desde entonces las “aplicaciones” bélicas se han desarrollado considerablemente (espionaje, colocación de armas en órbita dispuestas para el lanzamiento de proyectiles en cualquier momento...). Un paso más allá es la llamada “guerra de las galaxias” con la que, entre otras cosas, el gobierno de Estados Unidos pretende dotarse de un imposible “escudo inexpugnable” capaz de destruir cualquier misil enemigo. No podemos ocultar esta triste realidad que ha absorbido recursos impresionantes en una demencial carrera armamentista y que impide hoy en día atender las necesidades de los miles de millones de seres humanos que viven en la miseria.

Pero no podemos olvidar tampoco que hoy en día gran parte del intercambio y difusión de la información que circula por el planeta, en tiempo real, tiene lugar con el concurso de satélites, la TV vía satélite, Internet, o la nueva telefonía móvil. Aunque la mayor parte de estas últimas viajan por fibra óptica. Y lo mismo se puede señalar del comercio internacional, del control de las condiciones meteorológicas

(con ayuda del Meteosat), de la detección de bancos de pesca, el seguimiento de la evolución de los ecosistemas amenazados (incendios, debilitamiento de la capa de ozono, procesos de desertización, extinción de especies...), la instalación de telescopios capaces de observar el firmamento sin la limitación de la atmósfera terrestre, las denominadas sondas como las Pionner, Voyager, etc., cuyos espectrómetros ultravioletas envían datos sobre las galaxias, enanas, blancas, etc., etc. Son pocas las actividades humanas que no se ven hoy facilitadas por la combinación de ordenadores, telefonía y satélites artificiales.

### A. 30. ¿Conoces otras aplicaciones de los satélites artificiales?

Puede ser interesante referirse a que la vida de un satélite está limitada a unos cuantos años ya que para mantener su órbita necesita utilizar sus cohetes propulsores de gas cada cierto tiempo, lo que supone que se va gastando su combustible en un cierto número de años, en función de su tamaño y la altura de la órbita, puesto que si ésta aumenta el roce con la atmósfera disminuye. Todo ello supone el abandono en el espacio de numerosos objetos denominados chatarra espacial, lo que está suponiendo un problema al que dedicaremos la siguiente actividad.

En general, las personas no solemos preocuparnos por la contaminación del espacio orbital, pese a que ya en la década de los ochenta la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988), en su documentado estudio acerca de los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad, "*Nuestro mundo común*", alertaba de que los residuos que continúan en órbita constituyen una amenaza creciente para las actividades humanas realizadas en el espacio o desde el espacio. La contribución de los satélites a hacer del planeta una aldea global es fundamental pero, como ha enfatizado la Agencia Espacial Europea, si no se reducen los desechos en órbita, dentro de algunos años no se podrá colocar nada en el espacio.

El satélite francés CERISE, que costó miles de millones, fue destruido por uno de esos escombros. De hecho este peligro ha encarecido ya enormemente el coste de los blindajes con los que hay que proteger a los nuevos satélites, cada vez más necesarios. Se podría pensar que "el espacio es muy grande" y que los riesgos de colisiones son, pues, pequeños. Pero no hay que olvidar que hay una órbita "preferida" para los satélites de comunicaciones, la denominada *autopista geoestacionaria* que presenta muchas ventajas porque en ella los artefactos giran a la misma velocidad angular que la Tierra y quedan aparentemente fijos en el cielo respecto a la superficie del planeta. El número de satélites colocados allí se acerca a la saturación y las posibilidades de colisiones en esa zona son enormes.

Una de las mayores fuentes de esta chatarra, según la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), ha sido la actividad militar, con el ensayo de armas espaciales. Y ello se vería gravemente incrementado si se llevan adelante los planes de "guerra de las galaxias" que prevén la colocación de grandes cantidades de armas y de detectores de armas en los satélites, así como ensayos de destrucción de misiles en el espacio.

Por eso la medida más importante para reducir los residuos espaciales, afirma la misma CMMAD, consiste en evitar que continúen los ensayos y el despliegue de armas espaciales que se utilizarán contra objetos colocados en el espacio. Se trata de medidas necesarias para evitar dejar en órbita esa herencia a las próximas generaciones, lo que resulta, según los expertos de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la ONU, una negligencia tan grave como acumular residuos radiactivos cuya actividad puede durar cientos o miles de años, envenenar los océanos, salinizar las aguas subterráneas o destruir los bosques del planeta (Vilches y Gil-Pérez, 2003). También aquí se puede conectar con la necesidad de una formación ciudadana que permita participar en la toma fundamentada de decisiones acerca de los problemas a los que la humanidad ha de hacer frente.

*A.31. ¿Qué tipo de medidas se deberían adoptar para resolver el problema de la chatarra espacial? ¿Podemos prescindir de los satélites?*

Para terminar esta consideración de la revolución científica y tecnológica que supuso el desplazamiento del sistema Geocéntrico por el Heliocéntrico y el establecimiento de la teoría de la Gravitación Universal, conviene proponer, a modo de recapitulación, algunas actividades de síntesis del estudio realizado en esta unidad.

*A.32. Indica las aportaciones de interés que ha supuesto el estudio del tema.*

*A.33. ¿Qué campos del conocimiento quedan integrados a partir del modelo heliocéntrico y su desarrollo?*

*A.34. ¿Qué relación existe entre la evolución de los conocimientos abordados en este tema y las transformaciones de la propia sociedad?*

*A.35. Visitar un Planetario con el fin de realizar un trabajo posterior sobre sus aportaciones para la comprensión de los conceptos abordados en el tema.*

*A.36. Realiza un seguimiento de las noticias aparecidas en la prensa durante varias semanas relacionadas con la gravitación, viajes espaciales, origen del Universo, etc., confecciona un mural con las mismas para la clase y realizar un debate posterior acerca de sus repercusiones en la vida actual.*

## Tema 2

# LOS SERES VIVOS Y SU EVOLUCIÓN

Los seres humanos siempre se han sentido maravillados por la gran diversidad de los seres vivos y no sólo por motivos alimenticios, como en las sociedades cazadoras. Desde los animales “raros” que coleccionaban los reyes de la antigüedad, pasando por los bestiarios medievales, hasta llegar a la actualidad, en que los programas científicos más vistos de la televisión son los documentales sobre los seres vivos. También ha fascinado la gran adaptación de los mismos al medio y la gran variedad de mecanismos adaptativos. Por ello, desde la antigüedad las diversas civilizaciones nos ofrecen mitos que intentan explicar el origen de los seres vivos y su gran variedad.

*A.1. ¿Cómo se puede explicar la existencia de este gran número de animales y vegetales diferentes?*

Desarrollaremos el tema con el siguiente hilo conductor

1. La diversidad de los seres vivos

2. El problema del origen de la Tierra y de las especies

3. Los mecanismos de la evolución

3.1. Lamarck: el uso y el desuso y la herencia de los caracteres adquiridos

3.2. Darwin y Wallace: evolución por selección natural

4. Pruebas y dificultades de la teoría de la evolución

5. Las implicaciones sociales de la teoría de la evolución

6. La teoría sintética de la evolución y nuevos descubrimientos que la confirman

6.1. Investigaciones sobre el origen de la vida

6.2. Cambio biológico en la actualidad

7. El origen del ser humano

8. El cerebro emocional

## 1. LA DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS

*A.2. Discute sobre qué aspectos recogerías información para hacer un estudio detallado de algún parque natural valenciano*

La observación de los seres vivos nos permite darnos cuenta de la enorme diversidad de vida animal y vegetal lo que hace necesario que nos planteemos una forma de clasificarlos. Para ellos es necesario establecer criterios de clasificación y después aplicarlos para ir agrupando a los individuos en sucesivos conjuntos.

*A.3. Escribe una relación de los seres vivos del parque natural. Propón posibles criterios para clasificarlos. ¿Cuál se utiliza en el parque?*

De hecho estos criterios han ido variando a lo largo del tiempo de acuerdo con el avance producido en el estudio de los seres vivos. Se distinguen dos sistemas, los artificiales o lógicos, que clasificaban las especies orgánicas en grupos discontinuos y bien acotados mediante unas pocas o incluso una sola característica, como la naturaleza de los órganos reproductivos, y, por otro lado, los sistemas naturales que trataban de reunir las diversas especies en familias naturales, donde había una continuidad y se estudian muchas características a fin de establecer la afinidad de los seres vivos dentro de la familia.

Como una muestra de las relaciones CTS se puede señalar que a lo largo de los siglos XVI y XVII, el método de clasificación artificial que subraya la discontinuidad y la gradación jerárquica de las especies era más popular en los países católicos, como es el caso de Cesalpino y Malpighi en Italia. El método natural, al subrayar la continuidad y la afinidad resultaba más popular en los protestantes, como Lobelius en Holanda y Ray en Inglaterra. En el siglo XVIII se invirtieron estas preferencias, al adoptar el luterano sueco Linneo el método artificial y el naturalista francés Buffon el método natural. Esto es debido a que el luteranismo asimiló elementos de la vieja teología con su concepto de jerarquía, mientras que los filósofos franceses rebajaban todos los fenómenos a la misma uniformidad mecánica.

Linneo clasificó unas 18.000 especies, estableció las categorías taxonómicas de Reino, Tipo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie y la nomenclatura binomial para nombrar científicamente cada especie. El nombre de cada una consta de 2 palabras, latinas o latinizadas, la primera indica el género y se escribe con mayúscula y la segunda (con minúscula), la especie; por ejemplo, el ser humano es “Homo sapiens”.

*A.4. ¿Cómo explicas: a) la distribución estratificada de las especies arbóreas en las laderas del Carrascal; b) las alas de los pájaros y de los insectos del parque, órganos que pese a tener diferente estructura interna desempeñan la misma función, denominados órganos análogos?*

## 2. EL PROBLEMA DEL ORIGEN DE LA TIERRA Y DE LAS ESPECIES

Desde muy antiguo se han buscado respuestas a la cuestión de cómo se ha llegado a la gran variedad de especies sobre la Tierra. Las primeras explicaciones a la variedad de la vida, se recogen en numerosos mitos de creación en distintas culturas.

*A.5. ¿Cuál ha sido en nuestra cultura el texto dominante sobre la creación durante muchos siglos?*

En el Génesis se afirma que una Tierra caótica, cubierta de aguas, fue creada el primer día, junto a la luz, lo que permite a los autores separar el tiempo en días. El segundo y el tercer días los dedica a la Tierra. Así, el segundo *“Dios hizo la bóveda del firmamento”*, que separa las aguas del cielo (lluvia) de las de la Tierra y el tercero separa los continentes del mar. También el tercer día, al emerger la tierra, *“Dijo Dios: produzca la tierra pasto y hierbas que den semilla y árboles frutales que den sobre la tierra fruto con su semilla dentro”*. El cuarto día las *“lámparas del cielo”* (Sol, Luna y estrellas, fuentes de la luz). El quinto día: *“Dijo Dios: Llénense las aguas de animales vivientes y revoloteen aves sobre la tierra”*. El sexto día: *“Dijo Dios: produzca la tierra animales vivientes, de cada especie, bestias, serpientes y animales salvajes”*. El mismo día, pero como un caso aparte, *“Dijo Dios: Hagamos al hombre a nuestra imagen y semejanza”*

*A.6. Tras la lectura de estos fragmentos contesta: ¿Cómo explica el origen de la Tierra y de los seres vivos, así como la gran variedad de los mismos? ¿Qué contradicciones observas?*

Las explicaciones fijistas que seguían la creación narrada en el Génesis fueron dominantes durante muchos años debido no sólo al poder social coercitivo de las diferentes iglesias cristianas, sino a que la Biblia es la única depositaria de la Revelación, y por tanto tenía un gran poder suasorio, una gran autoridad intelectual. Lógicamente por encima de otras autoridades que utilizaban los autores medievales para justificar sus afirmaciones, como Aristóteles o Platón e incluso de los denominados padres de la iglesia (S. Agustín, Sto. Tomás), ya que se trataba, según las interpretaciones literales de la biblia, de la palabra de Dios. Incluso durante la revolución científica, cuando se inicia la realización de experimentos y observaciones como criterio de verdad de las hipótesis, es decir, para comprobarlas, la tradición de las autoridades conservaba tanto peso, que algunas de las primeras experiencias, por ejemplo, las de la presión de los gases de Boyle, se realizaron delante de autoridades (regidores, canónigos, jueces) que daban testimonio de los resultados.

Por eso no es extraño que Linneo, a quien como hemos visto, se debe el sistema de clasificación de los seres vivos y la nomenclatura binomial, afirmase en el siglo XVIII: *“La Naturaleza cuenta con tantas especies como fueron creadas desde el origen”*. Esto suponía que habían permanecido iguales desde entonces. El fijismo explica las



características adaptativas de los organismos por haber sido diseñados por el creador para ese medio y con el fin de servir al “hombre”. Así, William Paley, teólogo del siglo XVIII, argumentaba en su *Teología natural* que la existencia de organismos diseñados implica la existencia de un diseñador, como la de un reloj supone la del relojero. Estas ideas eran, así mismo, coherentes con la superioridad del hombre sobre la creación, legitimada primero con la biblia (“*Sed fecundos y multiplicaos, llenad la tierra y dominadla; mandad a los peces del mar, a las aves de los cielos, y a cuanto animal viva en la tierra*”) y después científicamente con una clasificación de los mamíferos en la que los seres humanos se situaban en un orden aparte, bimanos, y no incluidos en los primates que persistió hasta el siglo XIX. A medida que se fue dejando de considerar a la especie humana como razón de todo lo existente, la explicación de que las demás especies existen porque son útiles a la especie humana fue siendo menos aceptable.

Y todo ello se sostuvo pese a las evidencias en contra. Así, desde el descubrimiento de América en 1492 se realizaron gran número de expediciones científicas, en las que se descubrieron cientos de nuevas especies animales y vegetales similares, pero no idénticas, a otras conocidas, lo que cada vez resultaba más difícil de explicar con las teorías fijistas. Pero los datos más contradictorios con el fijismo eran los fósiles o huellas de seres vivos mineralizados. En muchos casos eran muy distintos de las especies actuales emparentadas con ellos. Algunos partidarios del fijismo los consideraban “caprichos de la naturaleza”. Los catastrofistas pensaban que eran prueba de cataclismos como el diluvio universal que podía haber transportado seres marinos a la cima de las montañas, por lo que llamaban “antediluvianos” a estos organismos antiguos.

En la actualidad en el mundo occidental sólo los creacionistas, especialmente presentes en los EEUU, sostienen literalmente estas ideas sobre el origen de la Tierra y las especies, y han revivido recientemente la idea del diseño inteligente. Pero en otras culturas y religiones ampliamente extendidas, como el Islam, el creacionismo sigue vigente. En cuanto a la superioridad del ser humano sobre el resto del mundo toda la humanidad sigue empeñada en llevarlos a la práctica aunque cueste la sostenibilidad de otras especies e incluso la de la propia especie humana.

*A.7. ¿A que crees que es debido que estas posturas fueran mantenidas por muchos científicos como Linneo? ¿Cómo explicaban estos científicos las adaptaciones, los fósiles, etc.? ¿Piensas que puede haber otras explicaciones posibles de la gran diversidad de seres vivos?*

Las explicaciones evolucionistas del origen de las especies y las teorías actualistas en Geología suponen que los procesos naturales tienen que haber operado durante muchos miles de años para llevar a cabo efectos como formación de valles y montañas, o transformaciones en los seres vivos. Esta idea ya desde largo tiempo contradecía la interpretación literal de la Biblia, según la cual, calculando las generaciones desde Adán y Eva, el arzobispo Usher dedujo en el siglo XVII que la Tierra había sido creada el 24 de octubre de 4004 a.C.

El evolucionismo se relaciona con el problema de la edad de la Tierra.

**A.8. ¿Qué edad crees que tiene la Tierra? ¿Conoces algún método para determinarla?**

En el siglo XVIII Buffon consideró que la Tierra estuvo más caliente en sus inicios. A partir de experiencias sobre esferas de hierro y otras sustancias propuso una edad de unos 75.000 años, pero en 1751 fue condenado por la Facultad de Teología de la Sorbona y obligado a retractarse. James Hutton en su *Teoría de la Tierra* (1795) afirmó que el fuego subterráneo había existido desde la formación de la Tierra y que aún continuaba existiendo, lo que le permitía explicar los volcanes y otros fenómenos relacionados. Propuso un esquema cíclico, con períodos de erosión de las montañas, seguidos de la sedimentación y de la formación de nuevas montañas por los fuegos internos. Charles Lyell en los *Principios de Geología* (1830) sostiene que los fenómenos geológicos han de explicarse utilizando sólo los procesos que ahora pueden observarse, idea denominada uniformismo, que se opone a los sucesos catastróficos como el Diluvio Universal. Esto hacía necesaria una edad de la Tierra del orden de cientos de millones de años, en lo que coincidía con Darwin, y los necesitaba para la evolución.

El físico William Thomson (Lord Kelvin), autor del segundo principio de la Termodinámica y de la escala de temperatura que lleva su nombre, calculó esta edad basándose en la teoría de la conducción del calor de Fourier. Afirmaba que la Tierra se había ido enfriando, desde una situación inicial de incandescencia. A partir del aumento de temperatura a medida que se profundiza en el interior de la Tierra (gradiente geotérmico, 1° C cada 33 m) y de la conductividad de la corteza, y suponiendo que la temperatura del interior era la de fusión de las rocas (de 4.000 a 6.000° C), calculó el tiempo que había tardado en enfriarse, es decir, su edad. Obtuvo un valor de 24 millones de años, que coincidía con el tiempo que el Sol podía haber estado iluminando a la Tierra, suponiendo que su fuente de energía fuese la contracción gravitatoria (la única conocida posible en el siglo XIX). Esto hizo que los naturalistas tuviesen que reconsiderar el tiempo necesario para que se formasen el relieve y los seres vivos porque Kelvin aportaba datos y cálculos y la mayoría consideró que llevaba razón.

El descubrimiento por Marie y Pierre Curie de la desintegración de los elementos radioactivos, que generan calor en el interior de la Tierra que puede compensar el perdido por conducción, modificó al alza los cálculos sobre la edad de la Tierra. Por otra parte, las reacciones nucleares permiten que el Sol haya radiado energía durante miles de millones de años. Ambos hechos acabaron dándoles la razón a los naturalistas. Por último, la radioactividad ha proporcionado el medio para calcular la edad de los materiales terrestres. Así, el Potasio-40 (con periodo de semidesintegración de  $1,26 \cdot 10^9$  años) y el Uranio-238 ( $4,5 \cdot 10^9$  años) con semividas comparables a la edad de la Tierra (que hoy día se estima en 4.500 millones de años), pueden emplearse para establecer la edad de muestras geológicas. El Carbono-14 (C-14) cuyo periodo es de 5730 años, se emplea para muestras biológicas. Puesto que los organismos vivos intercambian continuamente dióxido de carbono con la atmósfera su proporción C-14/C-12 es la misma que la atmosférica. Pero cuando el organismo muere deja de absorber C-14 de modo que el cociente C-14/C-12 disminuye continuamente debido a la

desintegración del C-14. Por tanto una medida de la velocidad de desintegración por gramo de carbono nos permite el cálculo de la época en que murió el organismo y datar así de forma absoluta restos orgánicos con un margen de error del 2 %.

**A.9.** *¿En qué ciencias se basan los métodos para determinar la edad de la Tierra? Indícalos brevemente.*

**A.10.** *Sobre un calendario, cuyas doce hojas se han distribuido en la pared del aula, marca en él las eras geológicas y sus períodos, y sitúa sobre él momentos importantes como: origen de la vida, plantas verdes, primeros peces, anfibios etc., la Gran Extinción del Pérmico, la Extinción de los dinosaurios y los primeros homínidos.*

### 3. LOS MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN

La idea del cambio o transformación de las especies tiene precursores como Buffon que, en su *Historia natural* (1749), expuso la posible existencia de relaciones de parentesco entre especies distintas, y Erasmus Darwin, abuelo de Charles, que señaló en su *Zoonomía* (1794) que los cambios que experimentan los animales y las plantas han de deberse a algún tipo de fuerza interior, de tendencia a la perfección.

#### 3.1. Lamarck: el uso y el desuso y la herencia de los caracteres adquiridos

Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) consiguió una plaza de ayudante de botánica en el *Jardin des Plantes* de París en 1788. Cuando la Convención reorganizó el Jardín en 1793, transformándolo en el Museo de Historia Natural, creó doce cátedras, adjudicando a Lamarck la de "animales inferiores", a los que denominó invertebrados. El estudio de los mismos le hizo cuestionar la inmutabilidad de las especies y defender la transformación de unas especies en otras. Pero además propuso un mecanismo para tratar de explicar esa transformación, como veremos a continuación.

**A.11.** *Lee el siguiente texto de Lamarck: "Este animal (la jirafa)... vive en lugares en que la tierra, casi siempre árida y sin hierba, lo obliga a pacer el follaje de los árboles y a esforzarse continuamente por alcanzarlo. De esta costumbre resulta, después de largo tiempo, en todos los individuos de su raza, que sus piernas de delante se han vuelto más largas que las de detrás, y que su cuello se ha alargado de tal forma que la jirafa, sin levantarse sobre sus patas traseras, eleva su cabeza y alcanza seis metros de altura". Así mismo, en el capítulo 7 "De la influencia de las circunstancias sobre las acciones y los hábitos de los animales, y de las acciones y los hábitos de estos cuerpos vivientes como causas que modifican su organización y sus partes" de su *Filosofía Zoológica* (1809) introduce las dos siguientes leyes: "Primera ley. En todo animal que no*

*ha traspasado el término de sus desarrollos, el uso frecuente y sostenido de un órgano cualquiera lo fortifica poco a poco, dándole una potencia proporcionada a la duración de este uso, mientras que el desuso constante de tal órgano lo debilita y hasta lo hace desaparecer. Segunda ley. Todo lo que la naturaleza hizo adquirir o perder a los individuos por la influencia de las circunstancias en que su raza se ha encontrado colocada durante largo tiempo, y consecuentemente por la influencia del empleo predominante de tal órgano, o por la de su desuso, la naturaleza lo conserva por la generación en los nuevos individuos, con tal de que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos.”*

Explica cómo justifica los cambios y su permanencia.

Otros motivos para introducir el lamarkismo son sus implicaciones sociales y su papel en la evolución cultural. Respecto a las primeras hay que señalar que las ideas de Lamarck se impusieron en la URSS, cuando ya se había desarrollado la genética. En efecto, Lysenko y sus seguidores defendían que los cambios producidos por el medio en las plantas se podían heredar, oponiéndose a la teoría aceptada por los genetistas del carácter fortuito de las mutaciones.

Lo que no hubiese sido más que una típica controversia entre científicos, se convirtió en una persecución, porque Lysenko fue apoyado por el estado soviético, que consideraba que las mutaciones al azar se oponían al determinismo de la evolución, más coherente con las leyes del materialismo dialéctico. En consecuencia, a partir de 1939 Lysenko sustituyó al genetista Vavilov en todos sus cargos. Los genetistas tuvieron que abandonar sus puestos, hacer confesiones de culpabilidad y muchos fueron desterrados, enviados a campos de concentración o simplemente ejecutados. Aquellos que pudieron continuar en sus laboratorios tuvieron que modificar sus líneas de investigación para tratar de demostrar la corrección de las teorías de Lysenko. En 1948 aún proseguía la persecución y Dubinin, el último genetista de reconocido prestigio, fue privado de su laboratorio. Aunque en 1953, a la muerte de Stalin, 300 científicos solicitaron la dimisión de Lysenko, ésta no se consiguió hasta 11 años después.

#### A.12. ¿Cómo pudieron convertirse las ideas de Lamarck en dogma?

Actualmente se acepta que la evolución cultural, no sólo de los seres humanos, sino de los grandes simios, etc., procede de forma análoga a la propuesta por Lamarck, lo que explica su rapidez, mucho mayor que la de la evolución biológica. Las nuevas adquisiciones (fruto del ensayo y error, del descubrimiento científico, el invento tecnológico, la innovación artística, etc.) se enseñan a los contemporáneos, con lo cual su aprendizaje se puede consolidar en tan sólo una generación.

### 3.2. Darwin y Wallace: evolución por selección natural

Su principal autor, Charles Darwin (1809-1882), empezó en 1825 sus estudios de Medicina en la Universidad de Edimburgo, que abandonó en 1827, trasladándose a Cambridge, donde profundizó en sus intereses en ciencias naturales. Al acabar sus estudios fue aceptado como naturalista en la expedición del “Beagle” alrededor del mundo entre 1831 y 1836. Un momento básico para la ciencia de este viaje tuvo lugar cuando exploró el archipiélago de las Galápagos durante cinco semanas, entre septiembre y octubre de 1835. Observó especies muy semejantes, pero diferentes de unas islas a otras.

*A. 13. ¿Por qué en el archipiélago de las Galápagos encontramos diferentes especies de pinzón y tortuga, de una isla a otra, si están separadas por una distancia que alcanza la vista? ¿Por qué se asemejaban a las de Sudamérica?*

Estuvo muchos años reflexionando sobre estas cuestiones, realizando observaciones y recopilando pruebas. Supuso que sus antepasados llegaron a las Galápagos desde el continente y evolucionaron, separados de sus compañeros de las restantes islas. El mecanismo mediante el cual se había realizado esta evolución se lo sugirieron el éxito de jardineros y ganaderos en la creación de razas útiles de animales y plantas por selección artificial y la obra de 1798 de Malthus: *Un ensayo sobre la población* (que planteaba el crecimiento de la población a mayor ritmo que los recursos). Este mecanismo era la selección natural debida a la lucha por la existencia que permitía que las variaciones favorables se preservasen y las desfavorables se destruyesen, con el resultado de la formación de una nueva especie adaptada al medio. El tiempo necesario se lo proporcionaba Lyell, con su marco actualista en el que los cambios geológicos se producían a ritmo muy lento. Aunque veinte años después aún no había publicado sus ideas, observaciones y pruebas, por temor a los problemas sociales y familiares que podrían producirse, se vio obligado a hacerlo en 1859, en su libro *El origen de las especies mediante selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*. Esto fue debido a que Alfred Wallace (1823-1913), que concibió independientemente el modelo de selección natural, le había enviado un artículo con sus ideas. Se trata de un claro ejemplo de descubrimiento simultáneo, bastante lógico, porque los dos habían leído a Malthus y a Lyell y, además, ambos realizaron viajes, en los que tuvieron oportunidad de observar diferentes especies emparentadas que vivían en lugares próximos. Como hemos visto, Darwin dio la vuelta al mundo y Wallace trabajó en Malasia.

Las ideas centrales del modelo de selección natural, aceptado hoy día por la comunidad científica son:

1. Variabilidad hereditaria en las poblaciones: Los mecanismos de la herencia biológica hacen que no existan dos hermanos (excepto gemelos idénticos) iguales entre sí y que entre los individuos de una especie haya muchas diferencias.

**A. 14. Construid un diagrama de barras donde se represente gráficamente la altura de las personas que están en vuestra clase. Elaborad una lista de aspectos cualitativos que diferencien las personas de vuestra clase.**

Algunas de estas diferencias son muy visibles y han dado pie a la clasificación de los seres humanos en diferentes razas y, por tanto, a justificar el racismo y la esclavitud de las supuestas razas inferiores. Incluso en países como el nuestro en que las características exteriores son muy similares, se ha utilizado otras, como el grupo sanguíneo (el Rh negativo), para justificar supuestas diferencias. Pero lo cierto es que estas diferencias son mínimas al lado de las semejanzas, como ya puso de manifiesto Shakespeare en *El mercader de Venecia* en boca de Shylock: “¿Es que un judío no tiene ojos? ¿Es que un judío no tiene manos, órganos, proporciones, sentidos, afectos, pasiones? ¿Es que no está nutrido de los mismos alimentos, herido por las mismas armas, sujeto a las mismas enfermedades, curado por los mismos medios, calentado y enfriado por el mismo verano y por el mismo invierno que un cristiano? Si nos pincháis, ¿no sangramos? Si nos cosquilleáis, ¿no reímos? Si nos envenenáis, ¿no nos morimos?” La ciencia contemporánea confirma estas observaciones ya que desde el punto de vista genético, la humanidad es muy uniforme. Los rasgos externos más visibles dependen de muy pocos genes y muestran fundamentalmente la adaptación climática de los grupos humanos.

2. Excesiva descendencia: La mayoría de los seres vivos tienen un enorme número de descendientes de los que sólo unos pocos llegan a la edad reproductiva. Las plantas producen cientos o miles de semillas, los peces ponen millones de huevos. Darwin calculó que en 700 años los descendientes de una pareja de elefantes podrían llegar a 19 millones si todos sobreviviesen. Para animales muy prolíficos como las ratas, los descendientes de una pareja llegarían a 20 millones en sólo tres años, si todos sobreviviesen.

**A. 15. ¿Por qué no sobreviven todos?**

El estudio de los cambios que tienen lugar en una población a lo largo del tiempo por las relaciones de los organismos entre ellos y con el entorno viene modelizado por una ecuación muy sencilla, propuesta por Robert May, profesor de Zoología y presidente de la Royal Society, denominada ecuación o mapa logístico:

$$X_{\text{siguiente}} = a \cdot X_{\text{inicial}} \cdot (1 - X_{\text{siguiente}})$$

Donde “a” es la tasa de crecimiento de la población. Si  $a < 3$ , tenemos una población estable; si  $a$  está comprendido entre 3 y 3,57, la población oscila entre dos valores; por último, si  $a > 3,57$ , la población fluctúa, en apariencia sin ritmo ni motivo, de forma totalmente impredecible. Se trata del ejemplo más sencillo de caos o comportamiento caótico, de tanta importancia en múltiples dominios de la ciencia, desde la actividad eléctrica del corazón o el cerebro,

los fluidos turbulentos, la meteorología (y el conocido efecto mariposa), el goteo de un grifo, el cinturón de asteroides del sistema solar, y un largo etcétera.

3. Supervivencia diferencial: En otras palabras, no es que un individuo cambie para sobrevivir mejor en un ambiente dado, sino que quedan vivos -o tienen más descendientes- los que presentan determinado carácter, es decir aumenta su proporción en la población. El mecanismo propuesto por Darwin y Wallace supone que cambian las poblaciones, lentamente, y que en dos ambientes distintos los descendientes de antepasados comunes pueden, con el tiempo, llegar a ser muy diferentes.

El modelo de selección natural requiere pensar en términos de “poblaciones”, no de individuos, ya que no se trata de que cambien los individuos, sino que la supervivencia de individuos con ciertos caracteres hereditarios y no con otros, lleva a cambios en la población (hoy diríamos en las frecuencias de genes, o alelos, en la población). A lo largo de mucho tiempo, otra condición crucial, las diferencias entre dos poblaciones originalmente pertenecientes a la misma especie pueden llegar a ser tan grandes que se conviertan en especies distintas.

*A. 16. ¿Cómo explicarías con la selección natural de Darwin el cuello de las jirafas?*

*A. 17. La mayoría de los pollitos de las gallinas de granja son de color amarillo o blanquecino. Las crías de aves de la misma familia que viven en libertad son pardas, moteadas y manchadas. Teniendo en cuenta que todos tienen los mismos antepasados, ¿cómo explicarían Darwin y Wallace que los de granja tengan color amarillo o claro?*

#### 4. PRUEBAS Y DIFICULTADES DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

En 1859 Darwin publicó *El origen de las especies*. La mayoría de sus 14 capítulos se dedican a presentar pruebas sobre la evolución. Darwin no era únicamente un coleccionista de datos espigados de libros sino que realizó también algunos experimentos: medir la supervivencia de los brotes de hierba; el papel de las abejas en la fecundación de las plantas (capítulo III); los experimentos de cruzamiento de variedades (capítulo IV); experimentos con judías para probar las leyes de variación (capítulo V); el experimento de la celda de la abeja. Pero se pueden encontrar otros en el libro, como por ejemplo, la determinación del tiempo de supervivencia de semillas en el agua, para comprobar que podían pasar del continente a las islas. También Darwin era propenso a usar experimentos imaginados, como Einstein, por ejemplo, imaginar una especie transportada súbitamente a un lugar nuevo (capítulo III) o visualizar cambios en las normas de depredación (capítulo IV).

Las pruebas o datos que en la época de Darwin apoyaban la teoría de la evolución son el *registro fósil* (capítulos XI y XII), la distribución *biogeográfica* de animales y plantas (capítulos IX y X); la embriología, que muestra semejanzas entre los embriones

de especies próximas (capítulo XIII), o las *homologías*. Veremos algunos de ellos a continuación:

*Darwin observó en su vuelta al mundo en el Beagle que las plantas y animales de distintos países son muy distintas, e incluso dentro de un determinado país.* Esto es la base de la biogeografía, el estudio de la adaptación de los seres vivos en las distintas regiones del globo y, en consecuencia, a su distinta distribución. En ella se considera que la unidad básica de la biología evolutiva es la población o conjunto de individuos de una misma especie que se hallan en un enclave geográfico determinado. Una barrera biogeográfica (la distancia es una de las más efectivas, pero también un accidente geográfico: cordillera, brazo de mar, etc.), puede impedir no sólo la expansión de una especie, actuando como un límite a su área de dispersión, sino también como agente de aislamiento geográfico, interrumpiendo el contacto entre individuos de poblaciones de una misma especie y que puede dar lugar a la aparición de otras nuevas, como veremos seguidamente. Las barreras biogeográficas (que pueden ser asimismo artificiales, como una autopista, por ejemplo) pueden provocar también la extinción de poblaciones preexistentes al impedir el intercambio genético entre los individuos que la componen o limitar por debajo del número crítico su tamaño de población.

Según la teoría clásica el aislamiento geográfico es imprescindible para la *especiación*, es decir, el proceso por el cual los pequeños cambios evolutivos que se producen en una población culminan en el establecimiento de nuevas especies. Podemos definir una especie como un conjunto de poblaciones que comparten un mismo genoma y mantienen una comunicación reproductora mediante cruzamientos. Sin embargo, cuando dos poblaciones quedan reproductivamente aisladas entre sí de modo que no se produce flujo genético, pueden llegar a aislarse dos especies distintas (como vio Darwin en las Galápagos). Si el aislamiento es geográfico se habla de especiación alopátrica. También puede darse especiación simpátrica, sin necesidad de aislamiento geográfico y favorecida por otros tipos de aislamiento: por épocas diferentes de fecundidad de las poblaciones (aislamiento estacional); por determinantes genéticos que establecen incompatibilidad reproductora entre dos especies (aislamiento reproductor); por diferencias en los hábitos de emparejamiento entre especies distintas (aislamiento sexual).

**A. 18. ¿Qué papel juegan las barreras geográficas en la especiación? ¿Qué otras barreras aparecen en el texto?**

Las teorías fijistas explican la adaptación por el diseño. Para Darwin y Wallace se trata de que sobreviven mejor los que presentan algún carácter que mejora su adaptación, y dejan más descendientes. Según el ambiente puede resultar mejor adaptado un carácter (por ejemplo el pelaje blanco en la nieve) u otro (el pelaje oscuro en un bosque). Esto puede cambiar con el tiempo, al cambiar el medio. Así, las polillas de los álamos que antes de la revolución industrial eran predominantemente blancas, ya que su color se camuflaba mejor en dichos troncos, eran oscuras después de la misma, al ensuciarse los troncos de hollín.



Como hemos visto se denominan análogos a los órganos o estructuras orgánicas que no presentan ninguna comunidad de origen pero que desempeñan funciones parecidas. Así, las alas de los insectos y las de las aves son órganos análogos adaptados al vuelo, aunque su estructura y origen sean distintos. Esto es explicado por los evolucionistas como consecuencia de un proceso de convergencia evolutiva, es decir, la adopción de formas anatómicas o etológicas similares entre líneas de organismos no emparentadas, como consecuencia de haberse adaptado a un mismo medio. La convergencia es un fenómeno relativo entre dos o más formas o grupos. Presentan convergencia, con respecto de los peces, los cetáceos, que siendo mamíferos han adquirido una forma similar a la de los peces al adaptarse de nuevo al medio acuático.

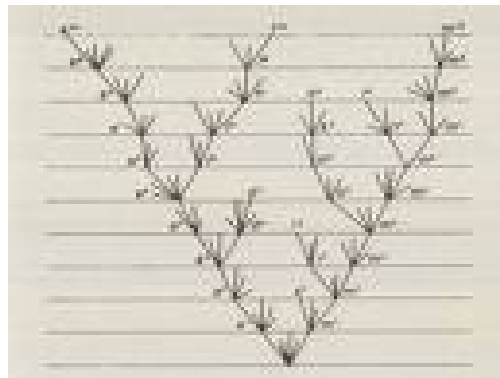
*A.19. ¿Cómo explica Darwin que los seres vivos estén adaptados a su medio? ¿Y los órganos análogos?*

Los órganos homólogos son el mismo órgano en diferentes animales, situado en la misma posición respecto a otros aunque su función, e incluso su forma, fuesen distintas. Eran una prueba a favor del fijismo, una muestra de que el creador había diseñado un arquetipo o modelo ideal, del que por ejemplo los distintos vertebrados serían variaciones. En cambio, para el evolucionismo, si las especies fuesen creadas de forma independiente no tendría sentido que poseyesen los mismos huesos o estructuras. Los órganos homólogos son una prueba del evolucionismo, de que diferentes especies proceden de un antepasado común. Darwin argumenta que la coincidencia en las piezas de la extremidad (u otros órganos) con distinta función se explica mejor por proceder de un antepasado común.

*A.20. ¿Por qué existen isomorfismos entre los huesos de los brazos y manos de un hombre, las patas delanteras del caballo, las alas del pájaro y del murciélago o las aletas de la ballena? ¿Por qué ocurre esto a pesar de los muy diferentes usos en que se emplean estos miembros?*

*A.21. ¿Por qué los embriones del perro y del hombre son prácticamente indistinguibles, si los adultos son tan diferentes?*

La única ilustración de *El origen de las especies* es el árbol genealógico de la vida. Según Darwin *“Esta tendencia de los grupos numerosos a seguir aumentando y a divergir en sus caracteres, unida a la circunstancia casi invariable de una considerable extinción, explica la disposición de las formas vivientes en grupos propios subordinados entre sí”*. Es decir, la ramificación en la evolución explica la diversidad y las extinciones y, en consecuencia, los fósiles.



Desde este punto de vista, la clasificación de los seres vivos deja de ser una mera taxonomía y adquiere un carácter sistemático, que constituye una prueba más de la teoría de la evolución, ya que pone de manifiesto relaciones de filiación entre los seres vivos. Por ejemplo, de alguna especie de pez surgieron los anfibios, de alguna de estos los reptiles y de alguna especie de reptil los mamíferos y de otra las aves.

#### A.22. ¿Cómo se explican los fósiles o la diversidad actual de los seres vivos?

El propio Darwin era perfectamente consciente de las dificultades de su teoría, y dedica dos capítulos de la primera edición del *Origen de las especies*, el VI Dificultades en la teoría y el IX La imperfección del registro geológico a salir al paso de las mismas. Una de ellas es la del ojo: “¿Podemos creer que la selección natural produzca (...) órganos de una estructura tan maravillosa como el ojo del cual apenas podemos comprender del todo su perfección inimitable?”. Los creacionistas cuestionan la evolución del ojo a partir de estructuras incipientes con apenas visión. Pero como señala Dawkins en *El relojero ciego* (1988), es mejor un cinco por cien de visión que la ceguera total (¡que se lo digan a personas que han ido perdiéndola por retinitis pigmentaria u otras enfermedades oculares degenerativas!) y, en consecuencia, es posible una evolución primero con células sensibles a la luz, que después se ubican en una oquedad (que confiere direccionalidad a la visión), que se cierra con un cristalino (gana nitidez), etc., y con cada una de ellas aumentan las posibilidades de supervivencia del organismo.

Otro argumento también muy utilizado por los creacionistas es la perfección del diseño del ojo, pero lo cierto es que éste es una buena prueba de lo que el premio Nobel François Jacob denomina el “bricolaje de la evolución”, que trabaja a partir de lo que tiene a mano. Así, en contra de cualquier diseño racional, en el ojo de los vertebrados las conexiones pasan por encima de los conos y bastones, hasta que se hundan en la “mancha ciega”. Pero el principal problema de la teoría de Darwin era que no explicaba por qué surgen variaciones hereditarias entre organismos y cómo se transmiten éstas de generación en generación. Las teorías de la herencia que prevalecían en aquellos años sostenían que las características de los progenitores se mezclan en los hijos. Pero si esto es así, es difícil explicar como se mantienen las características favorables sin diluirse en el transcurso de las generaciones. Hay que esperar a que se difunda la teoría de la herencia de Mendel a que se resuelva este problema, como veremos más adelante.

*A.23. ¿Puedes mencionar dificultades de la teoría de la selección? ¿Cómo se pueden explicar con ella órganos tan perfectos como el ojo?*

## 5. IMPLICACIONES SOCIALES DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

*A.24. Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas: ¿Qué implicaciones sociales tuvo y aún sigue teniendo la teoría de la evolución? ¿Por qué hay tantas resistencias hacia dicha teoría?*

La teoría de la evolución fue la que tuvo mayor impacto social en el siglo XIX. Esta idea experimentó una gran oposición ideológica debido a que se oponía al origen de las especies por creación divina y despojaba a la especie humana de su lugar privilegiado, como Copérnico había desalojado a la Tierra del centro del Universo. También la evolución al azar cuestiona la intervención continua de Dios en la naturaleza viva (como Laplace la había cuestionado en el sistema solar) y sobre todo el finalismo, es decir, el funcionamiento según leyes establecidas por el Creador y dirigidas a una finalidad, o lo que es lo mismo, la existencia de un plan del Creador.

La controversia empezó ya un año después de publicado *El origen de las especies* entre Wilberforce, obispo de Oxford, y el científico Huxley. El primero continuaba utilizando la interpretación literal de la Biblia contra las teorías científicas de Darwin sobre la evolución y el origen del hombre defendidas por el segundo. Y esto ha proseguido hasta la actualidad en países protestantes, especialmente en EE.UU. Se prohibió en algunos estados la enseñanza de la teoría de la evolución, lo que provocó el “juicio del mono” en 1925 en Tennessee, contra un profesor que hizo caso omiso de la prohibición y fue condenado por ello. En Arkansas y Louisiana (EE.UU.) era obligatorio por ley conceder un tiempo igual a la teoría de la evolución y a las tesis creacionistas hasta fechas tan recientes como 1987 y en Kansas en 1999. La elección de Georges W. Bush reforzó las posturas de los fundamentalistas protestantes, que consideran la teoría de Darwin como una hipótesis no probada y exigen que se dedique el mismo tiempo al creacionismo.

En países católicos, como España, las restricciones ideológicas de la última década del reinado de Isabel II impidieron la divulgación del darwinismo (Josep Ortola fue separado de la su cátedra en 1867) hasta la Revolución de 1868. En la Restauración de 1875 aparece un Real Decreto que prohíbe a los profesores realizar manifestaciones contra la monarquía y la religión y les obliga a seguir los libros impuestos desde el ministerio. Unos 39 catedráticos protestaron y 19 fueron apartados de sus cátedras, 5 detenidos y 3 desterrados (Salmerón, Azcárate y Giner de los Ríos). Odon de Buen publicó libros para difundir a Darwin condenados por la Congregación del Índice en 1895, que pidió la destrucción de las obras y la retractación del autor. Estos hechos provocan manifestaciones estudiantiles.

Pío XII en la “*Humani generis*” (1950) sigue planteando la evolución como una teoría no demostrada y por fin, Juan Pablo II acepta la teoría de la evolución ya que ésta “ha sido aceptada progresivamente por los investigadores, como la continuación de una serie de descubrimientos en diversos campos del conocimiento. La convergencia, que no es buscada ni inventada, de los resultados de trabajos que se realizaron de manera independiente es en sí misma un razonamiento significativo a favor de la teoría”. Aceptan la evolución biológica incluso para los seres humanos pero sostienen que Dios infunde el alma en el mismo instante de la fecundación lo que les lleva a negar cualquier posibilidad de aborto, sin distinguir entre embrión y feto como hacían algunos padres de la Iglesia (Sagan, 2000) o cualquier posibilidad de investigación con células madre embrionarias.

También tuvo consecuencias en el pensamiento político y económico por medio de filósofos como Spencer que extendieron la teoría de la selección natural a la sociedad humana, al ver en la competencia entre las empresas y en el comercio libre la selección de los más aptos. Esta doctrina se denominó darwinismo social y según ella la libre empresa y el individualismo se convierten en una ley natural e inevitable y sigue actualmente presente en el neoliberalismo dominante en nuestros días. Estas ideas fueron extendidas por militaristas como Begehot y racistas como Chamberlain a la lucha entre naciones y razas, en la cual las más fuertes conquistarían a las más débiles, justificando así la esclavitud y el imperialismo militar de EEUU, Japón y diversos países europeos. Los propios biólogos no eran muy dados a estas interpretaciones. Así Darwin veía en la evolución de la humanidad el creciente dominio de los instintos cooperativos. Wallace defendía que en la lucha social nadie debería tener una ventaja injusta en riqueza o educación, todos deben tener igualdad de oportunidades. Huxley se expresaba contra la idea de que el evolucionismo diese al gobierno una excusa para pasar sus responsabilidades a la naturaleza. Estas otras versiones de la teoría fueron recogidas por algunos socialistas y anarquistas, como Kropotkin, en apoyo del principio de ayuda mutua.

La teoría de la selección natural también influyó en la eugenesia de Galton, Pearson y Davenport, es decir, en la idea de una mejora planificada de la raza humana mediante la esterilización de los individuos menos aptos. Esto, unido a la aplicación sistemática en el ejército del test de inteligencia de Binet (que ponía de manifiesto la supuesta inferioridad de negros e inmigrantes recientes), llevaron a EE.UU. a adoptar en 1924 leyes restrictivas de la inmigración y, a finales de los años 20, una docena de estados norteamericanos adoptaron leyes eugenistas sobre esterilizaciones cuya constitucionalidad fue ratificada por el tribunal supremo en 1927. En Alemania, a partir de 1933, se publicó una ley eugenista que provocó la esterilización de cientos de miles de personas y abrió el camino a los campos de la muerte.

## 6. LA TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN. NUEVOS DESCUBRIMIENTOS QUE LA CONFIRMAN

*A.25. Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas*

La crisis del darwinismo se produce porque éste no explicaba cómo se heredaban las variaciones, para lo cual hubo que esperar a que se descubriese y difundiese la genética de Mendel. Este realizó sus primeras experiencias de hibridación en 1856 y publicó los resultados obtenidos en 1866, en *Ensayos sobre los híbridos vegetales*. Sus experiencias, realizadas por medio del cruzamiento de diversas variedades y especies de guisantes, le permitieron establecer las leyes básicas de la herencia. Mendel descubrió que los genes, a los que denominó factores ya que desconocía su existencia física, determinan la herencia de los caracteres. Sin embargo, aunque los expusiera en círculos científicos (por ejemplo, a Nageli y al propio Darwin, lo que pone de manifiesto que éste no estaba muy preocupado por los mecanismos de la herencia), sus descubrimientos fueron olvidados hasta 1900, año en que otros tres naturalistas, H. de Vries, C. Correns y E. von Tschermak, redescubrieron, trabajando independientemente, dichas leyes. El término genética fue usado por primera vez por el biólogo británico W. Bateson en 1906.

Clásicamente, los estudios de genética han consistido en la realización de cruces experimentales, especialmente diseñados para luego estudiar la descendencia. En un primer momento, se usaron plantas o animales superiores. Pronto se comprendieron las ventajas de utilizar organismos pequeños, de cría fácil y económica. La introducción de la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster* por Morgan, hacia 1925, permitió importantes avances. Más adelante, al abordar la naturaleza química del material hereditario, resultó aún más adecuado el uso de bacterias, y en especial la *Escherichia coli*.

Tras el redescubrimiento del trabajo de Mendel, el desarrollo de la genética se aceleró rápidamente: los biólogos se dieron cuenta de que los factores mendelianos parecían coincidir en su comportamiento durante la reproducción con los cromosomas que acababan de ser estudiados en detalle. Las mutaciones naturales o artificiales desempeñan también un papel importante en estos estudios. Sutton y Boveri, propusieron en 1904 la denominada teoría cromosómica de la herencia: los factores hereditarios, que se denominaron genes, se encuentran en los cromosomas.

El neodarwinismo o teoría sintética es la teoría de la evolución que actualiza la hipótesis darwinista con la aportación de los conocimientos de la genética mendeliana. Sus principales creadores son el genetista Theodosius Dobzhansky, con su libro *Genética y origen de las especies* de 1937, el zoólogo Ernst Mayr con su *Sistemática y origen de las especies* de 1942 y el paleontólogo George Gaylord Simpson con su *Tiempo y modo en evolución* de 1944. Fue J. Huxley el que acertó a denominar en 1942, a raíz del Congreso de Princeton, a la nueva teoría neodarwinismo o síntesis moderna de la evolución. Como hemos visto el neodarwinismo recoge aportaciones (además de la genética y la ecológica) de otras muchas ramas de la historia natural, especialmente de la botánica y zoología sistemáticas y de la paleontología.

Esta teoría afirma que la evolución se debe a la acción conjunta de diferentes factores (mutaciones, recombinación genética, selección, aislamiento). La mutación provoca un cambio muy pequeño en la dotación genética del individuo, que por recombinación pasa a los descendientes y que la selección se encarga de hacer viable o no. El aislamiento de las poblaciones favorece la perpetuación de aquellos cambios

que vuelven más apto al individuo frente a las condiciones del medio. El resultado de este proceso es, como hemos visto anteriormente, la especiación.

Eldredge y Gould propusieron en 1970 la teoría del equilibrio puntuado, con períodos cortos (a escala de los tiempos geológicos) de aparición de nuevas especies y largos períodos en que estas especies no varían. Todo esto ha vuelto a poner de actualidad la vieja polémica sobre si toda la evolución responde a un único mecanismo o si se puede distinguir entre la llamada microevolución o evolución intraespecífica, que se produce en el interior de una misma especie y que da origen a nuevas razas y variedades, para originar más tarde subespecies; y la macroevolución o evolución supraespecífica, que afecta a los taxones superiores a la especie y da lugar a nuevas líneas filogenéticas.

*C.1. ¿Qué entiendes por mutación?*

*C.2. ¿Qué papel puede jugar en la evolución?*

## 6.1. Investigaciones sobre el origen de la vida

*A.26. Lee detenidamente los siguientes textos y contesta las cuestiones que aparecen al final de los mismos*

Actualmente se piensa que un planeta o satélite para albergar vida debe cumplir las siguientes condiciones. La primera es que orbite en torno de la estrella adecuada. No todas lo son. Deben ser de segunda generación, ya que las de primera se forman a partir del H y He primordiales y no tienen elementos complejos. Son las reacciones nucleares de su interior las que generan elementos más complejos como C, O, N, S, P, etc., que al explotar salen al exterior y hacen que las estrellas de segunda generación los incorporen. En ese sentido, como dice Sagan, "somos hijos de las estrellas". Pero incluso, no todas las estrellas de segunda generación son adecuadas. No son adecuadas para la vida las gigantes azules o blancas porque desprenden mucha energía y viven poco, sin darle tiempo ni posibilidades suficientes a la vida. Tampoco las enanas marrones, poco energéticas. También las estrellas dobles o triples parecen excluirse, porque favorecen el caos en las órbitas planetarias. Las estrellas amarillas como nuestro Sol parecen las más adecuadas, y pueden suponer menos de 1/10 del total.

Parece que los planetas térreos (con superficies sólidas y/o líquidas) con un determinado tamaño para retener atmósfera son más adecuados que los gigantes gaseosos. También es conveniente una distancia a la estrella ni muy pequeña ni muy grande para que la temperatura no sea, respectivamente, ni muy alta ni muy baja para la vida. Una atmósfera protege de la radiación cósmica y estabiliza las temperaturas entre la parte del planeta iluminada y no iluminada (lo que produce diferencias de centenares de grados), pero parece adecuado que no sea ni tan densa como la de Venus (lo que provoca efecto invernadero) ni tan poco densa como la de Marte (que no sirve para estabilizar las temperaturas e impedir la evaporación del agua). Por otra parte si la atmósfera no posee moléculas que absorban la radiación UV (capa de ozono en nuestro caso),

el agua puede ejercer esa función, además de favorecer las reacciones químicas, por lo que se piensa que Europa que parece disponer de agua puede tener posibilidades y que Marte las tuvo (cuando tenía más atmósfera y agua líquida). En nuestro sistema solar esto supone un poco más de 1/10.

*Q.1. ¿Qué condiciones debe reunir un planeta o satélite para albergar vida? ¿Por qué algunos científicos dicen que hay (o hubo) posibilidades de vida en Marte o en Europa (satélite de Júpiter)?*

Oparin y Haldane, plantearon la posibilidad de que, en determinadas circunstancias, se produjese vida a partir de la materia inerte. La experiencia de 1952 de Stanley Miller lo hizo plausible. Colocó en un matraz los gases de la atmósfera primitiva (metano, amoníaco, hidrógeno, vapor de agua y un poco de dióxido de carbono), lo calentó e hizo saltar chispas eléctricas en su interior, obtuvo en el fondo una sustancia rojiza que contenía aminoácidos, las moléculas que forman las proteínas y ácidos nucleicos. Joan Oró, científico catalán que investigaba en los EE.UU., fue capaz de sintetizar adenina, una de las cuatro bases del ADN y ARN, a partir del cianhídrico HCN. Años después, cuando trabajaba con Miller, sintetizaron otra base, la guanina a partir del formaldehído HCHO.

Con estas moléculas orgánicas: aminoácidos, ácidos grasos, precursores de los lípidos, cianhídrico HCN y formaldehído HCHO, disueltas en agua, posiblemente en charcas superficiales, mucho tiempo y arcilla (que cataliza la formación de pequeñas cadenas de ácidos nucleicos, proteínas y lípidos), se produjo una química prebiótica que acabó desembocando en la formación de pequeños glóbulos (ya que las proteínas se separan de la disolución), que Oparin denominó coacervados. Fases necesarias de dicha química son el establecimiento de un interior (membranas semipermeables), los mecanismos productores de energía (es decir, un metabolismo por fermentación o fotoquímica, etc.) y, además, de mecanismos reproductores (inicialmente basados en el ARN, que puede autorreproducirse y es más sencillo que el ADN). El final de este proceso la aparición de las primeras células sin núcleo, las algas verde azules y las bacterias.

El químico Svante Arrhenius propuso la idea de que la vida llegó a nuestro planeta en un meteorito. Esta propuesta reaparece recurrentemente. En la actualidad se defiende porque en las nebulosas de la galaxia se han detectado las moléculas orgánicas anteriormente mencionadas, pero esto sólo prueba la universalidad de las leyes químicas. Esta hipótesis no resuelve el problema del origen de la vida, simplemente lo desplaza a otro sitio. Por otra parte, los meteoritos al atravesar la atmósfera terrestre alcanzan la incandescencia por fricción, temperaturas que no parecen muy favorables para la supervivencia de bacterias.

*Q.1. ¿Cómo se puede originar vida a partir de la materia inerte?*

Drake planteó una ecuación sobre la probabilidad de una civilización tecnológica en la galaxia  $N=R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$ , donde R es la tasa de formación de estrellas como el

Sol en la galaxia,  $f_p$  la probabilidad de que tengan planetas,  $n$  es el número medio de planetas habitables,  $f_v$  la probabilidad de que haya vida en ellos,  $f_i$  es la probabilidad de vida inteligente,  $f_c$  es la probabilidad de una civilización tecnológica (con radiotelescopios que le permitan comunicarse con nosotros) y, por último,  $L$ , la vida media de dicha civilización y, en consecuencia,  $N$  sería el número de planetas que pueden tener vida con tecnología avanzada. En sus estimaciones Sagan (1982), Drake y otros partidarios del programa SETI (Search of Extraterrestrial Intelligence), basado en la idea de que la forma más probable de comunicación con civilizaciones extrasolares sea la detección con radiotelescopios de ondas electromagnéticas emitidas por éstas, encontraron para  $N$  valores comprendidos entre  $10^3$  y  $10^5$ .  $R$  es el cociente entre  $10^{11}$  (estrellas en la galaxia) y  $10^{10}$  años (vida de la galaxia), multiplicado por  $1/10$  que son las estrellas tipo Sol, es decir,  $R=1$ .  $f_p$  vale entre  $1/2$  y  $1/5$  y  $n$  entre  $1$  y  $5$ . Consideraron que todos los planetas habitables producen vida y vida inteligente, es decir, que  $f_v=1$  y  $f_i=1$ , pero que sólo uno de cada  $10$  consigue civilización tecnológica,  $f_c=0,1$ . Por último, el factor más imprevisible y, por otra parte, el más interesante ya que indica la probabilidad de pervivencia de nuestra especie, es  $L$ , al que asignaron valores entre  $10^4$  y  $10^6$ .

Aunque los primeros valores, los astronómicos, son bastante aceptables, pensamos, como muchos biólogos, que la probabilidad de vida, de vida inteligente y de civilización tecnológica parece claramente sobreestimada. En primer lugar, a partir de lo que podemos observar en la Tierra (porque hasta hoy toda la biología es terrestre). La Tierra existe desde hace 4500 millones de años (Ma). No parece que la vida sea tan difícil, ya que las bacterias existen desde hace unos 3500 Ma. Pero la vida compleja es más difícil y más si tenemos en cuenta el papel del azar en la evolución de los seres vivos (recordemos la extinción de los dinosaurios). Así, las primeras células nucleadas existen desde hace unos 2200 Ma y los seres pluricelulares desde hace 700 Ma. Mucho más difícil parece la aparición de vida inteligente, como el "homo habilis" que se remonta a hace sólo 2 Ma y aún más que ésta alcance una tecnología "espacial", que tiene sólo unos 50 años. En segundo lugar, porque generalizar esto a la Galaxia aún es más complejo. En efecto, hay muchos supuestos implícitos (terrícolas) sobre la vida: su origen en la química del carbono, el papel del ADN y el código genético y un largo etc. La física y la química son universales y sólo el carbono es capaz de producir los millones de compuestos que requiere la complejidad de la vida, pero, ¿por qué ADN? Incluso en la propia Tierra hay otras moléculas que se pueden replicar, como el ARN.

Es decir, con todas las reservas de los datos y las consideraciones obtenidos a partir de una única muestra (la biología terrestre), el valor de  $N$  debe ser mucho menor que el sugerido por Sagan y otros partidarios de la vida inteligente extraterrestre. Posiblemente esto les decepcione, pero también permite extraer importantes consecuencias. En efecto, puede hacer que nos demos cuenta de lo rara y valiosa que es la vida y, aún más, la vida inteligente y, por tanto, de que hay que cuidarla y no ponerla en peligro con carreras armamentísticas, desarrollos insostenibles, etc.

Por otra parte, aunque el número de civilizaciones fuese como el sobreestimado por Drake o Sagan, si se tiene en cuenta el tamaño de la galaxia ( $10^{11}$  a.l.), el carácter límite de la velocidad de la luz y la necesidad de una cierta coincidencia temporal (que no se haya extinguido una civilización cuando la otra ni ha surgido) esto pone de manifiesto



que la probabilidad del fenómeno OVNI tiende a cero (y no el millón de avistamientos que se han producido según los ufólogos), como ya sugería el premio Nóbel de Física Fermi al preguntar irónicamente: “¿Dónde diablos están?”. Curiosamente la mayoría de los avistamientos se producen en los EE.UU. y no en Europa y todos los casos estudiados en los EE.UU. han resultado fenómenos naturales incorrectamente interpretados por el observador, aviones soviéticos o aviones experimentales norteamericanos, globos, luces, etc. Tan convencida estaba la comunidad científica de que no había nada extraterrestre en los OVNI que cuando el presidente Carter solicitó a la NASA un estudio exhaustivo sobre esos fenómenos, dicho organismo se negó a realizarlo. Por último, hay que señalar el programa SETI, después de muchos años de funcionamiento, aún no ha conseguido resultados positivos.

*Q.3. A partir del calendario sobre la edad de la Tierra y de lo que se sabe sobre el origen de la vida, ¿qué podemos decir sobre la probabilidad de vida, de vida inteligente y de que ésta alcance una tecnología espacial? ¿Qué nos dice sobre la existencia de OVNI?*

## 6.2. Cambio biológico en la actualidad

Recientemente se ha detectado la resistencia a muchos antibióticos de determinadas bacterias. También se observa resistencia a los insecticidas y plaguicidas de los insectos que transmiten enfermedades (llamados vectores), por ejemplo los mosquitos que transmiten la malaria, las pulgas o las cucarachas. Un caso preocupante es el DDT que después de la II Guerra Mundial, de cuyas investigaciones fue resultado, se utilizaba para combatir la malaria. En 1962 Rachel Carson denunció en Primavera silenciosa sus efectos nocivos: *“Residuos de estos productos químicos permanecen en los suelos a los que han sido aplicados una docena de años antes. Han penetrado y se han instalado en los cuerpos de peces, pájaros, reptiles y animales domésticos y salvajes tan universalmente que los científicos que llevan a cabo experimentos con animales encuentran casi imposible localizar animales libres de tal contaminación (...) Estos productos químicos están ahora almacenados en los cuerpos de la vasta mayoría de los seres humanos. Aparecen en la leche materna, y probablemente en los tejidos del niño que todavía no ha nacido”*. A pesar de las presiones de la industria agroquímica norteamericana, diez años después se prohibió su uso en occidente, pero continuó utilizándose en el tercer mundo, donde se comprobó que numerosas poblaciones de mosquitos no eran afectadas por este insecticida.

*A.29. ¿Qué explicación tiene el hecho de que hace años les hiciesen efecto a los insectos y bacterias, respectivamente, los insecticidas y los antibióticos y ahora no?*

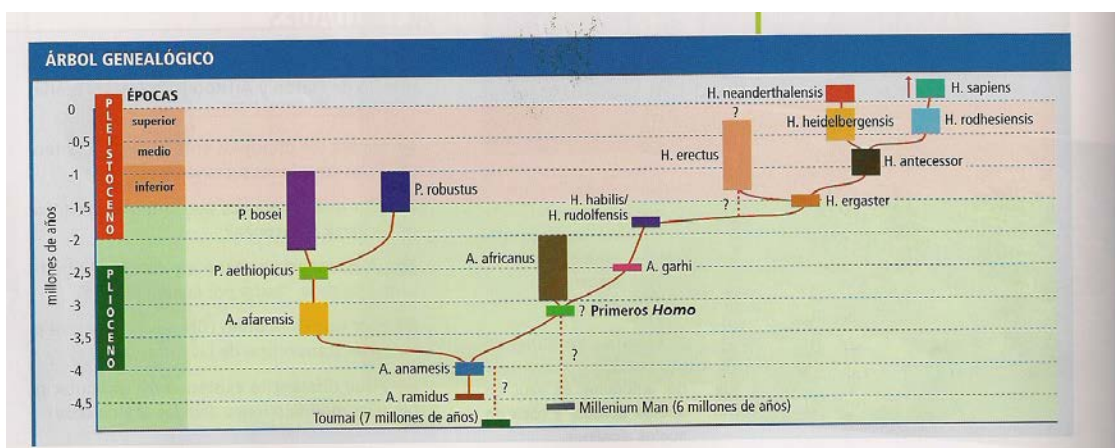
Esto último explica la preocupación de la Unión Europea (UE) por algunos organismos genéticamente modificados (OGM), es decir, aquéllos en los que se altera el ADN de células germinales, y se transmiten los cambios a la descendencia, lo que ha permitido la producción de animales y plantas transgénicos. Como la especie humana ha

estado realizando manipulaciones de plantas y animales, los científicos europeos sólo cuestionan cinco categorías de genes: los que producen resistencia a insectos, a ciertos herbicidas (el Roundup de Monsanto o el Basta de AgrEvo) o a antibióticos, los que provocan esterilidad de las semillas (la famosa tecnología "Terminator") y los que reducen a otros al silencio. El problema es que estos genes se transfieran a otras plantas o bacterias. Por ejemplo, los marcadores que codifican la resistencia a antibióticos se han utilizado sólo para facilitar la detección de las células en las cuales el gen deseado ha sido introducido, pero pueden transformarse y expresarse en bacterias infecciosas. Esto ha producido una moratoria en la UE, en aplicación del principio de precaución, y conflictos comerciales con los EE.UU. que han invertido mucho capital riesgo en OGM y se niegan a etiquetar los alimentos o productos que los contienen, apelando al tratado de libre comercio, en tanto que la UE exige ese etiquetado desde 1998. Esta actividad es una muestra más de la importancia de las relaciones CTS.

Otro ejemplo clásico, muy presente en los medios de comunicación este último año, es el virus de la gripe, en el cual las epidemias que ocurren con regularidad anual son causadas por una deriva de la cepa, e infectan previamente a la población humana. También ha de tomarse en consideración que muchos virus muestran una alta capacidad de mutación y que pueden rápidamente generar nuevas variantes. Este cambio genético se traduce en una variante de una proteína, con lo que el antígeno así alterado no es reconocido por el sistema inmunitario de la población expuesta. Debe igualmente considerarse que la evolución de nuevas variantes puede dar como resultado la expresión de una nueva enfermedad.

## 7. EL ORIGEN DEL SER HUMANO

El hombre es el rey de la creación. Este grito elemento de orgullo se encuentra en la base de todas las culturas. Freud postulaba que el desarrollo de la ciencia ha infligido tres duras heridas a esta ingenua autosatisfacción narcisista. La primera por obra de Copérnico: La Tierra gira alrededor del Sol y no es, en definitiva, más que un pequeño cuerpo sideral perdido en la inmensidad de las galaxias. La segunda por mano de Darwin. El hombre desciende de los simios y a pesar de su inteligencia es un animal entre animales. La tercera, cuando el psicoanálisis demostró que la conciencia racional descansa sobre una inmensa base de impulsos, deseos y representaciones inconscientes.



En términos biológicos, los seres humanos somos una especie animal, fruto de los mismos procesos evolutivos que el resto de especies del planeta. La taxonomía, que es la manera de clasificar las especies, agrupa al ser humano dentro del orden de los primates. Estos presentan un conjunto de características comunes, como la visión **binocular** (los dos ojos se sitúan mirando hacia adelante, la **percepción de los colores** (en la gran mayoría de primates), los **pulgares oponibles** y la **tendencia del tronco a permanecer derecho**.

Durante el proceso de la evolución humana, llamado **hominización**, la selección natural actuó de manera que se seleccionaran caracteres que biológicamente los favorecían, como son:

Clasificación taxonómica del ser humano	
reino	Animal
división	Cordados
subdivisión	Vertebrados
clase	Mamíferos
orden	Primates
semiorden	Haplorinos
infraorden	Catarinos
superfamilia	Hominoides
familia	Homínidos
subfamilia	Homininis
tribu	Hominis
Género	Homo
especie	sapiens

- **Bipedismo:** la marcha sobre los dos pies permitió independizarse de la vida en los árboles, así como la liberación de las manos para poder manipular objetos. Además, la posición vertical también facilita una mejor ventilación del cuerpo, con más superficie expuesta al viento y menos luz solar directa, factor que le permite hacer desplazamientos más largos para buscar alimentos. Por otro lado, la columna vertebral se vuelve más sinuosa, y puede mantener en equilibrio un cráneo que alberga un cerebro más grande, las caderas se ensanchan para sostener el peso del resto del esqueleto; las rodillas se desplazan y se acercan y los dedos del pie se acortan.
- **Liberación de la mano:** La mano ahora puede servir para defenderse, trabajar y coger objetos. Se desplaza la posición del pulgar, que queda encarado al resto de los dedos, y la mano pasa a ser una pinza de precisión enorme, elemento que permite utilizar y desarrollar herramientas cada vez más sofisticadas. Al mismo tiempo, las mandíbulas y las piezas dentales cambian, ya que ahora los homínidos pueden utilizar las manos a la hora de alimentarse.
- **Lenguaje articulado:** El ser humano experimenta modificaciones en la cavidad bucal y las vías respiratorias. Así, la laringe se encuentra en una posición más baja que en los chimpancés, pero ni los chimpancés ni los gorilas pueden vocalizar. Además, en el cerebro aparecen zonas especializadas en el control de la función del habla. La capacidad de transmitir información y experiencias permitirá acumular conocimientos que podrán ser compartidos por el resto de individuos.

Algunas de estas características del proceso de hominización se encuentran también en los póngidos: chimpancés y orangutanes emplean de manera

espontánea herramientas sencillas (piedras, palos, ramas...), tienen un cerebro grande y, ocasionalmente, se desplazan derechos.

Pero su conjunto y elevado grado de desarrollo en que se manifiesta en la especie humana han contribuido a ensanchar la distancia evolutiva entre los simios superiores y los humanos, y posibilitarán que estos últimos desarrollen una inteligencia técnica y operativa que les permitirá progresar sobre su propia lógica. Los humanos empezarán cortando y puliendo piedras, y acabarán diseñando ordenadores y viajando fuera del planeta. Esta progresión no habría sido posible sin la conjunción de los cuatro factores que hemos descrito.

### A.30. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas

#### *El complejo arqueológico de Atapuerca.*

*La Sierra de Atapuerca es un pequeño conjunto montañoso situado en la provincia de Burgos, cuyo complejo arqueológico ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, como consecuencia de los excepcionales hallazgos arqueológicos y paleontológicos que alberga en su interior, entre los cuales destacan los testimonios fósiles del Homo antecesor y del Homo heidelbergensis.*

*Atapuerca es un complejo arqueológico donde se trabaja en dos yacimientos que son: la Gran Dolina y La Sima de los Huesos.*

*El yacimiento de la Gran Dolina es el yacimiento más conocido de Atapuerca, pues en él aparecen los restos del Homo antecesor, llamado así por ser el antecesor de dos especies humanas que poblaron el continente europeo: el Homo nearthendalensis y el Homo sapiens.*

*El yacimiento de la Sima de los Huesos es una pequeña cámara situada en la base de un pozo de 13 metros de profundidad que se halla en la parte más profunda de la Cueva Mayor. En él se ha encontrado una gran cantidad de huesos de animales y seres humanos. Los sedimentos de este lugar datan de hace 400.000 años, y están magníficamente conservados. Lo que hace importante a este yacimiento es la gran cantidad de restos humanos encontrados, más de 5.000 fósiles, que pertenecen a un grupo de 28 individuos de la especie Homo heidelbergensis.*

*El número de fósiles encontrados y el hecho que se presenten todos juntos en el fondo de una sima, hace pensar que se trate de un enterramiento, y ello implicaría un ritual de enterramiento y por tanto una cultura que se transmite que hace necesaria la existencia de habla. Así pues, una línea de investigación emprendida en Atapuerca es la de poder determinar el origen del habla humana y cuyos primeros resultados se publicaron en 2004.*

*Tener la necesidad de transmitir nuestras ideas a nuestros semejantes implica la necesidad de que éstas existan previamente y de que haya un cerebro lo suficientemente desarrollado para producirlas. Además, la capacidad de hablar y de transmitir ideas requiere unas características físicas determinadas, especialmente diseñadas para aprovechar estas extraordinarias facultadas intelectuales.*

*La fonación es posible porque los humanos disponen de una laringe baja, que produce un ensanche en la cavidad faríngea que permite emitir sonidos. En los simios, el órgano de fonación aparece en una posición más alta, motivo por el que pueden emitir sonidos, pero no pueden hablar.*

*El problema es que no existen pruebas físicas del aparato fonador, pues no fosiliza y, por tanto, no hay restos que se puedan estudiar, de forma que todos los estudios que se han hecho sobre el lenguaje de los primeros humanos se deben a pruebas circunstanciales del empleo de la tecnología, la aparición del arte o de los primeros enterramientos, signos todos de la existencia de un tipo de mente humana.*

*Pero a nadie se le había ocurrido mirar desde el otro lado del espejo y abordar el problema desde el oído. Gracias a la calidad y abundancia de su registro fósil, los paleontólogos de Atapuerca sí que lo han hecho y el resultado del descubrimiento es que hace 400.000 años los habitantes de la sierra de Atapuerca (*Homo heidelbergensis*) tenían un oído que ya funcionaba de la misma forma que el nuestro.*

*En cualquier caso, el poder responder a la pregunta de si la aparición de la mente simbólica (y con ella el habla) surgió de repente en una determinada explosión evolutiva, o, por el contrario, se trata de un proceso gradual que se ha desarrollado con lentitud a lo largo del tiempo, no tiene aún respuesta desde el campo de la ciencia.*

- a) *¿Por qué hay dificultades a la hora de encontrar datos científicos concretos que indiquen la aparición del habla en homínidos fósiles?*
- b) *¿En qué se basan los científicos para poder dar como posible que la especie *Homo heidelbergensis* utilizara ya el habla?*
- c) *A efectos de tener pruebas más directas, por qué se puede abordar este asunto desde el estudio del oído.*
- d) *¿Qué opinas, crees que la aparición del habla surgió de repente o bien fue un proceso gradual?*

- **Desarrollo del cerebro:** La evolución de los primeros primates hacia el ser humano refleja un incremento constante de volumen craneal: así pasamos de los 550 cm<sup>3</sup> de los australopitecos de hace 4 millones de años a los 1.500-2.000 cm<sup>3</sup> del Homo sapiens actual. Además, este incremento se acompaña de un aumento de la complejidad y del número de células cerebrales. La cara se allana, de manera que los ojos quedan en el mismo plano, hecho que mejora la visión estereoscópica. También va ligado al ensanchamiento de las caderas, que deben permitir el nacimiento de niños con un cerebro más grande. El incremento de la capacidad técnica de los homínidos así como la capacidad simbólica que hace posible el lenguaje articulado no habrían sido posibles sin este desarrollo.

### A.31. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas

*La conducta nuestra, nuestra cultura y nuestra vida social, todo lo que hacemos, pensamos y sentimos, depende de nuestro cerebro. El cerebro es la sede de nuestras ideas y emociones, de nuestros temores y esperanzas, del gozo y el sufrimiento, del lenguaje y la personalidad. Si en algún órgano se manifiesta la naturaleza humana en todo su esplendor, es sin duda en nuestro voluminoso cerebro. Qué lástima que no lo conozcamos mejor. De todas maneras, el hecho de que no le entendamos muy bien no nos ha cohibido a la hora de especular sobre la mente y la conducta, el alma y el intelecto.*

*Nuestra corteza cerebral o córtex, que recubre los hemisferios, es una capa superficial de unos 2 mm de grueso y de 1,5 m<sup>2</sup> de área, completamente arrugada para poder caber dentro del cráneo. La corteza cerebral ha ido asumiendo funciones generales de coordinación sensorial y de toda la conducta del animal. La principal función del sistema nervioso y del cerebro consiste en recoger información del entorno y del medio interno del animal, procesarla de tal manera que resulten respuestas motoras adecuadas y, en general, conductas apropiadas para la supervivencia y reproducción del individuo. A lo largo del tiempo, la evolución fue dotando a los craneados de estructuras asociativas, que residen, sobre todo en la corteza cerebral. Esta tendencia se observa también en la evolución de los mamíferos. El peso de la corteza en proporción al peso del organismo es sesenta veces más grande en el chimpancé que en los mamíferos más primitivos, y en los humanos, tres veces más grande que en el chimpancé. Nuestro cerebro pesa alrededor de 1,5 kg. Nuestra corteza cerebral alberga también los centros del lenguaje.*

*Hemos aprendido bastante sobre la localización de algunas funciones en ciertas áreas de la corteza cerebral. Durante el primer siglo de la neurología, el conocimiento de la topografía funcional del cerebro se basaba en la disección de cadáveres de personas con algún defecto funcional. En el siglo XIX se localizaron las áreas de Broca y de Wernicke, relacionadas con la actividad lingüística. Paul Broca (1824-1880) se percató de que el área del lóbulo frontal izquierdo*

que hoy lleva su nombre es esencial para al habla articulada. Lo descubrió diseccionando los cerebros de difuntos que habían sufrido problemas de afasia (afasia: problemas en el uso o significado de palabras) y observando que esta zona de su cerebro estaba dañada. Otros estudios en humanos han conducido a la localización del córtex visual en el lóbulo occipital, el córtex auditivo en el lóbulo temporal, del córtex del motor primario en el lóbulo frontal y el mapa de distribución concreto de estas zonas.

En las últimas décadas, la neurología se ha liberado de la necesidad de que se muera el paciente para poder mirar dentro de su cerebro. Ya el electroencefalograma permitía detectar el voltaje que produce la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos situados encima del cráneo. Pero el voltaje es más débil y la información proporcionada muy imprecisa. Más recientemente, diversas técnicas de representación gráfica del cerebro han sido puestas a punto, como el magnetoencefalograma (MEG), la tomografía axial computerizada (CAT), las imágenes por resonancia magnética (MRI, magnetic resonance imaging), la tomografía por emisión de positrones (PET, positron emission tomography) y las imágenes del flujo de sangre con xenón radiactivo por las regiones cerebrales (RCBF). Algunos de estos procedimientos permiten averiguar en qué zonas del cerebro afluye la sangre mientras realizamos ciertas operaciones mentales, proporcionando pistas sobre su localización.

De toda manera, con ser importante la topografía, ésta no proporciona conocimiento sobre los mecanismos subyacentes ni permite averiguar ni comprender qué ocurre en el cerebro, sino sólo dónde ocurre. Saber que lo que mueve un coche está situado en la parte delantera de él no nos suministra toda la información fundamental sobre el mecanismo del motor de combustión interna.

*El texto se corresponde a extractos del libro: "La Naturaleza Humana" de Jesús Mosterín . Ed. Espasa Calpe. 2006*

- a) ¿Qué diferencia existe entre los métodos de investigación en neurología más antiguos y los más modernos?
- b) ¿Qué se podría topografiar en un cerebro vivo que no se podría hacer en uno muerto?

## 8. EL CEREBRO EMOCIONAL

¿Qué son las emociones? En 1884, el psicólogo Williams James se planteó esta pregunta en un celebrado ensayo en el que introdujo la definición: "las emociones son el resultado de la percepción del cambios en nuestro cuerpo".

**A.32. Identifica y enumera las emociones por las que pasa el protagonista del siguiente relato**

*Son las siete de la tarde y caminas por una calle escribiendo de manera distraída un SMS a un amigo. De repente, te percatas de que estás saltando hacia atrás en medio del calle mientras escuchas un fuerte ruido de un claxon y el chirriar de un frenazo. Ves el móvil volar por los aires y sientes un miedo intenso. Te has quedado sentado en el borde de la acera y sientes alegría al intuir rápidamente que no te has hecho mucho daño y que el coche que venía por la calle se ha quedado sólo a unos centímetros de atropellarte. ¡Qué suerte que has tenido! Pero la alegría te dura un instante, ya que acto seguido te percatas de que has caído sobre la caca de un perro, y te levantas asqueado. Pero el asco también te dura poco porque no puedes evitar un ataque de ira contra ti mismo por haber estado tan descuidado mientras caminabas por la calle, con el peligro que eso lleva. Acto seguido, te pasa la ira al ver, con sorpresa, que el móvil ha quedado aplastado por las ruedas del coche, lo cual te despierta un sentimiento de tristeza porque lo habías acabado de estrenar, después de haber ahorrado durante mucho de tiempo para comprarlo.*

Un aspecto fundamental en el estudio de las emociones ha sido la polémica de la inclusión, o no, de los estados relacionados. Nos referimos a lo que de manera común se denomina sentimientos, que incluye estados como el amor, la culpa o la vergüenza. La mayor parte no incluye los sentimientos en la lista de las emociones porque consideran que no cumplen con las características de emoción como:

Son mecanismos dedicados a dar respuestas urgentes en el organismo (evitar un peligro, comunicar nuestra alegría, apartarnos de una comida en mal estado). De hecho, el término **emoción** viene del latín *movere*, que significa mover.

Son mecanismos transitorios que aportan un valor/interpretación a la situación experimentada, de tal manera que condiciona la actitud del individuo en el futuro (si nos ha sentado mal un alimento, lo evitaremos en el futuro).

### 8.1. Por qué y para qué tenemos emociones

Como siempre, y de acuerdo con el paradigma vigente, habrá que buscar en nuestro pasado evolutivo para encontrar la razón que explica por qué sentimos tristeza, alegría o asco. Gracias a Darwin, que propuso la Teoría de la Evolución, sabemos que las emociones, como casi todo lo que produce el cerebro, aparecieron y se heredaron de especie a especie y permitieron la supervivencia y la reproducción de aquellos individuos que las experimentaron.



*¿Qué funciones cumplieron las emociones?* La de sobrevivir en un mundo lleno de peligros requiere que el individuo tenga mecanismos de respuesta rápida que permitan cambiar su conducta de la manera más eficiente posible.

*¿Por qué tuvieron valor adaptativo?* El miedo tendría la función biológica de proteger de un peligro, la ira la de eliminar un competidor, la alegría la de repetir lo que se está viviendo, el asco la de evitar un daño, la sorpresa la de dirigir la atención y la tristeza la de hacernos valorar una pérdida.

*¿Cómo adquirimos cada uno de nosotros las emociones?* Durante muchos años ha sido motivo de discusión si las emociones son innatas, es decir, si nacemos con ellas, o son adquiridas durante nuestra infancia. Por lo que sabemos hasta ahora, nuestro cerebro parece desarrollarse con la predisposición a experimentar las emociones básicas: el miedo, la ira, la sorpresa, el asco, la tristeza y la alegría. Estas emociones se han identificado en casi todos los animales, se han descrito en todas las culturas humanas, aparecen muy pronto en el desarrollo de las criaturas y están asociadas cada una de ellas a unas respuestas fisiológicas particulares. Es más, parece que estas emociones se disparan automáticamente frente a determinados estímulos, como un sonido intenso, sin que el bebé o el niño aprenda esta respuesta. Sin embargo, la gran mayoría de situaciones en las que sentiremos una u otra emoción dependerá mucho de lo que la criatura observe a sus alrededores y de las consecuencias de muchas de sus vivencias personales: ¡No nacemos con la predisposición innata de alegrarnos cuando aprobamos un examen!

## 8.2. Circuitos cerebrales dedicados a las emociones

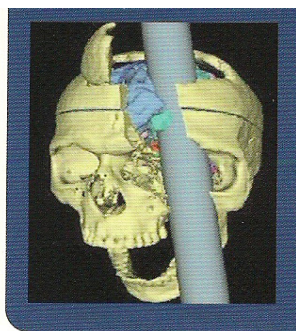
Como hemos comentado antes, las nuevas técnicas utilizadas en neurología identifican áreas que están activas en un momento concreto. Como no utilizan radiaciones, ni se ha de inyectar ninguna sustancia, supone un avance inocuo y preciso para estudiar el cerebro en vivo. Estos avances han permitido localizar las zonas que se ponen en funcionamiento cuando sentimos estas emociones.

EMOCIÓN	ZONA DEL CEREBRO	ESTRUCTURA
Miedo	Amígdala	Estructura en forma redonda situada en la parte interna del lóbulo temporal
Asco	Ínsula o corteza insular	En el fondo de la cisura de Silvio en el córtex
Ira	Corteza orbitofrontal (COF)	Situada en la zona del córtex, justo encima de los ojos
Satisfacción	Ganglios basales	Núcleos de sustancia gris situados en la profundidad del cerebro
Tristeza	Corteza cingulada	Parte inferior de los hemisferios

A.33. Lee el siguiente texto y haz una valoración sobre el interés que tienen para la ciencia casos como el que se cuenta.

### *La sorprendente historia de Phineas Gage.*

*Phineas P. Gage nació en 1832. Trabajaba como dinamitero en la construcción de líneas de ferrocarril, y era un hombre querido y respetado por sus familiares y amigos. Sus jefes estaban muy orgullosos de él, pues era un trabajador implicado y responsable. El 13 de septiembre de 1848, mientras utilizaba una barra de acero para poder introducir la dinamita en un agujero, la carga le explotó y la vara salió disparada entrando por la mejilla y saliéndole por la parte superior del cráneo. Asombrosamente, Phineas no murió, ni tan solo llegó a perder la conciencia aunque la mayor parte del lóbulo frontal izquierdo estaba completamente destrozado. A los pocos meses del accidente, volvió al trabajo pero a los pocos días fue despedido. Sus jefes decían que se había vuelto irreverente y grosero. No mostraba ningún tipo de respeto por los demás. Ahora era una persona desinhibida, caprichosa, impaciente e infantil, y con una nula capacidad de planificación o previsión del futuro. Sus familiares y amigos también notaron un espectacular cambio, llegando a afirmar que esta persona no era Phineas. Después de la lesión en el frontal, Phineas no volvió a ser el mismo. La persona en la que se había convertido murió el 21 de mayo de 1860. Siete años después su cuerpo fue exhumado y actualmente su cráneo y la vara que lo atravesó se encuentran en el Warren Museum of Medical School of Harvard University.*



*Diagrama de la lesión cerebral de Phineas Gage.*

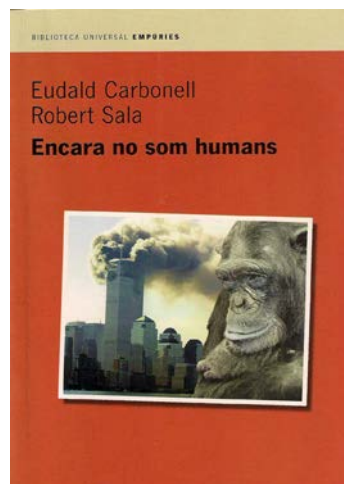
### 8.3. Emoción y cognición

Aunque hemos intentado relacionar cada una de las emociones básicas con una estructura cerebral concreta, algunas de estas regiones se encargan del procesamiento emocional y otras están especializadas en el procesamiento cognitivo, como por ejemplo determinadas áreas de la corteza frontal. Los aspectos cognitivos permiten modular la intensidad y expresión de las emociones. Nuestros conocimientos sobre el mundo nos aportan información sobre si es indicado o no reírse, o llorar, etc., en determinadas situaciones.

El intercambio de información entre aspectos emocionales y cognitivos también puede producirse en el sentido inverso. Es decir, las emociones también modulan nuestras facultades cognitivas. Por ejemplo, aquel día de nervios ante un examen en el que uno se quedó en blanco, a pesar de haber estudiado y saber perfectamente el temario. En este caso, las emociones influyeron negativamente y bloquearon las regiones encargadas de la cognición.

Gracias a esta interconexión de los procesos cognitivos y emocionales, podemos aplicar terapias psicológicas, como la terapia **cognitivo-conductual**, que pueden ser beneficiosas para corregir atribuciones erróneas, como por ejemplo el trastorno depresivo. Algunas depresiones son producidas por un mal funcionamiento de la corteza cingulada y estas terapias ayudan a las personas a hacer un correcto análisis sobre el porqué de su tristeza y les ofrecen estrategias para superarla.

## Cuándo decidimos ser humanos



*El año 1945 se producía un acontecimiento de gran trascendencia en la evolución técnica de la humanidad. En Los Álamos (Nuevo México) el proyecto Manhattan había conseguido resultados y, bajo la dirección del físico Robert Oppenheimer, de la Universidad de Berkeley, se construía la primera bomba atómica. Una primera prueba exitosa se hizo el 17 de julio en un punto remoto del desierto del Alamogordo, renombrado Trini Site. Unos cuantos días después se lanzaban dos bombas sobre las ciudades niponas de Hiroshima y Nagasaki, que sembraron la destrucción y la muerte. Japón claudicaba, el poder destructivo del nuevo ingenio había convencido a los japoneses de la superioridad del enemigo, la razón de la fuerza era evidente. El emperador Hiro Hito hablaba por radio dirigiéndose a sus conciudadanos y les comunicaba la rendición incondicional del país. Se había realizado un gesto humano en la generación de una nueva herramienta técnica que abría muchas perspectivas de aplicación en numerosos campos, entre los que estaba el médico. En cambio, el comportamiento cruel y destructivo de los políticos y los militares que tomaron la decisión de lanzar la bomba sobre la población civil fue un gesto propio de primates poco evolucionados.*

*Este episodio representa uno de los hitos más importantes en la historia de la humanidad; por primera vez los homínidos disponíamos de una tecnología que nos permitía destruir nuestra especie y posiblemente gran parte de la comunidad viva del planeta.*

*Durante los años sesenta la guerra fría marcó la historia de la humanidad a escala planetaria. Después de aquella Segunda Guerra Mundial, que afectó a todo el mundo y que acabó con la hecatombe japonesa, las dos potencias, la URSS y los EEUU, decidieron repartirse las áreas de influencia. En octubre de 1962, el gobierno de EEUU denunciaba la instalación de misiles con cabezas nucleares tierra-tierra en Cuba. Obviamente los misiles apuntaban hacia la potencia imperialista. El funcionamiento de primates poco evolucionados era puesto en la práctica por enésima vez: el control del territorio era la base de la imposición de unas leyes que los humanos heredamos de épocas previas a nuestra aparición evolutiva.*

*La instalación en Cuba de las cabezas nucleares que apuntaban a EEUU, después de que los americanos hubiesen hecho lo mismo con la URSS en la Alemania Federal, estuvo a punto de desencadenar un conflicto de alcance totalmente desconocido hasta entonces, ya que nunca ningún organismo vivo del planeta había acumulado un poder destructivo semejante. Su mal uso habría podido comportar consecuencias dramáticas.*

*Por primera vez en la historia, dos personas, apretando un botón, podían acabar con millones de años de evolución biológica y cultural. En efecto, Jruschov, presidente del Soviet Supremo, y J.F. Kennedy, presidente de los Estados Unidos de América, disponían de capacidad operativa para lanzar ataques devastadores en todos los continentes; trillones de toneladas de fuerza destructiva estaban preparadas para ser utilizadas en cualquier momento. La protección de los territorios tal como la practican los primates estaba preparada, y la respuesta etológica de este cariz habría podido ser definitiva.*

*Finalmente, pese a las tensiones, no se fue más allá, y, en parte del recuerdo histórico, nos queda una sátira desgarradora y excelente en la película de Kubrick: “Teléfono rojo, volamos hacia Moscú”. Parece que los que debían apretar el botón fueran conscientes de que, si lo hacían, la destrucción del planeta era cosa de días. No queremos creer que esta fuera la única causa por la que no se lanzaron las bombas. Pensamos que aquella fue la primera vez que para los homínidos estuvo totalmente a nuestras manos, prescindiendo de cualquier dios o forma sobrenatural protectora. La conciencia de que los humanos, por primera vez en la evolución, podíamos interrumpir nuestro propio proyecto, de muy seguro que marcó la decisión de no ir más allá. Ahora, cuando han pasado cuarenta años, ya somos capaces de entender qué sucedió. Es muy cierto que si hubiésemos utilizado la técnica con el objetivo de controlar el poder, habríamos actuado de la misma manera que actúan los primates, y todos los animales. En estos momentos ya no existiríamos. Utilizar la técnica como animales es lo que hemos hecho en el decurso de toda la historia, cuando los instrumentos han sido la base de la aniquilación de poblaciones enteras, primero homínidas y después humanas. Eso nos permite plantear un hecho fundamental que mucha gente no tiene bastante claro. La mayoría de humanos piensa que la guerra es un fenómeno puramente humano, y olvida que esta forma dantesca de actuar tiene las raíces en un comportamiento básicamente animal. El estudio de la etología nos permite saber que los primates no son seres ajenos a las guerras y que en algunas ocasiones, cuando hay una confrontación, pueden llegar hasta el exterminio de la banda contraria. Así lo documenta Jane Goodall en su libro “Through a window”, donde relata una guerra hasta el exterminio entre dos poblaciones de chimpancés originalmente emparentadas. Por tanto, una vez aclarado que las guerras no son una estrategia únicamente humana, podemos volver al análisis de la crisis de los misiles.*

*Se ha hecho célebre la reflexión de Einstein en el sentido de que, si alguna vez se hacía una guerra utilizando los sofisticados medios que permite la fisión nuclear, el siguiente enfrentamiento se habría de hacer a pedradas. Con eso, el científico nos quería explicar que si no se controlaba el potencial atómico, la destrucción del planeta sería irreversible, todos los avances que se habían producido hasta entonces quedarían reducidos a ceniza y tardaríamos mucho de tiempo en recuperarnos de la devastación.*

Posiblemente durante aquellos días de 1962, los dos jefes de estado de las grandes potencias debieron pasar por numerosos océanos de incertidumbre. La conexión a través del teléfono rojo había evitado el descenso al infierno. Fue, pues, en el siglo XX, después de dos millones y medio de años de evolución, cuando los humanos pudimos decidir si queríamos continuar adquiriendo propiedades que nos humanizasen o definitivamente queríamos acabar con nuestra singularidad.

Probablemente, la decisión del año 1962 es la prueba y el principio de esperanza que demuestra que nos estamos humanizando, ya que si sólo fuésemos animales primates por humanizar, si estuviéramos aún inmersos en un proceso primitivo de adquisición de conciencia, es muy seguro que habríamos utilizado todo nuestro potencial contra nosotros mismos.

Cuando los dos gobernantes decidieron no apretar el botón nuclear, expresaron un hecho evolutivo trascendental: la humanización estaba ganando la carrera a la hominización. Por primera vez, como hemos dicho, la dependencia de una tutela sobrenatural se guardaba en los desvanes de la historia y, en la Tierra, un grupo de primates en fase de humanización ponía la primera piedra de la nueva racionalidad social.

Ahora, desde la perspectiva que nos da la historia y a las puertas del trabajo sobre el genoma humano, estamos a punto de atravesar la línea de las construcciones éticas elaboradas cuando aún nuestro comportamiento no podía modificar lo que es esencial. Ahora nos miramos en el espejo de la evolución y de nuestras capacidades; no hay vuelta atrás: nos humanizamos y, por tanto, el conocimiento de nuestros genes debe ser utilizado para nuestro beneficio; si no, será el final.

El uso humano de la ciencia y de la técnica, sin embargo, no pasa por la decisión de dos gobernantes. En el caso del genoma, el mismo gesto de Kennedy y Jruschov se pudo advertir en la conferencia de prensa de Clinton y Blair en la que se presentaron los avances en la búsqueda científica y se aseguró el uso social del conocimiento. No hay suficiente con eso. No podemos cambiar la tutela divina por los gobernantes. Debemos ir más allá y comenzar una tarea de verdadera socialización desde todos los puntos de la investigación y de las decisiones a tomar relacionadas con ésta.

En este campo aún nos encontramos en el punto de la prehumanización. No sólo por la falta de verdadera socialización, sino por el cierre absoluto de algunos gobiernos y sociedades a debatir y aceptar la búsqueda de aplicaciones de la ingeniería genética. Con las prohibiciones europeas de utilizar material humano en su búsqueda se favorece que esta investigación se haga fuera, en paraísos científicos en que la legislación lo permite. De esta manera el único que se consigue es que las empresas y los capitales se instalen lejos de nosotros. Y en el futuro les compraremos los productos; eso sí, una vez se haya demostrado con hechos que la nueva tecnología no es necesariamente contraproducente y peligrosa. Entonces pagaremos, monetariamente, la incapacidad de socialización, presentación y discusión y convencimiento ciudadanos con respecto a la investigación. La de Europa es una política conservadora y pusilánime que nos somete al dictado de otros.

Hay países, como los Estados Unidos de América, donde se llega a un nivel tan alto de hipocresía que se prohíbe hacer esta búsqueda con fondos públicos, pero en cambio, se permite hacerla siempre que sea con financiación privada. De hecho, detrás de esta política hay una voluntad de no herir los intereses empresariales. Y, quién sabe, si en las decisiones tomadas en Europa, también se esconden estos intereses. Todo señala a que la humanización es débil, que aún se encuentra en el abecé y que no va más allá de algunos gestos que no conducen hacia una socialización real. A pesar de eso, nosotros estamos convencidos que, a la larga, haremos un uso humano de nuestras capacidades y que en el futuro se desarrollará la socialización necesaria de todas estas técnicas vitales.

Nota: Este texto es el primer capítulo del Libro “Encara no som humans” de los autores Eudald Carbonell y Robert Sala, editado por Enmpúries (2002). Eudald Carbonell (Ribes de Freser, 1953) y Robert Sala (Salt, 1963) son, respectivamente, catedrático y profesor de prehistoria de la Universitat Rovira i Virgili y han trabajado juntos desde el año 1982. Han centrado su búsqueda en los primeros estadios de la ocupación humana en Europa, sobre todo en el complejo de yacimientos de Atapuerca.

A.34. Lee el texto y contesta estas cuestiones:

- a) Los autores del texto, a través de un ejemplo como el de la bomba atómica, explican el peligro que puede tener la utilización de los avances tecnológicos. Explica tu grado de acuerdo con esta opinión.
- b) ¿Por qué establecen relaciones entre nuestro comportamiento y el de los primates? ¿A qué conclusiones llegan?
- c) Los autores diferencian entre hominización y humanización, explica cuáles es, según ellos, la/s diferencia/s entre estos conceptos.
- d) Según los autores, ¿qué nos conducirá hacia la humanización?
- e) Manifiesta tu opinión sobre la tesis mantenida en el texto.



Ginés Morata. Especialista en genética del desarrollo, en el laboratorio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en Madrid.

GINÉS MORATA (1945) es un hombre ligeramente ocupado y, contradiciendo a Watson, sigue lleno de buenas ideas. Es profesor de investigación del Centro de Biología Molecular -que dirigió en el pasado- y uno de los grandes especialistas en la genética del desarrollo, en la que lleva trabajando más de treinta años. Publica poco y muy selecto, y tiene (y tendrá) grandes premios. Ahora estudia la base genética del control del tamaño de los órganos y la proliferación celular, así como el papel de la mortalidad celular programada en el desarrollo de los organismos. La simple descripción ya es esperanzadora. Sus observaciones y experimentos suele realizarlos sobre moscas. Nada especial: atajos hacia el ser humano. Fuera del laboratorio prefiere las montañas. Es lo que más se parece a la Ciencia. Una vez, en una entrevista a Diario Médico, dijo algo muy interesante respecto a ellas: "Cuando uno está escalando una pared y le duelen los dedos piensa por qué está pasando por eso". Eso, por qué.

**Pregunta.** *¿Cree que el diseño del hombre le permitirá comprender las leyes del universo?*

Pregunta. ¿Cree que el diseño del hombre le permitirá comprender las leyes del universo?

**Respuesta.** El hombre es la única especie de todas las que existen, de los cincuenta millones de especies que existen...

**P. ¿Tantas?**

**R.** Sí, los especialistas en biodiversidad hablan de hasta cincuenta millones... Pues bien, entre todas ellas el hombre es la única que se interroga sobre sí misma, sobre el lugar donde vive, sobre su origen y su futuro. En el desarrollo de la especie humana hay una clave: hace cincuenta mil o cien mil años el hombre logró tiempo para pensar. No es lo común entre las especies. Las especies dedican todo su tiempo a sobrevivir y propagarse. Watson, el co-descubridor de la estructura del ADN, decía que para hacer observaciones significativas uno tenía que estar algo subempleada. Es decir, que el pensamiento creativo requiere liberarse de las ataduras de las necesidades inmediatas. Esto fue, seguramente, lo que le sucedió a nuestra especie, o al menos a algunos individuos singulares. El tiempo libre representó el comienzo de la cultura.

**P. El tener tiempo libre y cerebro para poder tomárselo.**



**R.** Claro, claro. La capacidad humana para controlar el medio vino determinada por tener un cerebro especial que, si bien se originó como el de todos los animales, acabó desarrollando unas propiedades especiales. El hombre en su origen es igual que el resto de las especies. Pero ha desarrollado una capacidad intelectual singular.

**P.** *No sabemos por qué.*

**R.** Pues no, realmente no lo sabemos. En el aspecto intelectual somos cualitativamente muy diferentes de otras especies, a pesar de que en algunas especies se pueden reconocer características de la especie humana como la solidaridad, o la capacidad de aprendizaje, perceptibles en determinados monos. Cómo han surgido estas propiedades de nuestro cerebro, pues francamente no se sabe. El cerebro es el gran enigma de la biología. Ahora empezamos a saber cómo se conectan unas neuronas con otras o muchos otros aspectos de la anatomía y de los diversos compartimentos funcionales del cerebro. Pero cuál es el diseño molecular de las altas funciones del cerebro humano: la creatividad, la compasión, la solidaridad, la capacidad de percibir una obra de arte, cómo se implementan químicamente estas funciones en las células... Queda mucho por saber. El problema fundamental de los estudios del cerebro es que aún no se han desarrollado los conceptos adecuados para hacer las preguntas significativas. Esta es mi opinión. Yo he sido muy aficionado a la ciencia-ficción. Recuerdo un libro en que dos exploradores del confín celeste se encontraban con las huellas de una civilización desaparecida que había logrado descifrar todas las claves del Universo y había almacenado toda la información en un enorme ordenador. Ante las preguntas de los exploradores sobre el origen y evolución del Universo, sistemáticamente el ordenador contestaba que, en los términos planteados, la pregunta no era adecuada.

**P.** *Es un problema filosófico algo antiguo, desde luego.*

**R.** Claro, claro. Cuando uno da con la pregunta adecuada ya tiene parte de la respuesta. Ahora bien, volviendo a la pregunta que usted me hacía, si el hombre está preparado para comprender el Universo...

**P.** *Sí, en el mismo sentido en que el gusano no está preparado para tener conciencia de sí.*

**R.** Como es natural, yo no lo sé. Algunas de las leyes del Universo se conocen. Yo no sé si algún día el hombre podrá determinar que el Universo es finito o infinito, si hubo un comienzo, si habrá un final. No sabría dar una respuesta bien fundamentada a eso. Ahora yo le puedo decir que la biología es diferente. La biología es una ciencia local del planeta Tierra. Aquí hace unos 2.000 millones de años apareció un sistema de moléculas autorreplicantes que es lo que ha dado origen a todos nosotros. Seguramente si este tipo de fenómeno apareciera en otro sitio del Universo sus propiedades moleculares serían muy diferentes de las de la vida terrestre; no estaría basado en la química del carbono, ni en el ADN, etcétera. Serían unos seres vivos radicalmente diferentes.

**P.** *Quiere usted decir que podemos pensar en entes que respirasen... metano.*

**R.** ¡O que no respirasen! A lo mejor ni siquiera sería posible comunicarse con ellos. Una vez que uno sale del sistema molecular de nuestro planeta, de lo que nosotros entendemos por vida, todo es posible. En fin, mirado desde este punto de vista, la biología es una ciencia más discreta. Y yo creo que en un par o tres de siglos comprenderemos

todos los mecanismos biológicos. O así, al menos, me gusta pensarlo. Yo dudo, sin embargo, que esto suceda con la física.

*P. Dice usted que en poco tiempo comprendemos la totalidad biológica del hombre. Naturalmente, las implicaciones aturden.*

R. Desde luego. Lo fundamental es que para el hombre la evolución ha dejado de existir. La evolución nos ha creado, pero ya ha dejado de existir. Nosotros dominamos el medio ambiente. Nos afecta cada vez menos. Y no sólo eso: con las nuevas tecnologías genéticas el hombre podrá modificarse a sí mismo. Lo que el hombre vaya a ser en el futuro va a depender de la tecnología que se aplique sobre sí mismo.

*P. Le escucho y dudo que sea posible que usted haya podido decir esta frase.*

R. ¿Por qué?

*P. Simplemente que un hombre haya podido pronunciar esta frase.*

R. Ya le entiendo, en efecto. Puede parecer inconcebible. Pero es cierto. El futuro biológico de la especie humana será un asunto social. El hombre podrá decidir ser más alto, más bajo, más inteligente, más... Entiendo las implicaciones éticas de este asunto y no digo que sea conveniente o deseable, pero será posible.

*P. ¿Y morir?*

R. Eh... Quizá. Hace poco se ha descubierto que el envejecimiento está genéticamente controlado. Y quizá la muerte esté genéticamente controlada. Y algo que está genéticamente controlado es o será manipulable. He hablado de este asunto alguna vez en público. El programa genético de envejecimiento es muy variable según las especies. Hay tortugas que viven cientos de años y árboles que viven miles de años. Pero si partimos de la base de que los genes del envejecimiento pueden manipularse, pues en teoría, por qué no: podemos aspirar a la inmortalidad. Se trataría de manipular en nuestro beneficio los genes que controlan el envejecimiento. De hecho hay cierta parte de nosotros que ya es inmortal y se perpetúa en nuestros hijos. Y hay células cancerosas, transformadas, que parecen ser inmortales. Todas estas posibilidades están lejanas y tienen un fondo de especulación. Pero no es una especulación...

*P. ¿Infundada?*

R. No, no lo es.

*P. Eso supone una violación del paradigma fundamental de la Humanidad.*

R. Sí, lo sé. Todo cambiaría si algún día percibimos que podemos vencer a la muerte. ¿Qué son las religiones sino un subterfugio inventado por los hombres para no morir? Este tipo de cosas no se discuten sólo en reuniones de amigos o reuniones de científicos dedicados a la especulación. Este tipo de cosas se discuten ya en revistas científicas. Hay muchas publicaciones científicas recientes. Ya se puede hacer que los gusanos vivan entre seis u ocho veces más. Y eso modificando unos genes que también tenemos nosotros.

*P. El problema fundamental no es el alargamiento de la vida, sin embargo. El problema fundamental es pensar en un mundo donde la vida se ha separado de la muerte.*

**R.** Obligatoriamente aún nos movemos en un terreno especulativo. Lo que yo quiero enfatizar es que hay organismos, como las bacterias o los pólipos marinos, que no poseen un programa de envejecimiento. Dan lugar a otros, mediante un proceso de división o gemación, y se les puede matar, pero ellos no tienen un programa genético que les conduce a la muerte. Así pues, la muerte no es biológicamente inevitable. En especies como la humana podremos manipular los genes del envejecimiento; uno podría llegar a su máximo nivel físico, intelectual y detener su envejecimiento. Es concebible, sí. Ya es concebible

**P.** *Y acumular memoria*

**R.** Sí, porque, mire... Se da la circunstancia de que las células que acumulan la memoria no se dividen. Son eternas en la medida en que uno viva. Quiero decir que no se reemplazan. Es muy difícil sustituir una célula que debe enlazarse con tantas otras.

**P.** *Usted trabaja básicamente con moscas.*

**R.** Sí, así es. Nosotros podemos hacer cualquier cosa con las moscas. Podemos hacer moscas de cualquier tipo.

**P.** *De cualquier tipo quiere decir hasta homosexuales...*

**R.** Eh... Podemos hacer...

**P.** *Lo leí hace poco.*

**R.** Sí, a veces a los medios de comunicación les gusta hablar exageradamente de estas cosas. Digamos que se pueden hacer moscas especialmente promiscuas. Y también que no tengan deseo sexual alguno.

**P.** *La base biológica del deseo... en moscas.*

**R.** Esto del deseo sexual en términos biológicos es algo muy simple y absolutamente esencial. Tenga en cuenta que si no hubiera deseo sexual no habría reproducción y la mayoría de las especies desaparecerían. Es verdad que, en general, los machos son más discriminados que las hembras.

**P.** *Ya.*

**R.** Ya, ya.

**P.** *Ya.*

**R.** ... y persiguen a las hembras como locos. Lo que sucede es que las moscas hembras son más grandes que los machos, de modo que si un macho las molesta demasiado les dan una patada y fuera. Y sí, hay hembras más capaces de aceptar machos que otras, lo cual se puede controlar. Del mismo modo que podemos controlar si a una mosca le ponemos dos o cuatro alas, o un ojo en una pata, etcétera. Lo que aún no podemos es crear moscas más inteligentes que otras, aunque sí hay moscas mutantes especialmente torpes, tal vez porque la inteligencia no es un valor tan objetivable como una pata. Además, nosotros somos capaces de alterar fácilmente aquellos genes responsables de fenómenos biológicos que conocemos. Yo sé cuál es el gen responsable del ojo y puedo ponerlo en una pata. Respecto a la promiscuidad, pues algo parecido: se trata de si podemos identificar o no la presencia de tal o cual péptido sexual. Y eso mismo, en primera instancia, es probable que sea lo que pase en la especie humana.

**P.** *Su especulación sobre la inmortalidad futura del hombre es realmente desmoralizadora para los mortales de este lado del paraíso. Usted y yo, por ejemplo. Nunca la injusticia cósmica tuvo una cara tan implacable.*

**R.** Sin duda. Pero el mundo del hombre está basado en esa injusticia. Mire atrás.

**P.** *De acuerdo, pero la Humanidad ha compartido la muerte.*

**R.** Es cierto. El cambio de paradigma del que hablábamos. Yo creo que no podemos imaginar la transformación que sufrirá el hombre. Tenga en cuenta que la vida media de una especie es de seis o siete millones de años. Y nosotros como especie hemos vivido 100.000 o 200.000. No se puede imaginar lo que será la especie humana, ni dentro de 200 años. Si no destruimos el planeta antes, las nuevas tecnologías biológicas nos darán unas capacidades que no se pueden realmente concebir. Y yo creo que para bien. O sea que el futuro va a ser profundamente injusto con nosotros y con todos los que nos han precedido. Este problema que usted plantea sólo tiene una solución, pero es religiosa.

**P.** *La conciencia de sí mismo le ha salido cara al hombre.*

**R.** Es que... mire, yo creo, y es algo muy personal, que somos una cosa única en el Universo. Seguramente aquí apareció este extraño fenómeno, la vida... en este planeta. Y seguramente no existirá nunca más. La vida es una única cosa en este Universo. El Universo es una cosa fría, inescrutable. Nada sabemos de su origen. Y en este ambiente surgió una especie que empezó a reflexionar sobre sí misma, sobre su entorno... Y estamos completamente sobrepasados, claro.

**P.** *Sobre todo, ahora. Desde la ciencia, sobrepasados.*

**R.** Claro, claro. Mientras la hegemonía era religiosa sólo cabía esperar. Yo creo que el hombre plantea al Universo problemas que el Universo no esperaba. Entiéndame. El hombre es un suceso mínimo y azaroso en la inmensidad inabarcable del Universo. Dentro de millones de años el sistema solar desaparecerá, y si el hombre no ha encontrado una manera de salir de aquí la vida desaparecerá con él. Y el Universo seguirá su curso, como siempre.

**P.** *Resulta difícil imaginar la desaparición de la vida. Uno siempre ve la semilla planeando después del choque cósmico.*

**R.** Pues no lo sé. Eso entra ya en el terreno de las creencias personales. Yo lo que digo es que la vida es un fenómeno raro e imprevisto, que muy probablemente jamás tengamos un contacto con otro ser vivo fuera de nuestro planeta y que si la vida se extingue puede perfectamente no volver a reaparecer.

**P.** *Todavía no sabemos cuál es la importancia real de los genes en la conducta.*

**R.** Algo sí se sabe. Por ejemplo, están los estudios sobre gemelos univitelinos, que son genéticamente idénticos, separados al nacer.

**P.** *Estudios polémicos.*

**R.** Muy fiables si están bien hechos. Ahí se demuestra que el grado de correlación entre los aspectos genéticos de la conducta que son fácilmente medibles es muy alto. Gran parte de nuestro comportamiento está dictado por los genes.

*P. Pero eso es decir poco.*

R. Tan poco como decir que está dictado al 50% por los genes y al 50% por la cultura.

*P. ¡Exacto! Siempre me he preguntado por la razón de ese empate, tan justo y sensato*

R. Debe de parecer políticamente correcto.

*P. Pero en cualquier caso, ¿qué quiere usted decir con “gran parte”?*

R. En el fondo quiero decir que la mayor parte.

*P. ¿Y por qué piensa usted eso?*

R. Volvamos a los gemelos univitelinos separados al nacer. Se parecen mucho físicamente. Mucho. Si se parecen físicamente, ¿por qué no se van a parecer psicológicamente?

*P. Hombre, siempre se ha creído que el ambiente no cambia demasiado la forma de la nariz, pero, en cuanto al carácter...*

R. Pues no sé qué decirle... No lo sé. Yo sospecho que el ambiente tiene poco que decir en aspectos sustanciales de nuestra conducta. Observe las familias numerosas, por ejemplo. Cada hermano es un mundo. ¿Por qué si comparten la misma educación, el mismo ambiente...?

*P. Bueno, cada uno de ellos puede tener su propio grupo de influencia. Lo explica una psicóloga norteamericana, Judith Rich Harris. La experiencia familiar puede ser idéntica. Pero la de fuera de casa, no.*

R. Quizá. Puede que exista un componente cultural en el comportamiento. El problema es que es mucho menos objetivable. Ahora bien, yo dudo que lo que llamamos cultura sea lo más influyente. En fin. A los que somos progresistas y más o menos de izquierdas no nos gusta mucho eso. Pero las cosas son como son, nos gusten o no. Y resulta que, desgraciadamente, hay personas que les vienen unas características genéticas que no sólo les hacen ser más guapos o más inteligentes, sino incluso mejores personas. En fin, el problema social que adviene con todo esto es tremendo. Si uno tiene unas características genéticas que lo predisponen a la violencia, y que no ha elegido, y lo meten de pequeño en algún lugar donde se cultive el fanatismo, que tampoco ha elegido, pues ya me dirá usted qué pasa con la responsabilidad individual. Es un punto de vista extremo, porque algo de libre albedrío debe de haber...

*P. ¿Y dónde está?*

R. Mire, el otro día lo comentaba con mi mujer. Siempre estamos hablando de estas cosas. Le decía: mira, hay veces en que uno es consciente que debe hacer algo y, sin embargo, no tiene la fuerza interior para ponerse a hacerlo. ¡Pero esa fuerza también está condicionada por los genes! Mi genotipo no me da la suficiente presencia de ánimo, de solidaridad, o de sacrificio para hacerlo... O sea que no soy responsable. Claro, este punto de vista es inaceptable para la sociedad. Si el comportamiento viene determinado estrictamente por la secuencia de los genes, no hay libre albedrío ninguno. Éste es el asunto. Y el problema de este asunto es que hay que hablarlo en voz baja. El genetista Herbert Stern decía que no somos moralmente autónomos. Lo que pasa es

que aunque algunos miembros de la sociedad lo comprendan, una sociedad donde nadie es moralmente responsable no sobreviviría. O sea, lo que él llamó fraude piadoso: a pesar de que no es justo que a alguien se le castigue por sus actos, la supervivencia de la sociedad obliga a ello.

*P. A veces la historia parece una sucesión de fraudes piadosos a la espera de que llegue la ciencia.*

**R.** Comprenderá que de esto aún se puede hablar menos en voz alta.

**A.35.** Lee la entrevista y contesta las cuestiones:

- a) Según el entrevistado, ¿qué es lo que ha hecho que la especie humana pueda preguntarse por su origen?
- b) Comenta la frase de la entrevista “para el hombre la evolución ha dejado de existir”.
- c) Selecciona alguna de las frases que comenta Gines Morata sobre la mortalidad/inmortalidad.
- d) ¿Cuál es la relación que establece entre los genes y la conducta? Explica qué es lo que quiere decir con el concepto “fraudes piadosos” y por qué se hacen necesario.
- e) Valora con un texto, como mínimo de cinco líneas, lo que se dice en la entrevista.

## Tema 3

# LA REVOLUCIÓN GENÉTICA

---

Desarrollaremos este tema mediante el hilo conductor expuesto en el siguiente índice:

- [1. La ciencia ilumina el estudio de la vida](#)
- [2. La base de la herencia: la información genética](#)
  - [2.1. El ADN: estructura y replicación](#)
  - [2.2. La estructura del ADN y su copia o replicación](#)
  - [2.3. Estructura secuencial. Información](#)
  - [2.4. De la información a la función: expresión de la información del ADN](#)
  - [2.5. Genes y genoma](#)
  - [2.6. El genoma humano](#)
  - [2.7. Huellas genéticas](#)
  - [2.8. Pruebas de paternidad](#)
- [3. La ingeniería genética](#)
  - [3.1. Biotecnología y aplicaciones](#)
  - [3.2. Aplicaciones en la industria farmacéutica: fabricación de proteínas](#)
  - [3.3. Los transgénicos](#)
  - [3.4. Clonación y células madre](#)
  - [3.5. Terapia genética](#)
- [4. Bioética](#)

## 1. LA CIENCIA ILUMINA EL ESTUDIO DE LA VIDA

Aunque en el siglo XIX la racionalidad y el método científico iluminaban ya la ciencia de los astros, la materia viva continuaba siendo un territorio virgen para la investigación.

A mediados del siglo XVI el alquimista Paracelso (1493-1541) describió cómo se creaban una especie de hombrecillos (“homúnculos”) que no llegaban a medir 30 cm de altura.

Para crearlos se debería utilizar como único ingrediente “licor espermático del hombre” y colocar el semen en un alambique acotado y rodeado de estiércol de caballo

durante 40 días, con lo que se pudriría y se formaría un embrión transparente. Para tener a la criaturita completamente formada, habría que alimentar el mencionado embrión durante cuarenta semanas con “sangre humana secreta”. La viabilidad de esta idea estuvo presente a lo largo de siglos.

Hace 200 años la mayor parte de la gente aún creía en la generación espontánea. Pensaban que los gusanos, ratas y otros bichos menores podían originarse de la podredumbre, se daban misteriosas recetas para crear animales y criaturas fantásticas, como los “homúnculos”, antes mencionados.

Durante los siglos XVI y XVII se aportaron pruebas para justificar la generación espontánea, pero se debió esperar hasta el siglo XIX para que Louis Pasteur demostrara que incluso los minúsculos microbios nacen de otros seres como ellos.

Aquellas confusas ideas sobre una posible generación espontánea de seres vivos eran compatibles, ya desde hacía tiempo, con el hecho de que en todas las especies, los hijos se parecen a sus padres, con la idea de que los parecidos entre personas son indicios de que tienen algún material común.

De esta idea nacen preguntas como: ¿Qué es aquello común que comparten? ¿Cómo se transmite el parecido de padres a hijos? ¿Qué es lo que queremos decir cuando afirmamos que “esa manera de ser la llevas en la sangre”?

A falta de mejor explicación, se vinculaban las características de las personas a su sangre y todavía utilizamos la palabra consanguinidad para expresar la idea de parentesco entre las personas. A mediados del siglo XIX, un monje agustino llamado **Gregor Mendel** estudió la herencia de las características de las plantas de guisantes; los seleccionaba, cruzaba y tomaba nota de cómo eran los descendientes. Publicó sus resultados el año 1865, pero hasta el año 1900 la comunidad científica no supo apreciar el valor de sus estudios.

Mendel descubrió que las características de los seres vivos se transmiten en unidades independientes, que más tarde recibieron el nombre de **genes**. El gen es una unidad de información hereditaria, es decir, lo que controla un determinado carácter.

Para cada carácter hay dos genes, uno procedente del padre y el otro de la madre y se transmiten de manera independiente.

**Actividad 1.** Lee el texto anterior y contesta estas cuestiones:

*C1. La teoría celular es el paradigma científico que supera la generación espontánea, ¿sabrías enunciar las dos grandes leyes de esta teoría?*

*C2. ¿Cómo se llaman las células que actúan como vehículo de transmisión de los genes o factores hereditarios?*

*C3. ¿Cuál es la materia que transmite el factor de herencia o gen?*

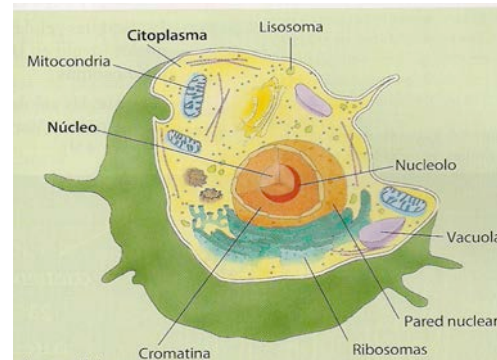


## CONOCIMIENTO CLAVE

### La célula

*La célula es la unidad fundamental de los organismos vivos. En las células existen diferentes orgánulos o estructuras que intervienen en el proceso de la herencia. En una célula podemos distinguir:*

- *La pared celular. Controla el intercambio de sustancias con el exterior: alimentos; materiales de deshecho, etc.*
- *El núcleo. En el que se encuentra el ADN que dirige la síntesis de proteínas y el mecanismo de la herencia.*
- *El citoplasma. En él se encuentran varios orgánulos: ribosomas, cloroplastos (en vegetales); mitocondrias, lisosomas, etc.*



*Cromatina y cromosomas. El año 1822 Walther Fleming (1843-1905), un fisiólogo alemán, descubrió en los núcleos de las células una sustancia de color que llamó cromatina. Durante la división celular, llamada mitosis, la cromatina se separa en filamentos a los que se les llamó cromosomas.*

*Los humanos tenemos 23 pares de cromosomas, uno de estos pares es el que determina el sexo (XX en la mujer y XY en el hombre).*

*Ya que hay muchos más genes o factores hereditarios (que son millares) que cromosomas (23 pares), el gen debe ser un trozo de cromosoma.*

**Actividad 2. ¿Por qué los gametos o células sexuales tienen la mitad de cromosomas?**

## 2. LA BASE DE LA HERENCIA: LA INFORMACIÓN GENÉTICA

Un ser humano es igual a otro, y una gaviota igual a otra, gracias a que los gametos transmiten de padres a hijos unos "factores de herencia" o caracteres genéticos. Las pequeñas diferencias, como el color de los ojos o la estatura, son consecuencia de la variabilidad que introduce la reproducción sexual, al combinarse al azar (los machos y hembras de una especie se aparean al azar) un conjunto de información que comparten la población de individuos de la misma especie.

En todas las células de todos los seres vivos existe una molécula, una sustancia, que está encerrada en el núcleo (en las células eucariotas) que contiene la información, como si de una biblioteca se tratara, donde se encuentran las instrucciones para desarrollar las características básicas del ser vivo que las lleva. Esta molécula es el ADN.

Los ácidos nucleicos (ácido desoxirribonucleico o ADN y ácido ribonucleico o ARN) se descubrieron el año 1869 pero entonces nadie imaginaba la importancia que estas sustancias adquirirían un siglo más tarde.

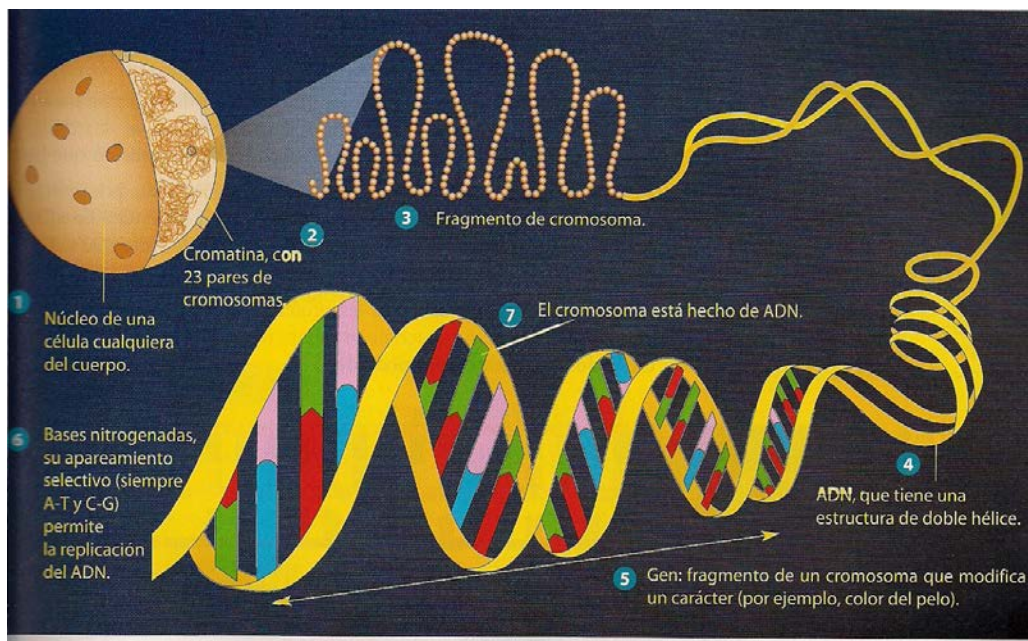
El año 1928 se realizó un experimento con bacterias que demostró que había en ellas una sustancia que podía pasar de unas a otras convirtiéndolas en infecciosas. Este hecho estaba relacionado con la transmisión de información entre seres vivos.

En el año 1944 diferentes investigadores descubrieron que esta misteriosa sustancia era el ADN (conocido también como ácido desoxirribonucleico).

Los genes responsables de transmitir información, estaban "acotados" en las moléculas de ADN pero: ¿cómo almacenaba esta sustancia toda la información biológica?, ¿cómo se las arreglaba el ADN para dar las instrucciones a las células?, ¿cómo se transmitía y se conservaba en la descendencia?, ¿hasta qué punto sería importante su estructura, es decir, la forma de la molécula, y no sólo la composición atómica?

Se buscaban las claves de la vida y muchos científicos abordaron este estudio desde diferentes perspectivas.

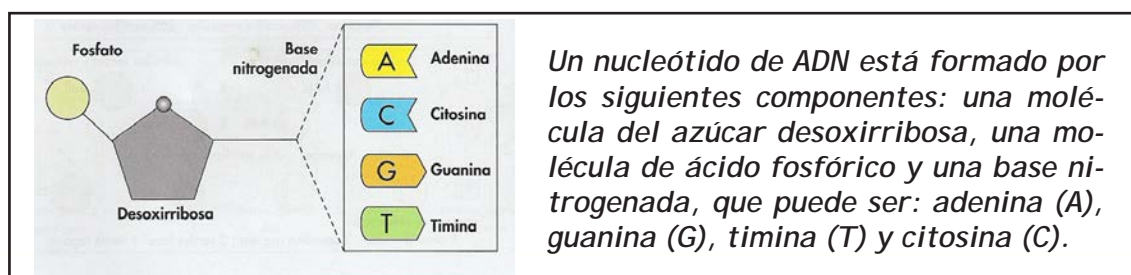
Una mezcla de creatividad, suerte, constancia, ambición y competitividad permitió que James Watson y Francis Crick tuvieran la gloria y la fama por haberlo conseguido el año 1953.



## 2.1. EL ADN: ESTRUCTURA Y REPLICACIÓN

La molécula de ADN está formada por una serie de subunidades llamadas nucleótidos.

*¿Qué es un nucleótido?:*



## 2.2. LA ESTRUCTURA DEL ADN Y SU COPIA O REPLICACIÓN

Una cadena de ADN está formada por numerosos nucleótidos unidos entre sí de forma lineal (el ADN tiene dos cadenas). Así, cada cinta de ADN contiene información. De la misma manera que en una secuencia el orden de las letras proporciona información en una lengua escrita, la secuencia de las bases de los nucleótidos del ADN tiene un significado informativo: la información genética. Por eso, algunos la han denominado el libro de la vida.

El modelo de Watson y Crick de la estructura del ADN permite explicar la reproducción de esta información de manera muy clara.

Se trata de una doble hélice en forma parecida a una escalera de caracol formada por dos cadenas paralelas unidas por las bases mediante enlaces de hidrógeno. Las bases serían los escalones y el pasamanos, que sería la cadena de desoxirribosa fosfato.

Las bases de las dos cadenas son complementarias: la adenina (A) se complementa con la guanina (G) y la citosina (C) con la timina (T).

En cada ciclo reproductivo celular, la cadena se abre y se copia y da otra idéntica. Este proceso se denomina replicación y se realiza en las fases que se pueden ver en la ilustración:

1ª fase: La replicación empieza con el desarrollo y separación de las dos cadenas de la doble hélice.

2ª fase: Cada cadena se duplica de manera independiente, y sirve cada una de molde para fabricar una cadena complementaria mediante el acoplamiento de los nucleótidos (los nucleótidos de adenina se emparejan siempre con los de timina y los nucleótidos que contienen guanina con los de citosina). Este proceso se llama semiconservativo.

3ª fase: El resultado final son dos nuevas hélices que son copia exacta de las moléculas de partida.

**Actividad 3.**

*C1. Si sabemos qué es un nucleótido, señala los que observas en la figura anterior (lo puedes hacer con la ayuda de un lápiz para delimitarlos).*

*C2. Conociendo cómo es la complementariedad de las bases en la doble cadena del ADN calcula la cadena complementaria de un fragmento de ADN:*

ACCGATATGCGTAATGCA

**2.3. ESTRUCTURA SECUENCIAL. INFORMACIÓN**

La repetición “de unidades” en una molécula no significa sólo aumento de la masa molecular. Tal repetición adquiere “sentido” cuando las unidades que se repiten no son idénticas. Así ocurre en los ácidos nucleicos (también en las proteínas). En estas familias moleculares, una molécula puede diferenciarse de otra sólo por la secuencia de sus respectivas unidades. Estas secuencias no son fruto del azar, transmiten alguna información o se han ordenado de acuerdo a una información dada. Esconden un auténtico significado y la imagen más próxima que podemos hacernos sería la del lenguaje, donde la secuencia de signos puede expresar conceptos absolutamente diferentes.

**Actividad 3.**

*C1. Escribe en castellano todas las palabras que puedas con las letras: C, S, A, O.*

*C2. ¿Qué es lo que sucedería si se cambiara una letra? Inténtalo.*

*C3. ¿Conoces otros códigos de comunicación? Cítalos. ¿En qué están basados?*

El ADN posee una estructura primaria que viene dada por la unión, sin restricciones, de nucleótidos, para la formación de largas cadenas polinucleotídicas. Pero además, por una estructura en doble hélice formada por dos cadenas polinucleotídicas.

La estructura del ADN en doble hélice es muy estable y la inexistencia de restricciones por lo que respecta a la secuenciación de bases de sus nucleótidos lo hace enormemente útil como molécula informativa. La especificidad informativa del ADN está en la forma en que se repiten en la cadena de ADN las cuatro bases nitrogenadas, que se expresan mediante un lenguaje cifrado basado en la secuenciación de las cuatro bases, como por ejemplo: AAGTTTGCACAGGATCC.

La estructura doble del ADN permite la replicación exacta por simple separación de las cadenas y síntesis de las complementarias. Los cambios ocasionales de unas bases por otras (cabe pensar que hay que emparejar y unir muchos nucleótidos y el sistema no es nunca perfecto, es decir, pueden cometerse errores, la eliminación de alguna de ellas o la interpolación de bases pueden producir un cambio en la información, que si es funcional, llamamos **mutación**. Como ya sabemos, la mutación es el material sobre el que se construye la evolución.

## 2.4. DE LA INFORMACIÓN A LA FUNCIÓN: EXPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL ADN

Dentro del núcleo de la célula están las instrucciones para que pueda funcionar, escritas en forma de ADN. ¿Cómo lee la célula esta información?

A diferencia del lenguaje escrito que expresa ideas, el lenguaje biológico expresa estructuras moleculares. La expresión de la información del ADN se hace en forma de moléculas funcionales que son las **proteínas**.

Mientras que el ADN contiene la información, las proteínas son las responsables de la funcionalidad de la célula y del mantenimiento del metabolismo celular. Veamos acto seguido cómo se transforma la información del ADN en la funcionalidad de las proteínas.

### *Cómo son las proteínas*

*Las proteínas son polímeros, es decir, cadenas formadas de unidades básicas. En este caso, las unidades son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos diferentes que entran a formar parte, en número distinto, de las largas cadenas de proteínas.*

*Estas moléculas son las protagonistas de la actividad vital. Un tipo muy importante de proteínas son las enzimas, que hacen posible cada una de las reacciones químicas que tienen lugar en las células. Recordemos que todas las características de un ser vivo están determinadas por estas reacciones. Así, el color de los ojos o de la piel se debe a un pigmento que se formará o no dependiendo de si existen las reacciones químicas que producen este pigmento.*

### Una fábrica imaginaria para la elaboración de proteínas

El núcleo celular se representará por el despacho del director, en el que están guardados ordenadamente los planes de montaje de las diferentes clases de proteínas que constituyen la producción de la fábrica (la célula). La unión de las proteínas es asegurada mediante la intervención de máquinas semi-automáticas programadas: los *ribosomas*. Veamos cómo se efectúan estas operaciones.



A la petición de la fábrica, los planes correspondientes a una clase particular de proteínas se buscan en los cajones (los genes estructurales) estos planes se encuentran bajo la forma de fichas perforadas (el ADN) (1). Los planes originales nunca salen del despacho del director, ya que si se estropeasen en el transcurso de las diversas manipulaciones sería imposible sustituirlos; la malformación ocasionada sería transmitida indefinidamente a las proteínas fabricadas por la célula, por lo que inmediatamente se sacan copias de estos planos de forma fácilmente manejable (el *ARN mensajero*) (2). Las copias son enviadas a la fábrica (3).



Las diferentes instrucciones llevadas en las fichas perforadas sirven para programar los ribosomas, donde se unirán las proteínas (4). Las proteínas están formadas por veinte componentes distintos (los veinte aminoácidos). Estas piezas se ordenan en el almacén de la fábrica; cada almacenador es responsable de una pieza determinada, debe ir a buscarla al almacén y llevarla hasta los ribosomas, los almacenadores se llaman *ARN de transferencia* (5). La máquina está alimentada por piezas sueltas. Las distintas clases de proteínas que resultan de la unión de estas piezas se efectúa según el programa introducido en la máquina (6).

Actividad 5. Contesta las siguientes preguntas utilizando el esquema anterior:

C1. ¿Cuáles son las moléculas que intervienen en el proceso de síntesis de proteínas?

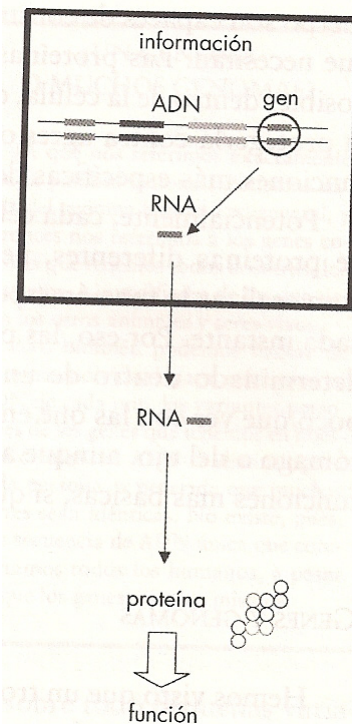
C2. Indica, nombra las diferentes fases y localiza celularmente dónde ocurre cada una de ellas.

C3. La información se copia en forma de ARN. El ARN es un polímero de nucleótidos, pero con ribosa y en lugar de timina tiene uracilo (otra base). De acuerdo con esto, ¿cuál será la secuencia de  $ARN_m$  transcrito a partir del siguiente segmento de una cadena de ADN: GAGACATT CAGTGATACA?

En resumen: Las instrucciones contenidas en el ADN de la célula son transcritas en forma de ARN cuando es necesario. EL ARN que sale del núcleo será a la vez traducido en una proteína. Ésta será la que realizará la función que requiere la célula en un momento concreto.

Las proteínas se encargan de todas las tareas posibles dentro de la célula, desde mantener la estructura hasta protegerla contra las agresiones externas, pasando por otras funciones más específicas del tejido donde se encuentra.

Potencialmente, cada célula de un individuo puede fabricar miles de proteínas diferentes, pero sólo genera las que necesita para realizar la función específica encomendada en cada instante. Por ello, las proteínas que hay en un momento dado dentro de una célula de la piel pueden no tener nada que ver con las que encontramos en una célula del estómago o del ojo, aunque aquéllas que se encargan de las funciones celulares más básicas sean las mismas.



## 2.5. GENES Y GENOMA

Hemos visto que un trozo de ADN da lugar a un ARN, que a la vez generará una proteína. Este trozo de ADN es lo que tradicionalmente se define como un **gen**: una región bien delimitada de ADN que contiene la información necesaria para fabricar una proteína.

Cuando, en un momento determinado, de un gen se deriva un ARN para fabricar la proteína correspondiente, decimos que este gen se está expresando. Por lo tanto, los genes sólo se expresan cuando hace falta y únicamente durante un período de tiempo específico, que puede ser más o menos largo en función de las necesidades de la célula. Además, la intensidad de la expresión es variable: dependiendo de la cantidad de proteína que requiere la célula en este momento, el gen se expresará más o menos.

El **genoma** se define como el conjunto de genes de un organismo. La **genómica** sería la ciencia que estudia el genoma, una palabra que parece estar adquiriendo más popularidad que el término que se utilizaba antes, **genética**, que se define como el estudio de los genes.

## 2.6. EL GENOMA HUMANO

El genoma humano es toda la información genética que hay en nuestro ADN, lo que nos hace ser como somos, como especie y como individuos. Es el genoma el que determina que seamos humanos y no plantas, por ejemplo.

¿A qué nos referimos exactamente con la palabra genoma? Podemos hablar de genoma humano en general y entonces nos referimos a los genes comunes que tenemos nosotros, los humanos, y que se diferencian de los que tienen otros animales y seres vivos.

Pero también podemos hablar de genoma individual para referirnos a nuestras células. El ADN es diferente para cada persona, aunque muchas partes sean idénticas. No existe pues, una secuencia de ADN única que compartimos todos el humanos, aunque los genes sean los mismos.

**Algunos términos que conviene conocer:**

**Secuenciar:** es el término que se utiliza para decir que se han podido identificar, de forma parcial o completa, los nucleótidos del ADN de un organismo.

**Anotar:** es identificar dónde comienzan y acaban los genes en el ADN, descubrir la función de estos genes, encontrar zonas que

En el año 2000, los institutos de la Salud de Estados Unidos, (conocidos por las siglas NIH) y la compañía privada Celera Genomics anunciaban conjuntamente que el Genoma humano había sido secuenciado por completo. Era el punto y final del Proyecto Genoma Humano. A principios de 2002 se publicaron los resultados en las dos revistas científicas más prestigiosas: Nature publicando los resultados del NIH y Science, el de Celera. Las secuencias se han centralizado en la base de datos Genbank y hoy en día se pueden realizar comparaciones y búsqueda exhaustiva a través de la red de manera totalmente gratuita.

```
AGCCCTCCAGGACAGGCTGCATCAGAAGAGGCCATCAAGCAGGTCTGTT-
CAAGGGCCTTTGCGTCAGGTGGGCTCAGGATTCCAGGGTGGCTGGACCC-
CAGGCCCCAGCTCTGCAGCAGGGAGGACGTGGCTGGGCTCGTGAAGCATGTG
GGGGTGAGCCCAGGGGGCCCCAAGGCAGGGCACCTGGCCTCAGCCTGCCT-
CAGCCCTGCCTGTCTCCAGATCACTGTCTTCTGCCATGGCCCTGTGGAT-
GGCCCTCCTGCCCCTGCTGGCGCTGCTGGCCCTCCTGGGGACCTGACCCAGCC
GCAGCCTTTGTGAACCAACACCTGTGCGGCTCACACCTGGTGGAAAGCTCTCTA
CCTAGTGTGCGGGGAACGAGGCTTCTTCTACACACCCAAGACCCGCGGG-
GAGGCAGAGGACCTGCAGGGTGAGCCAACCTGCCATTGCTGCCCTGG-
CCGCCCCAGCCACCCCTGCTCCTGGCGCTCCCACCCAGCATGGGCAGAAG
GGGGCAGGAGGCTGCCACCCAGCAGGGGGTCAAGTGCACCTTTTTAAAAA-
GAAGTTCTCTTGGTCACTCCTAAAAAGTGACCAGCTCCCTGTGGCCAG-
TCAGAATTCAGCCTGAGGACGGTGTGGCTTCGGCAGCCCCGAGATACATCA
GAGGGTGGGCACGCTCCTCCCTCCACTCGCCCCCAAACAAATGCCCCG
CAGCCCATTTCTCCACCTCATTGATGACCGCAGATTCAAGTGTTTTGT-
TAAGTAAAGTCTCTGGGTGACCTGGGGTCAAGGGTGGCC-
CAGCCTGCCTCTGGGGAACACCCCATCACGCCGGAGGAGGGCGTGG
CTGCCTGCCTGAGTGGGCCAGACCCCTGTGCGCCAGGCCTCACGG-
CAGCTCCATAGTCAGGAGATGGGGAAGATGCTGGGGACAGGCCCTGGGGA-
GAAGTACTGGGATCACCTGTTCAAGGCTCCCACTGTGACGCTGCCCCGGGGCG
GGGAAGGAGGTGGACATGTGGGCGTTGGGGCCTGTAGGTCCACACCCAGT
GTGGGTGACCCTCCCTCTAACCTGGGTCCAGCCGGCTGGAGATGGGTGG-
GAGTGGCAGCTAGGGCTGGCGGGCAGGCGGGCACTGTGTCT-
CCCTGACTGTGCTCCTGTGTCCCTCTGCCTCGCCGCTGTTCCGGAACCTGC
TCTGCGCGGCACGTCTGGCAGTGGGGCAGGTGGAGCTGGGCGGGG-
GCCCTGGTGCAGGCAGCCTGCAGCCCTTGGCCCTGGAGGGGTCCCT-
GCAGAAGCGTGGCATTGTGGAACAATGCTGTACCAGCATCTGCTCCCTTACC
AGCTGGAGAATACTGCAACTAGACGCAGCCCGCAGGCAGCCCCA-
CACCCGCCCTCCTGCACCGAGAGATGGAATAAAGCCCTTGAACCAGC
```

*Secuencia del gen humano de la insulina tal como se encuentra en la base de datos Genbank (código de acceso NG\_007114). Tiene 1431 nucleótidos.*



Las secuencias del ADN que encontramos en el Genbank son, sin duda, muy valiosas desde el punto de vista científico; pero, en realidad, lo que tenemos es como un libro donde tuviésemos todas las letras, pero no separadas por palabras, ni hechas las frases y separados los párrafos, y que, en fin, todo eso tenga sentido. En palabras de Bert Vogelstein, uno de los investigadores más relevantes en el campo del cáncer “Secuenciar es la parte fácil: el camino largo y difícil será intentar averiguar qué significa toda esa información utilizando estudios funcionales”. Así pues, lo que realmente nos interesa ahora es explotar más a fondo cuál es la función de nuestro genoma.

No se sabe con exactitud el número de genes que tenemos los humanos, pero se calcula que no puede haber más de 20.000. Esta cifra es mucho más baja que la esperada y, en el fondo, sorprende que un organismo tan avanzado como el humano pueda funcionar con tan pocos genes. Hay animales, aparentemente sencillos, que nos superan en número de genes, como el erizo de mar con 23.000 o el ratón con 29.000.

Por lo que respecta al genoma “el tamaño no importa”. ¿Cómo consigue la célula humana llevar a cabo todas las funciones únicas de nuestra raza cuando cuenta con un repertorio tan menguado de “herramientas”? Hay que tener en cuenta que:

- La mayoría de proteínas de la célula pueden llevar a cabo más de una función.
- Hay muchos genes que dan más de una proteína.
- La complejidad del genoma no radica sólo en el número de genes, sino en las numerosas formas que hay de regularlos.

### **La variación humana y los polimorfismos**

*Si los humanos tenemos los mismos genes, ¿qué es lo que hace posible la gran diversidad de nuestra especie? Se calcula que dos personas tienen una similitud del 99'9 % de su ADN. Ese 0'1 % de diferencia puede explicar todas las diferencias que hace que dos seres humanos no sean iguales.*

*Una explicación a estos enigmas son los polimorfismos, pequeñas y sutiles variaciones en el ADN de los individuos, quizás no sean lo suficientemente importantes como para hacer que un gen dé lugar a una proteína completamente cambiada, pero sí para explicar algunas diferencias funcionales. Suelen ser cambios en un solo nucleótido de la secuencia del gen. Estas leves alteraciones en un trozo de ADN pueden hacer, por ejemplo, que la proteína que se fabrique sea más potente, o bien todo lo contrario.*

*El estudio de los polimorfismos nos podría ayudar a explicar por qué algunas poblaciones son más susceptibles que otras a ciertas enfermedades, lo que nos permitirá diseñar fármacos más específicos para cada una de ellas.*

*En un principio, los polimorfismos pueden ser la causa de una buena parte de nuestra personalidad. Por ejemplo, en el año 2007 se publicó un artículo que demostraba que una variación de un nucleótido (SNP) en el receptor D2 del neurotransmisor dopamina puede influir en cómo una persona aprende de sus propios errores. Eso quiere decir que algunos aspectos de nuestro carácter vendrían definidos por pequeñas variaciones en nuestros genes.*

*Pero todo es más complicado de lo que parece. En marzo de 2008 se publicaba un estudio sobre los genes implicados en la obesidad que utilizaba técnicas avanzadas de secuenciación. Los autores calculaban que hay 2000 genes que se expresan de manera distinta en personas obesas. Y lo que es más interesante: el 70 % de estos cambios son hereditarios, lo cual demuestra que la tendencia a engordar es hereditaria, lo que quiere decir que la tendencia a engordar viene definida en gran parte por los genes que nos pasan nuestros padres.*

*Otro estudio relaciona la altura de las personas con 52 genes diferentes. Para complicar más la cosa, se cree que los genes solo influyen un 80 % en la altura de las personas, mientras que el 20 % viene determinado por el entorno (alimentación, ejercicio, salud, etc.).*

*Una aplicación directa del genoma humano y la estadística, permite descubrir lo que se llaman marcadores genéticos de las enfermedades. ¿Cómo se hace? Hay que secuenciar zonas específicas del ADN del máximo número de personas que sufren la enfermedad concreta. Después se introducen los datos en una computadora, que intentará identificar uno o más polimorfismos que aparecen en la mayoría de enfermos pero no en las personas sanas. Eso será un “marcador”. Si en el futuro encontramos estas secuencias de ADN en el genoma de alguien, querrá decir que esta persona tiene muchas probabilidades de sufrir la enfermedad que está asociada al marcador.*

*Dos polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) del cromosoma 9 (llamados rs1075274 y rs1333040) se asocian con la misma probabilidad de sufrir una enfermedad cardíaca que si se fuman 10 cigarrillos al día. Tener estos SNP multiplica por dos las probabilidades de sufrir un ataque al corazón cuando se es joven. Sólo uno de los marcadores ya da una probabilidad del 40 %.*

Actividad 6. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

- C1. ¿Qué son los polimorfismos? ¿A qué se deben? En el texto habla de diferentes tipos de polimorfismos, ¿sabes distinguirlos?
- C2. ¿Qué son los marcadores genéticos? ¿Te gustaría conocer tus marcadores genéticos? Enumera algunas ventajas e inconvenientes que tendría conocerlos.
- C3. ¿Crees que habría que legislar, y en qué sentido, sobre la información que se deriva de los análisis de factores genéticos?
- C4. ¿Qué opinas de la frase “los polimorfismos pueden ser la causa de una buena parte de nuestra personalidad”?

## 2.7. HUELLAS GENÉTICAS

EL ADN de un individuo es una identificación muy precisa, ya que es una larga secuencia de 3.000 millones de letras que sólo coincide exactamente con las de un mellizo idéntico o con un clon. Pero como el 99 % de la secuencia del genoma es igual

entre los seres humanos, es difícil encontrar las diferencias en ésta cuando sólo se diferencian en el 1 % restante.

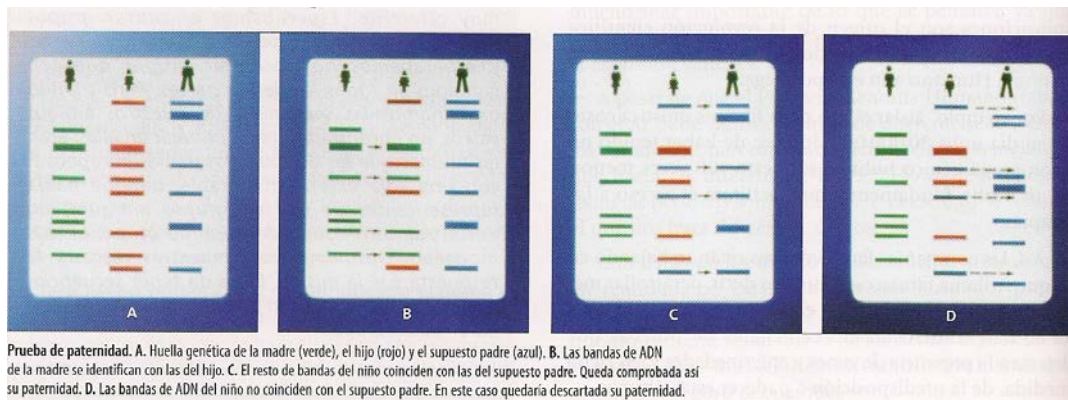
El año 1985, un genetista inglés, Jeffreys, descubrió un método para conseguir una huella genética (o huella dactilar de ADN), que distinguía con facilidad a unos individuos de otros. La clave está en regiones del ADN en las que se presentan unos pequeños fragmentos (minisatélites) que se repiten muchas veces y resulta que el número de veces que se repite cada minisatélite cambia de un individuo a otro. Este genetista inventó un método experimental que analiza la repetición de estas secuencias y da como resultado una especie de código de barras que identifica a cualquier ser vivo.



Veamos algunas aplicaciones que tiene la huella genética.

## 2.8. PRUEBAS DE PATERNIDAD

En este caso se comparan las huellas genéticas de la madre, el hijo y de los dos posibles padres. La del hijo tendrá una serie de bandas que corresponden a la madre y el resto corresponden al padre. Si la huella del presunto no tiene ninguna repetición su paternidad queda descartada.



## Investigaciones criminales

En este tipo de investigaciones se compara la huella genética obtenida de una muestra de semen de la vagina de la víctima con las huellas genéticas procedentes de tres sospechosos.

Con un buen análisis del ADN, la probabilidad de que dos personas distintas tengan la misma huella genética es de 1 entre 2.700.000, lo que es más que suficiente para que un tribunal lo acepte como prueba.

## Otras aplicaciones

La huella genética se puede utilizar con el objetivo de demostrar la denominación de origen y la composición de los alimentos. Se usan también para comprobar la identificación y el parentesco no documentado, como en los casos de inmigración ilegal.

Esta técnica también sirvió por certificar que la oveja Dolly era un clon de una oveja adulta usada en el experimento, o para comprobar que el criminal nazi doctor Mengele fue enterrado en Brasil con una identidad falsa.

La huella genética no asegura al 100 % la paternidad, pero si da una probabilidad muy alta.

## LA HUELLA GENÉTICA Y LA JUSTICIA

*Una mañana de un martes del mes de noviembre de 1983, el cadáver de Lynda Mann, una colegiala de quince años, apareció en Black Pad, un camino de las afueras de Narborough, localidad próxima a Leicester en Inglaterra. Había sufrido abusos sexuales. A lo largo de tres años nadie fue detenido en relación con este caso. Un sábado de agosto de 1986 volvió a ocurrir lo mismo: otro cadáver, en este caso el de Dawn Ashworth, fue encontrado en Ten Pond Lane, un camino también próximo a Narborough. La policía estaba segura de que era el mismo individuo el que había cometido ambos asesinatos y acto seguido acusó de ellos a un trabajador de diecisiete años, encargado de limpiar los platos de la cocina en un bar. Pero así como confesó el asesinato de Ashworth negó su participación en el caso anterior. Fue entonces cuando la policía consultó a Alec Jeffreys para que confirmara que el sospechoso había matado a las dos chicas.*

*El resultado del análisis de la huella genética realizado por Jeffreys fue tanto positivo como negativo para las autoridades: la comparación de las muestras procedentes de las dos víctimas mostraba que, sin ninguna duda, una misma persona había cometido ambos asesinatos, tal como creía la policía. Pero por desgracia, para la policía, la misma prueba también demostraba que el lavaplatos de cocina no había matado a ninguna chica, resultado confirmado por otros expertos a los que la policía también consultó. El sospechoso fue puesto en libertad.*

*Con su única pista descartada y con los vecinos cada vez más preocupados, la policía dio un paso excepcional. Confiando en que a pesar de todo la huella del ADN aportaría la clave definitiva, decidieron solicitar muestras de ADN a todos los varones adultos de Nasborough y sus alrededores. Instalaron lugares para recoger muestras de sangre y con ellas pudieron eliminar un gran número de candidatos mediante el tradicional y más barato procedimiento de determinación del grupo sanguíneo. El resto de muestras fueron enviadas para que el ADN fuese examinado. Un buen guión de Hollywood hubiera acabado, por supuesto, con Jeffreys identificando al verdadero culpable. Y así fue, pero no sin un lío más, también merecedor de Hollywood. Al principio, el culpable, Colin Pitchford, consiguió eludir la emboscada genética alegando que tenía pánico a las agujas y persuadió a un amigo suyo para que llevara una muestra suya de sangre. Pasado un tiempo, cuando alguien por casualidad escuchó cómo el amigo contaba el hecho, Pitchford fue arrestado y de esta manera ganó el dudoso honor de ser el primer criminal capturado gracias a la huella genética del ADN.*

*El caso Narborogouh reveló a todos los organismos encargados del cumplimiento de la ley en todo el mundo que la huella del ADN era, sin ninguna duda, el futuro en el enjuiciamiento criminal.*

*No pasó mucho tiempo hasta que este tipo de prueba fue aportado en un procedimiento judicial en los Estados Unidos, pero esta introducción fue muy controvertida.*

*La ley siempre ha tenido dificultades en asimilar las implicaciones de “prueba científica”; incluso a los abogados más inteligentes, a los jueces e incluso a los jurados, casi siempre les cuesta entenderlo en un primer momento. Pero superados estos inicios, en la tecnología forense se utilizaba cada vez más, aunque con una técnica poco elegante.*

*El año 1994, en el juicio contra O. J. Simpson, un antiguo ídolo deportivo norteamericano, éste se enfrentaba a una posible pena de muerte si era declarado culpable de los atroces crímenes de los que le acusaba el fiscal de Los Ángeles: el sangrante asesinato de la exmujer de Simpson, Nicole Brown Simpson, y de su amigo Ronald Goldman. Los abogados defensores de Simpson (dos auténticos expertos en pruebas de ADN tan eruditos en la materia como los más expertos forenses) aportaron contribuciones esenciales para la defensa y la absolución de Simpson. Los detectives forenses habían recogido manchas de sangre del lugar del crimen, la casa de Nicole Brown, en casa de O. J. Simpson, en un guante y en un calcetín. Las pruebas de ADN inculparon a Simpson, pero los expertos abogados hicieron patente algunas de las polémicas más importantes que se habían producido en el ámbito de la ciencia forense. Los abogados defensores de Simpson, Shekc y Neufeld, plantearon la pregunta obvia: ¿con qué criterios se considera que una muestra de ADN procedente del lugar del crimen coincide con la muestra extraída de la sangre del sospechoso?*

*El ADN es una molécula tan estable que puede extraerse del semen aunque tenga algunos años, de manchas de sangre raspadas en un camino o del volante de un coche. Sin embargo, también es verdad que el ADN se puede degradar, sobre todo en condiciones de humedad, y cualquier tipo de ADN será creíble en la medida en que lo sean los procedimientos de recogida, manipulación y presentación. El equipo de abogados de Simpson consiguió señalar las situaciones en las que parecía posible, si no probable, que las muestras se hubieran degradado, o incluso peor, se hubiesen contaminado.*

*La huella de ADN ha recorrido un largo camino desde las primeras aplicaciones forenses. Hoy en día es un elemento esencial de nuestra cultura. Un producto de consumo para los que tienen una curiosidad genealógica, una trampa en el continuo espectáculo del “te he cogido” al que jugamos con los famosos y con la gente corriente que lo único que quiere es salir en la televisión. Pero su aplicación más seria es la que tiene que ver con cuestiones legales, y de hecho es una herramienta más apta para exculpar a un inocente que para condenar a un culpable. Probar la inocencia sólo requiere demostrar que la huella de ADN del acusado no coincide del todo con el ADN recogido en el lugar del crimen; probar la culpabilidad, por el contrario, requiere demostrar estadísticamente que las probabilidades de que otra persona, distinta al acusado, tenga la misma huella genética son despreciables.*

Actividad 7. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

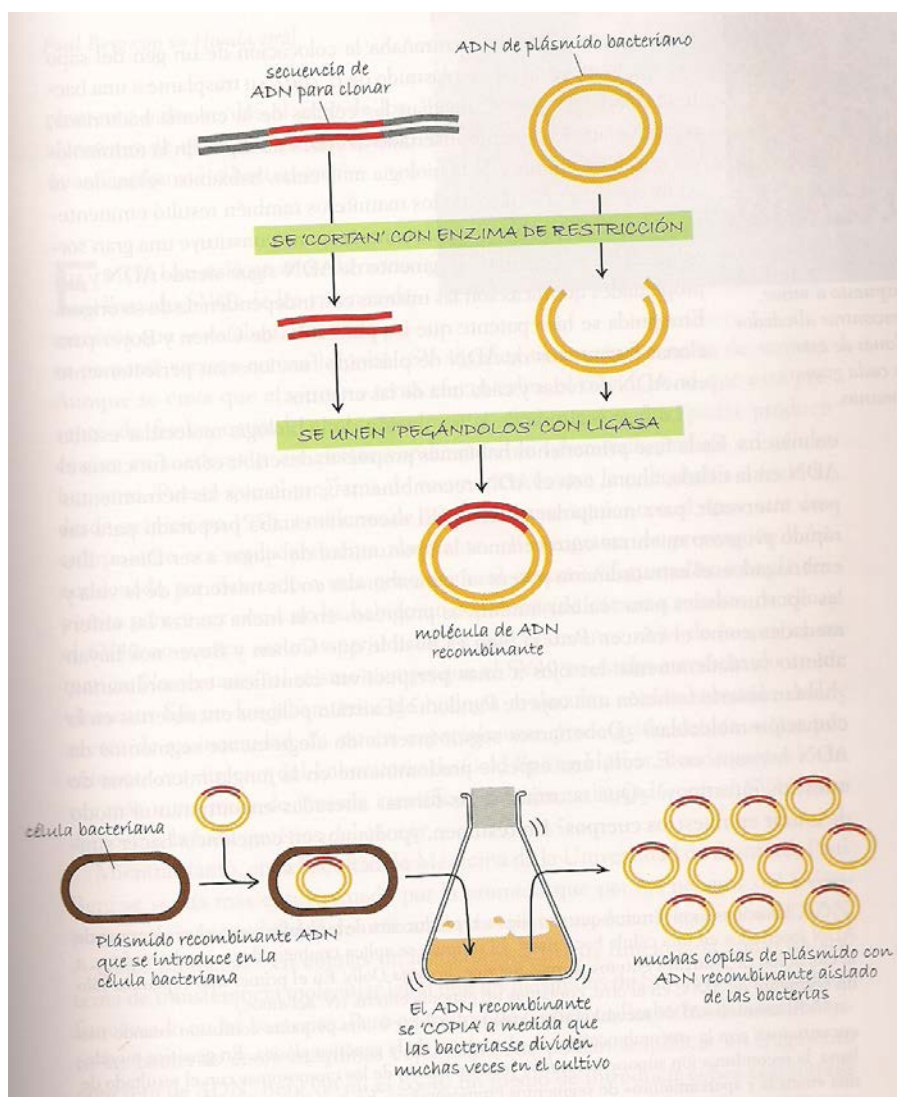
C1. ¿Qué problema plantea la utilización de la huella genética en el ámbito judicial?

C2. ¿Quién debe establecer el protocolo a seguir en casos de recogida de muestras de ADN: los científicos forenses o los jueces? Argumenta tu respuesta.

### 3. LA INGENIERÍA GENÉTICA

La ingeniería genética se define como el conjunto de técnicas y estrategias que se utilizan para hacer combinaciones nuevas del material hereditario, es decir, para modificar los genes. Las nuevas combinaciones genéticas se introducen en organismos capaces de transmitirlos a las generaciones siguientes. También se denomina *tecnología del ADN* recombinado, ya que la mayoría de técnicas se basan en recombinar fragmentos de ADN.

En general, las técnicas que se utilizan consisten en localizar genes, fragmentar el ADN, enlazar unos trozos con otros, duplicar los fragmentos e introducirlos en alguna célula con alguna finalidad determinada como la obtención de sustancias para producir medicinas, mejorar el rendimiento de un animal o planta, etc.



Actividad 7. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

C1. Enumera las "herramientas" que se utilizarían y en qué procedimientos inter- vendrían.

C2. ¿Qué es lo que pasaría si el gen que se introduce en la bacteria es el gen que regula la fabricación de la insulina?

### VOCABULARIO ESPECÍFICO:

**KNOCKIN:** organismo manipulado genéticamente en el que se le ha sustituido un gen propio por otro distinto, normalmente de otro organismo.

**KNOCKOUT:** organismo manipulado genéticamente al que se le ha suprimido la expresión de uno o más genes.

**OGM o GM:** organismo genéticamente modificado. Nombre que se le da a cualquier animal o planta al que se ha modificado material genético mediante técnicas de laboratorio. Actualmente se han comercializado numerosas plantas GM.

**TRANSGÉNICO:** organismo manipulado genéticamente al que se le ha añadido un gen más a su genoma.

### 3.1. BIOTECNOLOGÍA Y APLICACIONES

En un sentido amplio, se aplica el término biotecnología al conjunto de procesos industriales que utilizan sistemas biológicos. La producción de quesos, vinos, etc., por ejemplo, pueden considerarse procesos biotecnológicos, ya que utilizan seres vivos (bacterias, levaduras) para su producción. En este sentido la humanidad está empleando la biotecnología desde hace miles de años; además, la selección de variedades de vegetales o de razas de animales se ha hecho desde la antigüedad para incrementar la resistencia de estas variedades a determinadas condiciones ambientales o para mejorar la producción.

En un sentido más estricto, la biotecnología designa aquellos procesos industriales que utilizan organismos modificados genéticamente, es decir, organismos manipulados genéticamente, normalmente organismos transgénicos.

### 3.2. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA: FABRICACIÓN DE PROTEÍNAS

#### PHARMING

Un uso de la manipulación genética en plantas es el *pharming*, o cultivo de OGM con el objetivo de obtener fármacos. Los primeros resultados en este campo se obtuvieron hace ya más de veinte años.

La idea del *pharming* es conseguir un medio rápido y barato de obtener fármacos sin tener que sintetizarlos en el laboratorio, un principio beneficioso tanto para la compañía farmacéutica como para el consumidor, especialmente en los países en vías de desarrollo. Gracias a las modificaciones genéticas ahora hay plantas de tabaco que fabrican antibióticos o vacunas, zanahorias con la proteína que necesitan los que sufren la enfermedad de Gaucher.

La oposición que hay a los transgénicos y algunos problemas técnicos por resolver han provocado que hasta ahora no hayan llegado al mercado, algunos están en proceso de aprobación y podrían hacerse realidad en pocos años.

Los medicamentos que produce la industria farmacéutica se obtienen de distintas formas: por síntesis química, purificados a partir de microorganismos y mediante ingeniería genética. La metodología del ADN recombinado permite obtener grandes cantidades de una proteína, utilizando microorganismos (bacterias y levaduras) y células de mamífero cultivadas *in vitro*.

El primer producto que se produjo y se comercializó fue la insulina humana. La producción de insulina humana en el interior de bacterias permitió prescindir de las insulinas de cerdo y de vaca que se venían inyectando los diabéticos y que, al no ser idénticas a la humana, podían producir algunos problemas relacionados con reacciones inmunológicas adversas.



Proteínas recombinantes comercializadas por la industria farmacéutica:

PRODUCTO	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	INDICACIÓN TERAPÉUTICA
<b>FACTORES DE COAGULACIÓN</b> Factor VIII	Cultivo células de mamífero	Hemofilia A
<b>HORMONAS</b> Insulina Hormona del crecimiento	Levaduras Bacterias	Diabetes mellitus <b>Deficiencia de la hormona</b>
<b>VACUNAS</b> Antihepatitis B Antihepatitis A	Levaduras Levaduras	Inmunización contra la hepatitis B Inmunización contra la hepatitis A

### 3.3. LOS TRANSGÉNICOS

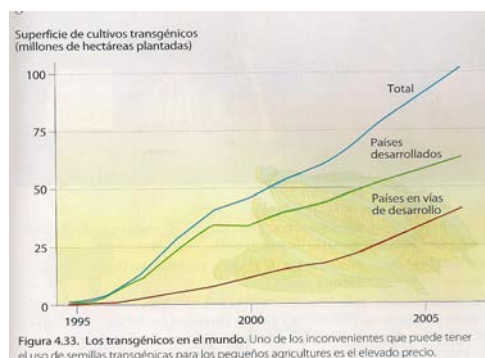
Las personas hemos seleccionado los organismos desde hace miles de años para obtener animales domesticados y plantas cultivadas mediante lo que llamamos selección artificial. Sin embargo, ahora, la biotecnología nos permite generar variantes de interés seleccionadas mediante mejora genética, introduciendo en la especie un gen que no es propio de ella. Así se consigue que los cultivos sean más eficaces y la producción más alta. Más aún, con estos cultivos se reduce de forma muy importante el uso de pesticidas nocivos para el medio ambiente.

Con un método similar, recientemente, se ha conseguido una planta de tabaco que soporta mejor la sequía (porque necesita un 70 % menos de agua que la planta normal) añadiéndole el gen de una hormona llamada citoquinina. No hace mucho se anunció la creación de una cebolla que no hace llorar (aunque se calcula que hará falta una década antes de que se comercialice) y unas rosas modificadas genéticamente para que sean de color azul.

#### Actividad 9.

- C1. *¿Qué problemas medioambientales podrían presentarse si se creara una especie transgénica que pudiese regarse con agua salada?*
- C2. *¿Qué podría pasar si el gen de resistencia a un herbicida llegara a una mala hierba?*
- C3. *¿Conoces algún otro inconveniente atribuible a los transgénicos?*
- C4. *Cita alguna ventaja que represente el uso de los transgénicos?*

## Cultivos transgénicos en el mundo



*El 43 % de los cultivos transgénicos del planeta corresponden a países en desarrollo. En estos países los transgénicos han aumentado un 21 % en los últimos años, mientras que en los países en vías de desarrollo el crecimiento ha sido del 6 %.*

*En el mundo hay 114 millones de hectáreas de cultivos transgénicos. Estados Unidos tiene 58 millones, con 220 variedades distintas, principalmente de soja y maíz. Europa, en cambio, sólo tiene 110 mil hectáreas, todas de una variedad de maíz de la compañía Monsanto. En Argentina, hay más de 19 millones de hectáreas, casi todas de soja que es transgénica. Canadá es el principal exportador de colza, de la que el 90 % es transgénica. Buena parte de esta colza se utiliza para elaborar biocombustibles alternativos a la gasolina. Sudáfrica, con dos millones de hectáreas, es el único país africano donde está permitido cultivar transgénicos.*

*En Francia confirmaron en marzo de 2008 la prohibición de cultivar maíz. En el año 2007, Polonia y Chile plantaron sus primeros transgénicos. Está previsto que Australia levante en breve las prohibiciones que tenía sobre estos cultivos.*

*España fue el primer país europeo en cultivar transgénicos (el maíz Bt se plantó en 1998). Actualmente el 15 % del maíz que se cultiva en España es transgénico; el 90 % se reparte entre Cataluña, Aragón y Castilla-La Mancha.*

*Por lo que respecta a las cuestiones legales de los alimentos transgénicos, las legislaciones de Estados Unidos y Europa mantienen puntos de vista diferentes. En los EE.UU. analizan si el alimento es seguro y, si lo es, lo tratan como un alimento tradicional, por lo tanto, no lo indican en la etiqueta. En cambio, en Europa la legislación es más restrictiva y, además de la seguridad, tiene en cuenta explícitamente, en el caso de alimentos transgénicos, que son organismos genéticamente modificados.*

### EL CULTIVO DE TRANSGÉNICOS SE CONVIERTE EN POLÉMICO

*Los OGM se han encontrado con serias resistencias en muchas partes del mundo. Sin ir más lejos, en Europa hay una gran desconfianza ante los alimentos hechos con productos genéticamente modificados, que en cambio son muy comunes en EEUU. Hasta un 25 % de todos los cultivos norteamericanos eran transgénicos el año 2007. Un caso similar de la aplicación de esta tecnología es Brasil, donde los transgénicos representan el 28 % de sus cultivos. Este hecho ha causado problemas con la importación de ciertos alimentos de estos países a Europa y numerosas disputas políticas. El hecho de que Europa no quiera comprar transgénicos, por ejemplo, afecta mucho la economía argentina y la de otros países sudamericanos, que han hecho una apuesta fuerte por estos cultivos. Todo eso hace que no desaparezcan las presiones para que cambien las regulaciones europeas. Europa importa una gran cantidad de maíz y otros cultivos de todo el mundo.*

*¿Por qué esta resistencia europea a adoptar los OGM? La respuesta a esta pregunta hay que buscarla en la percepción que el público tiene de los alimentos transgénicos: se ven como un peligro para el consumidor, sin que nadie pueda decir exactamente qué es lo que tienen de nocivos.*

*El debate se parece a otros que se han visto antes, como el de la energía nuclear. El problema no es desconfiar de los avances científicos, sino de poder estar seguros de que no representan ningún riesgo a largo plazo para la salud. Los OGM son relativamente nuevos (el primer algodón transgénico empezó a cultivarse en 1996); por ello, la gente considera que aún no se sabe lo suficiente respecto de sus riesgos. La población sigue considerando que los productos benefician más a las empresas que a los consumidores, por lo que desconfía del poder de la industria para manipular los informes científicos.*

*Es cierto que, si se pudieran conseguir cultivos más eficientes jugando con sus genes, podrían solucionarse muchos problemas de hambre en el mundo, pero también lo es el hecho de que resulta difícil separarlos de los beneficios económicos que implican, sobre todo en países donde los transgénicos son parte importante de lo que se planta, como es el caso de EEUU. Esta es una de las razones por las que la gente sigue a la defensiva.*

*Aunque los artículos independientes publicados hasta ahora indican que los OGM no afectan negativamente a los humanos, aún no se conoce qué impacto pueden tener desde el punto de vista ecológico, lo que podría constituir otro gran problema. Prácticamente ningún estudio había revelado que el cultivo de transgénicos afectara seriamente al medio ambiente o a los consumidores hasta que en febrero de 2008 unos científicos de la Universidad de Arizona publicaron que habían encontrado en Misisipi y Arkansas una oruga resistente a la toxina especial que expresa el algodón transgénico Bt. Eso significaría que, gracias a un proceso de selección natural, las orugas que se comen el algodón han conseguido superar el ingenio humano que habíamos añadido a la planta.*

*Aún habrá que esperar unos años para saber si los OGM pueden ayudar a erradicar el hambre en el mundo, o si son un invento inútil incluso peligroso e imposible de controlar. Lo más importante es poder seguir experimentando con las máximas garantías de seguridad con el fin de evitar contaminaciones y resistencias. Hay gente que cree que vale la pena correr el riesgo cuando el beneficio potencial lo merece.*

*Otros sectores plantean que, mientras no se resuelvan estos problemas, es importante continuar con los métodos más tradicionales, al menos hasta que se tenga más información.*

**Actividad 10.** Después de haber leído el texto anterior, contesta las cuestiones:

**C1.** Haz un cuadro de doble columna y escribe en una las ventajas y en la otra los inconvenientes que se describen en el texto anterior. ¿Cuáles son los sectores que se verían beneficiados y cuáles los perjudicados por una ampliación y libre comercialización de los transgénicos? **C3.** ¿Conoces algún otro inconveniente atribuible a los transgénicos?

**C2.** Argumenta una opinión personal sobre el consumo de transgénicos.

### *¿Es posible manipular los genes de los animales?*

*Un nivel superior de manipulación genética sería la modificación de animales de una manera semejante a lo que se hace con las plantas. ¿Es posible? Las técnicas actuales nos permiten borrar uno o más genes de un ratón, al que se llama un ratón knockout. Es la mejor manera de descubrir cuál es la función específica que tiene un gen, eliminándolo podemos detectar los cambios que aparecen en un organismo cuando el gen no actúa y deducir así cuál es la función normal. También se puede hacer lo contrario, introducir un gen nuevo en el ADN del ratón, tal como se hace en las plantas transgénicas. Con esta técnica se han podido generar ratones más propensos a desarrollar un cáncer, resistentes a éste o que viven más tiempo del normal.*

*¿Cómo se puede generar un ratón modificado genéticamente? Se cogen células madre de un embrión de un ratón. Estas células se cultivan en el laboratorio y después se introduce el ADN que se desea. Este trozo de ADN puede llevar un gen nuevo o estar diseñado para eliminar un gen del ratón. El embrión resultante se implantará en el útero de una hembra y se dejará que se desarrolle normalmente. El ratón que nace tendrá la modificación deseada en muchas de sus células, pero no en todas. El objetivo es que las células reproductoras (las de los testículos y ovarios) las tengan, de manera que pasen las características deseadas a la descendencia. Después de la manipulación genética de la primera generación, es suficiente cruzar los ratones entre sí hasta conseguir un descendiente que tenga todas las células con el ADN modificado, tal como se pretende. Todo el proceso puede durar más o menos de diez a veinte meses, en función de la complejidad de cada caso.*

*Una aplicación de las técnicas fuera del laboratorio sería la modificación de animales para el consumo. La idea sería obtener vacas que dieran más leche o que tuvieran la carne más sabrosa. Hay otras posibilidades: se pueden conseguir mascotas sorprendentes introduciendo en el animal genes que no son de su especie, por ejemplo, hay ratones que expresan un gen de una raza de medusas, lo que los hace fluorescentes cuando se les pone bajo la luz ultravioleta. También se han obtenido peces transgénicos que son fluorescentes porque tienen el mismo gen de las medusas.*

*La moda de los animales fluorescentes ha continuado con cerdos, aparecidos el año 2007. Ahora bien, eso quiere decir que los cerdos también son capaces de pasar la alteración genética a la siguiente generación. Las mascotas fluorescentes pueden ser un buen negocio, pero ¿para qué nos sirven los cerdos fluorescentes? Se da el caso de que los cerdos son genéticamente muy parecidos a los humanos. Hace años que se propone y se investiga el uso de órganos de cerdo para trasplantes. Imaginemos que conseguimos detectar cuáles son los genes responsables del rechazo y podemos eliminarlos del genoma del cerdo utilizando las técnicas que hemos descrito. Tendríamos un cerdo transgénico del que se podría aprovechar mucho más que la carne. Uno de los problemas es que se deberían crear los transgénicos uno por uno en el laboratorio, un proceso largo y costoso. Pero si estas alteraciones se pasan a la descendencia, como en el caso de los cerdos fluorescentes, tendríamos un suministro continuo de órganos para trasplantes que podría salvar muchas vidas.*

*La siguiente pregunta sería: ¿podría hacerse lo mismo en humanos? ¿Podemos quitar parte del ADN de un individuo que lo haga más propenso a un cáncer o a la enfermedad de Alzheimer? ¿Podríamos añadir genes que prolongan la vida? El procedimiento debería ser muy semejante al utilizado con ratones. Primero, evidentemente, habría que conocer muy bien las funciones del gen que queremos eliminar o introducir (la mayoría de genes desarrollan una sola función en el organismo); en segundo lugar, muchos rasgos físicos que caracterizan un individuo están regulados por más de un gen que actúan de manera*

*coordinada y, por último, hay muchas barreras técnicas; pero, sobre todo, este tipo de manipulación genética iría en contra de todas las normas éticas y atentaría contra los derechos humanos más básicos. El hecho de alterar el contenido de un embrión humano en la actualidad está prohibido explícitamente en casi todos los países del mundo. Esta barrera es sólo formal y ¿se podría superar?*

**Actividad 11.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

**C1.** Haz un dibujo “parecido a un cómic” del procedimiento que se sigue para la obtención de un ratón transgénico.

**C2.** Valora el interés que pueda tener la obtención de mascotas modificadas genéticamente. ¿Las comprarías? ¿Crees que tendrían éxito comercial? Si la manipulación produjera animales transgénicos que no provocaran alergias, ¿lo valorarías de igual manera?

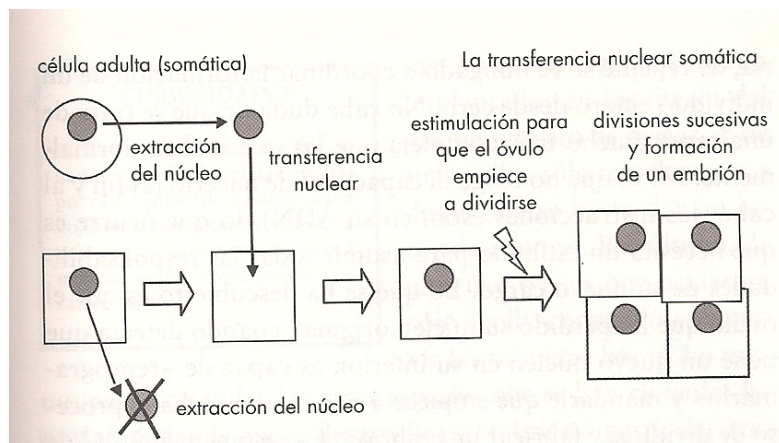
**C3.** ¿Qué tipo de inconvenientes o barreras se presentan para la manipulación genética en humanos? ¿En qué supuestos estarías de acuerdo en que se practicara?

### 3.4. CLONACIÓN Y CÉLULAS MADRE

Clonar individuos es obtener uno o más individuos a partir de una célula somática (no sexual) o de un núcleo de otro individuo, de manera que los individuos clonados son iguales o casi idénticos al original.

En los animales superiores, la única forma de reproducción es la sexual: las células de un animal proceden de la división repetida y acompañada de la diferenciación de una única célula inicial llamada cigoto. Una vez finalizado el desarrollo embrionario, las células han hecho un largo recorrido que las conduce a la especialización y hace que se parezcan poco a las primeras células que se originaron en las primeras fases del desarrollo embrionario; a lo largo de este camino han perdido la capacidad de generar nuevos individuos.

La obtención de manera artificial de mamíferos clónicos se puede hacer a partir de células embrionarias, que aún poseen todas las propiedades de la pluripotencia, es decir, aún conservan la capacidad de dividirse y diferenciarse. Pero en el año 1997 el equipo de Sir Ian Wilmut, del Roslin Institute de Edimburgo consiguió clonar a Dolly, una oveja, a partir de una célula de la glándula mamaria de una oveja adulta. La técnica que pusieron a punto los científicos escoceses recibe el nombre de *transferencia nuclear somática*.



Se trasplanta el núcleo de una célula somática (es decir, adulta) a un óvulo al que previamente se le ha extraído el núcleo. Recordemos que en la reproducción sexual es imprescindible que se junten los dos gametos. En el caso de la transferencia nuclear somática, el embrión empezará a partir de un óvulo con todos los cromosomas obtenidos de una sola célula de un "donante". Así pues, no es preciso que reciba una parte del ADN de un progenitor y la otra mitad del otro. El resultado es que el individuo tendrá el mismo ADN que el donante, en lugar de la mezcla de ADN de dos individuos. En resumen: el ADN de cualquiera de las células de un ser vivo no sirve para guiar un tipo celular concreto, sino que tiene los datos suficientes para volver a construir uno nuevo. Sólo hay que darle la oportunidad.

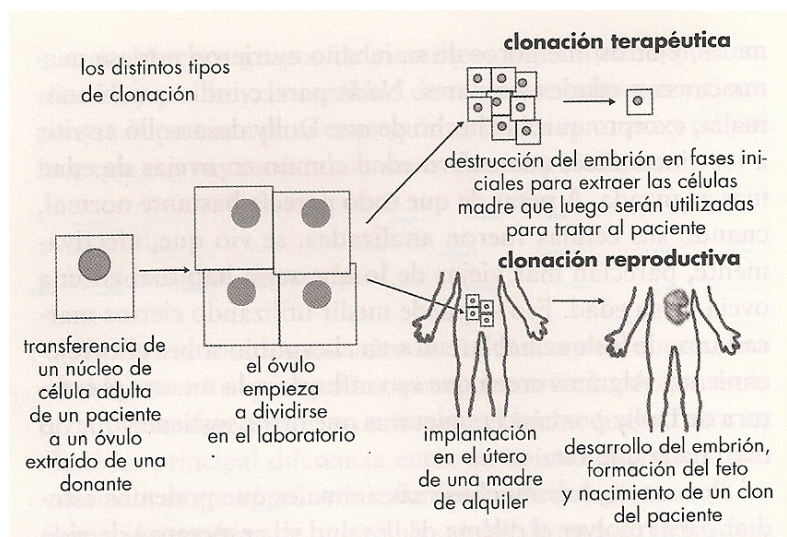
#### CURIOSIDADES

*En los últimos años se han clonado hasta 16 especies diferentes de mamíferos. Por orden alfabético son: búfalo, caballo, cabra, carpa, cerdo, ciervo, conejo, gato, lobo, mico, mosca, musmón, mula, perro, rata, vaca.*

Un hecho que no suele mencionarse es que para poder obtener una oveja clónica como Dolly se debieron manipular muchos óvulos en el laboratorio, en concreto 277. De ellos, sólo 29 dieron lugar a embriones, que se implantaron en el útero del mismo número de ovejas. Y de todos ellos sólo tres llegaron a desarrollarse hasta dar lugar a un individuo entero. Por último, de estas tres ovejas que nacieron, sólo la oveja Dolly consiguió sobrevivir las primeras horas.

Toda esta inversión de capital y esfuerzos en la clonación parece un gasto inútil. ¿De qué nos sirve poder engendrar animales genéticamente idénticos? Las técnicas de reproducción asistida han resuelto muchos de los problemas de reproducción en los humanos. Así que recurrir a la clonación para tener descendientes parece un recurso totalmente innecesario, por no decir éticamente discutible.

Sin embargo, lo que de verdad persiguen los científicos se encuentra en un campo un poco diferente, y es en el que se llama **clonación terapéutica**. En este caso de lo que se trata no es de producir un individuo completo a partir del núcleo de una célula adulta. El proceso de clonación se interrumpiría mucho antes, muy al principio, con el objetivo de obtener células del embrión en un estadio muy inicial llamado blastocito (una o dos semanas después de la transferencia nuclear). Que la clonación pueda tener alguna utilidad biomédica dependerá precisamente de nuestro conocimiento en el campo de las células madre.



### VOCABULARIO

**CLONACIÓN REPRODUCTIVA:** creación de un individuo genéticamente idéntico a otro. Se ha conseguido en animales, pero no en humanos.

**CLONACIÓN TERAPÉUTICA:** creación de células madre genéticamente idénticas a las células del paciente, con el objetivo de utilizarlas para poder tratar o curar una enfermedad sin que se produzca ningún rechazo. Todavía no se ha llevado a cabo en humanos, pero hay algunos resultados positivos en animales.

**TRANSFERENCIA NUCLEAR SOMÁTICA:** procedimiento por el que se recoge del núcleo de una célula cualquiera de un organismo adulto (célula somática) y se inserta en un óvulo al que previamente se le ha extraído el núcleo. Después de ser estimulado, el óvulo comenzará a dividirse y dará lugar a un embrión con exactamente la misma información genética que el donante adulto. Actualmente, es la técnica más utilizada en animales para realizar experimentos de clonación, tanto reproductiva como terapéutica.

Actividad 12. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

C1. ¿Cuáles son las técnicas que se utilizan en la clonación de organismos?

C2. Enumera las aplicaciones de la clonación. Además de las enunciadas en el texto, ¿puedes citar alguna más?

C3. ¿Qué aporta la clonación en la problemática del trasplante de órganos?

### Las células madre

De acuerdo con la teoría celular, toda célula procede de otra. Un organismo pluricelular empieza a crearse cuando una célula sexual masculina, el espermatozoide, fecunda una célula sexual femenina, el óvulo. De la célula que resulta de esta unión, el cigoto, se formará un embrión, que irá creciendo.

Si tomamos como ejemplo el ser humano: ¿cómo hemos pasado de una célula (el óvulo fecundado o cigoto) a un organismo formado por billones de células? Y lo que

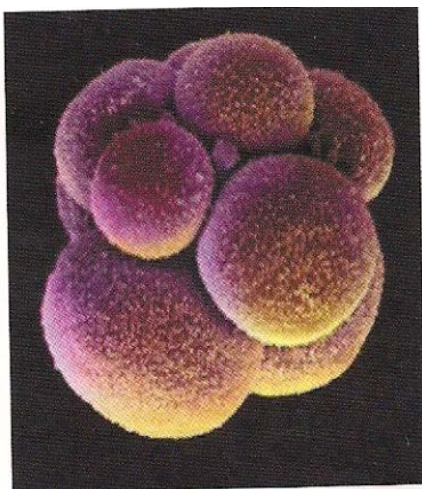
parece aún más sorprendente: ¿cómo puede ser que una sola célula inicial dé lugar a células tan diferentes entre sí como una célula hepática, una neurona o un glóbulo rojo? Se calcula que en el cuerpo humano hay más de 220 tipos de células diferentes y ninguna de ellas puede, cuando es adulta, llevar a cabo la función de otra. ¿De dónde procede tanta variedad?

En las fases iniciales del desarrollo embrionario, las células que forman el embrión son capaces de dividirse y convertirse poco a poco en cualquiera de las que necesitará el organismo. Esta capacidad es propia de las que denominamos *células madre*.

**CÉLULAS MADRE:** son células que no han completado su diferenciación, bien por formar parte del embrión de pocos días o por formar parte de las reservas naturales de células inmaduras en el organismo adulto.

El embrión está lleno de estas células tan especiales. Aún más, durante la primera semana estará sólo hecho de células madre que se duplicarán rápidamente y sin parar. Después, algunas de ellas empezarán a convertirse en otros tipos celulares. El embrión empezará a desarrollar una cabeza, unas extremidades, un corazón, un cerebro, etc. Es decir, que las células indefinidas del principio se diferenciarán, se especializarán y empezarán a adquirir las características que tendrán el resto de días que vivan. Dejan, por lo tanto, de ser células madre, células con capacidad de convertirse en el tipo que haga falta, para dar lugar a células adultas. Por esta capacidad de convertirse en cualquier tipo celular, se dice que las células madre son *totipotentes* (las iniciales, que pueden dar lugar también a los tejidos externos al embrión como la placenta) o *pluripotentes* (las que se convierten en cualquier tipo del embrión).

Resulta fácil percatarse de las ventajas que puede suponer controlar una célula con estos poderes tan especiales. Una célula madre, si sabemos motivarla, puede convertirse en cualquier otro tipo de célula que necesitemos. Por ejemplo, podríamos conseguir una neurona de la médula espinal para sustituir a otra que ha sido seccionada por accidente. Las neuronas no pueden dividirse, así que, cuando una se muere o se estropea, perdemos su función para siempre. Eso tiene unas consecuencias terribles como la paraplejia, o, si ocurre en el cerebro, cierto tipo de demencia.



Mórula: estado embrionario de los animales que se produce a partir del óvulo. En los humanos la mórula se produce 70 horas después del embrión.



Blastocito: En el desarrollo embrionario la fase posterior a la mórula es la formación del blastocito.



¿De dónde podemos conseguir estas células madre tan valiosas?

- En los **organismos adultos** quedan unas pocas. Se encuentran en la médula ósea. Estas células madre son las que dan lugar a todas las células que encontramos en la sangre. También hay otras partes del organismo que necesitan regenerarse, debido al desgaste a que se someten como, por ejemplo, la piel o el interior del tubo digestivo. En estos tejidos hay más células madre que en otros y se activan sólo cuando hacen falta células del tejido donde están ubicadas.
- **De un embrión:** En sus fases más iniciales, durante las dos primeras semanas, cuando el embrión no es mucho más que una pelota de un centenar de células. La existencia de bancos de embriones congelados excedentes de las técnicas de fecundación “in vitro” ha posibilitado las primeras investigaciones con células madre embrionarias y ha dado origen a un gran debate en el campo de la bioética sobre la aplicación de la clonación terapéutica en seres humanos con fines curativos.
- **Células madre procedentes del cordón umbilical.**
- **Células madre inducidas:** Se trata de células adultas especializadas que, después de ser sometidas a diferentes tratamientos, se desdiferencian y se transforman en células embrionarias pluripotentes.

*Nuestros cordones umbilicales tienen cierta cantidad de células madre. Estas células ya tienen nuestro ADN, como todas las demás de nuestro cuerpo, así que se haría innecesario personalizarlas transfiriendo núcleos de células adultas. Por ello, se han puesto de moda en todo el mundo los bancos de cordón umbilical y hay empresas que ofrecen el servicio de extracción y depósito por un precio relativamente módico con la esperanza de que tengan alguna utilidad futura.*

*¿Sirve para algo guardar cordón umbilical? Las propias compañías que ofrecen el servicio admiten que las aplicaciones actuales son limitadas. Es cierto que hay determinadas enfermedades infantiles infrecuentes que pueden tratarse con un trasplante de células madre. Así se ha conseguido en algunas leucemias (como alternativa al trasplante de médula ósea) y, en algún caso, de parálisis cerebral.*

*En la actualidad se han abierto líneas de investigación que estudian la posibilidad de utilizar células madre adultas en lugar de las embrionarias. Por desgracia, las células madre de adultos no son tan “buenas” como las de los embriones. Son más viejas y no tienen la misma capacidad. Aun así, es posible que, en las condiciones adecuadas, puedan dar los mismos resultados, por lo que se están haciendo muchos esfuerzos en esta dirección.*

*Por ejemplo, en febrero de 2008 se anunció en Finlandia que se habían extraído células madre de la grasa de un paciente y se había conseguido que crecieran y se transformaran en hueso. Este nuevo tejido había sido trasplantado a la mandíbula de un paciente para reparar un defecto que tenía. No se han publicado aún los detalles de un proceso tan complicado. Si se demuestra que es factible, podríamos con nuestras propias células “generar” tejido que una vez crecido y madurado, podría trasplantarse al lugar correspondiente.*

Una revolución más importante en este campo llegó a finales de 2007. Un grupo de la Universidad de Kioto, demostró que, introduciendo cuatro genes, se podía conseguir que una célula adulta de la piel se convirtiera en una célula con propiedades muy semejantes a las células madre, las llamadas células pluripotentes inducidas (iPS). Otro grupo de la Universidad de Wisconsin y otro de Harvard publicaban resultados semejantes.

Sin embargo, uno de los problemas que presenta este proceso es que uno de los cuatro genes que se ha activado en las células, llamado c-myc, ha sido relacionado con las causas de cáncer.



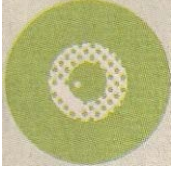
Los científicos coinciden en que hacen falta muchos años de estudio y trabajo para ver si las células pluripotentes son realmente la solución a los problemas técnicos y al dilema de la utilización de las células madre. Así, se calcula que convertir una célula cualquiera de un paciente en una pluripotente utilizando este método, puede costar unos 700.000 dólares y que tenerla a punto para poder trasplantarla al paciente puede requerir un trabajo de muchos años. Para convertirlo en un tratamiento viable, habría que reducir estas cifras de forma considerable.



Para solucionar los problemas éticos derivados de la obtención de células madre se están buscando alternativas que no impliquen la destrucción de embriones, como aislarlas del adulto o del cordón umbilical.

**Actividad 13.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

- C1. ¿Qué son las células pluripotentes inducidas? ¿Qué interés puede tener obtenerlas?
- C2. ¿Qué otras formas cita el texto que podrían utilizarse para la obtención de células totipotentes?
- C3. Haz una valoración crítica de lo que se dice en el texto anterior extraído de un artículo de prensa.

#### ESTADO ACTUAL DE LAS TERAPIAS CELULARES

	<b>CORAZÓN</b> BUENOS RESULTADOS	Su utilización está aún en fase preclínica, el tratamiento de enfermedades como el infarto agudo con células madre adultas es seguro, aunque los beneficios son bastante limitados
	<b>HÍGADO</b> TERAPIA EFECTIVA	En el caso de algunas hepatitis fulminantes, la aplicación de células adultas se ha demostrado como un opción efectiva para evitar el tener que recurrir al trasplante de todo el órgano
	<b>OFTALMOLOGÍA</b> BENEFICIOS DEMOSTRADOS	La especialidad de oftalmología es una de las que más se está beneficiando de la terapia celular, se ha conseguido evitar trasplantes de órganos gracias a la inyección de células

	<p><b>TRAUMATOLOGÍA</b></p> <p>UNA BUENA ALTERNATIVA</p>	<p><i>El área de traumatología es una de las áreas de la medicina donde se han conseguido mejores resultados. En problemas como las grandes fracturas o la necrosis de cadera, las células suponen una mejora</i></p>
	<p><b>DIABETES</b></p> <p>MEJOR CON INSULINA</p>	<p><i>Pese a los prometedores resultados que se esperaban del trasplante de células productoras de insulina, actualmente sigue siendo mejor recurrir a la hormona que soportar los efectos de la inmunodepresión</i></p>

### 3.5. TERAPIA GENÉTICA

Esta terapia consiste en la inclusión de genes en el cuerpo del paciente con el fin de solucionar alguna “deficiencia” en su genoma. Podemos decir que un “gen normal” se inserta en las células del órgano defectuoso del paciente para sustituir un gen que no funciona correctamente.

Sobre el papel esta estrategia se presenta, sin duda, como la solución perfecta para poder corregir enfermedades genéticas. Sin embargo, plantea aún muchos retos. Existen retos técnicos, ya que hay que llevar un gen a un tipo celular específico y conseguir que éste se exprese de forma correcta. Pero también plantea problemas de seguridad: los virus que hacen el papel de transportadores del gen, pueden causar respuestas inmunológicas mortales o inducir el cáncer por su manera de integración en el ADN celular.

## 4. BIOÉTICA

La bioética es la disciplina que estudia los problemas éticos planteados por el progreso científico de la biología y la medicina, así como las repercusiones sobre la sociedad y el sistema de valores.

La posibilidad de intervenir en la reproducción o en las características genéticas de los seres humanos tiene consecuencias éticas y sociales que es necesario tener en cuenta. En los últimos años, la investigación biológica ha conseguido abrir un camino que ha proporcionado importantes aplicaciones en la producción agrícola o ganadera y en el diagnóstico, tratamiento y curación de determinadas enfermedades. El debate está abierto en los medios de comunicación, y las informaciones que llegan a los ciudadanos pueden tener desde inexactitudes hasta errores interesados.

Conviene plantear los problemas en los términos justos con el fin de evitar caer en el entusiasmo inconsciente o en un rechazo miedoso.

Las técnicas descritas a lo largo del tema son en su mayoría posibilidades futuras que, en estos momentos, no se han llevado a cabo por razones técnicas; sin embargo, la investigación las desarrollará, en mayor o menor medida, en función de las decisiones que se adopten por parte de los responsables políticos, científicos, sociales, jurídicos, etc.

Después de la Segunda Guerra Mundial y como consecuencia de las terribles actividades experimentales que desarrollaron los nazis en seres humanos, se promulgó el *Código de Nuremberg*, del que emanan los conceptos de consentimiento voluntario, necesidad de experimentación previa, la obligación de evitar el sufrimiento, la adopción de medidas adecuadas, limitar la realización de la experimentación a determinadas personas, etc. Desde 1964, año de la **Declaración de Helsinki**, que define los principios básicos para toda investigación médica, se han sucedido acuerdos y convenios en la ONU y otros organismos internacionales.

EL 11 de noviembre del año 1997, la UNESCO aprobó la **Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos**. En el texto se hace referencia a la necesidad de educar a la sociedad en bioética y que haya en las instituciones comités de bioética que intervengan en la toma de decisiones. En el documento, firmado por 186 países, se destacan dos necesidades básicas:

- Promover la educación en bioética y concienciar a los individuos y a la sociedad de su responsabilidad en la defensa de la dignidad humana en temas relacionados con la biología, la genética y la medicina.
- Promover la creación de comités de bioética independientes, pluridisciplinarios y pluralistas.

En España, el año 1997 se firmó el llamado **Convenio de Oviedo** a instancias del Consejo de Europa para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones en la biología y la medicina.

Recientemente, se ha aprobado una ley que hace referencia al control sobre la investigación biomédica (Ley 14/2007 de 3 de julio). En esta ley se destaca:

- La regulación de los procedimientos para la donación y utilización de ovocitos, espermatozoides, preembriones, embriones y fetos humanos o sus células, tejidos y órganos con el objetivo de investigar con ellos.
- Disposición sobre el tratamiento y almacenamiento de muestras biológicas y biobancos.
- Disposiciones sobre el tratamiento de las personas que sean sometidas a procedimientos de investigación invasiva (que implique riesgos físicos o psíquicos).
- Principio de consentimiento informado, la protección de datos y confidencialidad.
- Se crea el Comité de Bioética de España, el Comité de Ética de la Investigación y la Comisión para la Donación y Utilización de Células y Tejidos Humanos.

Sea cual sea la evolución de las normas y garantías, se hace imprescindible el control social y democrático, que sólo es posible si los ciudadanos están debidamente informados y responde críticamente a los argumentos interesados o llenos de prejuicios.

Actividad 14. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

*C1. Define brevemente la bioética.*

*C2. Haz un esquema en el que aparezcan los principales acontecimientos relacionados con la bioética hasta ahora.*

*C3. ¿Cuáles son las principales necesidades en materia de bioética que destacan en el documento firmado por la UNESCO en noviembre de 1997?*

*C4. Busca en la página [www.boe.es](http://www.boe.es) la ley 14/2007 de 3 de julio (BOE de 4 de julio) las definiciones de: biobanco, consejo genético, preembrión, embrión, feto, muestra biológica, etc.*

## Tema 4

# VIVIR MÁS VIVIR MEJOR

Desarrollaremos este tema mediante el hilo conductor expuesto en el siguiente índice:

- [1. Una aproximación al concepto de salud](#)
- [2. Condicionantes de la salud 2.1. El ADN: estructura y replicación](#)
- [3. La enfermedad y sus tipos](#)
- [4. Tratamiento de enfermedades: fármacos y medicamentos](#)
  - [4.1. La industria farmacéutica. Patentes y genéricos](#)
- [5. El cáncer](#)
  - [5.1. ¿Quién tiene la culpa, los genes o el entorno?](#)
  - [5.2. Tratamientos del cáncer](#)
- [6. Las enfermedades de la opulencia](#)
- [7. Técnicas de reproducción asistida](#)
  - [7.1. Diagnóstico genético preimplantacional](#)
- [8. El sistema inmunitario: una lucha interna contra las moléculas extrañas](#)
  - [8.1. El virus de la inmunodeficiencia humana \(VIH\): un virus escurridizo](#)
  - [8.2. Trasplantes y solidaridad](#)

### 1. UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SALUD

*“Salud es el estado en que el organismo, libre de enfermedades, ejerce normalmente todas sus funciones” (definición del diccionario).*

*La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no tan sólo la ausencia de afecciones o enfermedades” (definición de la Organización Mundial de la Salud).*

*La salud pública se define como el arte y la ciencia de organizar y dirigir los esfuerzos de la comunidad, con la finalidad de prevenir, recuperar y rehabilitar el individuo y obtener un óptimo nivel de salud.*

*Enfermedad es cualquier alteración de la salud del individuo, es decir, la pérdida del equilibrio entre los aspectos físicos, mental y social.*

#### Actividad 1.

*Compara las anteriores definiciones y haz un breve comentario sobre las diferencias y di en qué se complementan.*

### Derechos y deberes de la salud

*Toda persona tiene derecho a la salud. Este derecho lo recoge la Declaración Universal de los Derechos Humanos y la carta de fundación de la OMS (Organización Mundial de la Salud) El tratado de Roma del 1957, que supuso la constitución de la Comunidad Económica Europea, también lo incluye de la misma manera que el artículo 51 de la Constitución española del 1978.*

*Para el ejercicio de este derecho, en el estado español hay un sistema de salud con financiación pública y de cobertura universal, al que tienen acceso todas las personas que viven en el país.*

*Este sistema tiene la obligación de garantizar el derecho básico de todo el mundo a la protección, la promoción y la asistencia a la salud, mediante los diferentes niveles de atención: la atención primaria, atención especializada y la atención a la salud pública.*

*Además de tener derecho a la salud, cada uno de nosotros tiene el deber de cuidar de su salud y responsabilizarse de ella. Este deber se ha de exigir sobre todo cuando se pueda derivar riesgos o perjuicios para la salud de las otras personas; en este sentido, es especialmente importante respetar las medidas sanitarias adoptadas de cara a la prevención de riesgos y a la protección.*

*Así pues, la salud es un valor tanto individual como de la sociedad de la que los ciudadanos forman parte. Los gobiernos han de reconocer, promover y establecer las normas jurídicas, responsabilidades y actuaciones públicas necesarias para garantizársela a los ciudadanos. Éstos, en el seno de las sociedades avanzadas, han de tener una conducta activa: adoptar hábitos saludables y hacer un uso adecuado de las prestaciones sanitarias.*

Una persona sana debe sentir bienestar en su anatomía y fisiología corporal; poseer armonía en su vida afectiva y en su mente, e integrarse en la sociedad y en el medio ambiente en la que está inmersa. Hay una percepción propia de la salud, variable para cada persona en función de sus umbrales de tolerancia y bienestar. Pero también hay una percepción estadística de salud que considera saludable unos valores estándar, normalizados, en una ciudad o país.

En todo caso, podemos acercarnos al concepto de salud revisando algunos datos de la Encuesta de Salud de España, comparándolas con las de la UE.

### Esperanza de vida:



*En el año 2002, la esperanza de vida en España fue de 79,9 años (83 años para las mujeres y 76,5 años para los hombres) una cifra solo superada en Italia y Suecia. La media de la UE es de 81,5 años para las mujeres y de 75 años para los hombres.*

*Con el aumento de la esperanza de vida, la preocupación de una gran parte de la población se ha trasladado de vivir más a vivir mejor, lo que de una manera un tanto ambigua se llama calidad de vida.*

### Percepción subjetiva de la salud:

La autovaloración que hacemos de nuestra salud es positiva en términos generales, pero lo es menos en el caso de las mujeres. Estos datos nos sitúan en una posición intermedia dentro de la Unión Europea.

Aunque hay condicionantes objetivos, se ha demostrado que cada persona percibe su estado de salud de manera subjetiva. Así, la sensación de pérdida de salud aumenta con la edad. También se ha podido documentar una relación entre los estudios y la percepción de la propia salud: a mayor grado de instrucción mejor percepción se tiene de la salud propia.

	Total 1993	Total 2003	Mujeres 2003	Hombres 2003
Muy bueno	10,8	11,2	9,8	12,7
Bueno	57,7	56,8	53,4	60,3
Regular	24,2	23,2	26,0	20,3
Malo	6,0	6,7	8,1	5,1
Muy malo	1,1	2,2	2,7	1,6

### Morbilidad:

Se puede definir el término morbilidad como la distribución de las enfermedades y las causas de su mortalidad. La tasa bruta de mortalidad en España se sitúa en unos 900 muertos por cada 100.000 habitantes. La mortalidad infantil es de 4,1 niños por cada 1000 niños nacidos vivos, la quinta inferior de la UE.

Según la OMS son muy diferentes las causas que provocan la muerte en diferentes zonas del planeta.

	España	México	Senegal
Enfermedades cardiovasculares	33,6	23,2	12,2
Enfermedades crónicas	30,9	38,4	9,9
Cáncer	26,6	12,3	5,4
Enfermedades contagiosas	4,7	15,3	62,1
Heridas	4,3	10,6	10,5

La elevada mortandad es consecuencia, sobre todo, de las deficientes condiciones higiénicas, de desnutrición y de las infecciones. La batalla contra las infecciones está muy lejos de ser ganada, ya que un elevado número de muertes podrían ser evitadas cada año con unas mínimas condiciones higiénicas y medicamentos asequibles. Además, cada minuto del día, doce niños mueren por desnutrición, más de seis millones al año.

**Actividad 2. Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:**

*C1. Formula algunas hipótesis sobre las causas de la alta esperanza de vida en España, en comparación con otros países de la UE.*

*C2. ¿Por qué crees que hay más mujeres que hombres que tienen la percepción mala o muy mala de la propia salud, tal como puedes ver en la tabla anterior?*



*C3. ¿Por qué existen estas diferencias en la mortandad entre los países que aparecen en la tabla?*

Un informe alerta sobre la disparidad en materia de expectativa de vida en los EE.UU.

*Hay buenas y malas noticias. La buena noticia es que muchos de los niños nacidos en los Estados Unidos a partir del 2020 podrían llegar a vivir 110 años. La mala noticia es que los niños de zonas interiores del país vivirán menos.*

*La disparidad entre ricos y pobres en materia de salud y educación ya se está traduciendo en diferencias en la expectativa de vida en diferentes regiones de los Estados Unidos, advirtieron los principales pensadores del ámbito médico de la conferencia anual del Milken Institute.*

*Esta “brecha biológica” se acentuará más en el transcurso de los próximos 20 años, a menos que esta nación se comprometa a ofrecer prestaciones asistenciales igualitarias a sus ciudadanos.*

*“En este momento hay estados de Estados Unidos donde la expectativa de vida es de 85 años y en otros es de 40, tan baja como la de cualquier lugar de mundo subdesarrollado, señaló Richard Klausner, presidente del Case Institute of Health. Necesitamos contar con un sistema en el que nadie quede sin asistencia médica.*

*Las expectativas de vida de la clase media americana se han duplicado en el transcurso de este siglo gracias a la efectividad de los antibióticos, las vacunas y los nuevos tratamientos cardiovasculares, que aumentan notablemente las probabilidades de sobrevivir a afecciones cardíacas graves.*

*En las próximas décadas, la medicina preventiva y los nuevos tratamientos redundarán en un aumento de las expectativas de vida para aquellos individuos que tengan un acceso al sistema de salud.*

Actividad 3. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

*C1. ¿A qué posibles causas se atribuye el aumento en las expectativas de vida?*

*C2. Señala a qué se deben las diferencias que se pueden dar en un mismo país respecto a las expectativas de vida.*

## 2. CONDICIONANTES DE LA SALUD

La salud de una persona depende básicamente de tres tipos de factores:

- **Estilo de vida individual.** Se entiende por estilo de vida individual el conjunto de actividades, comportamientos y/o actitudes característicos de un individuo o de una colectividad.

La adopción de uno u otro estilo de vida comporta distintos grados de riesgo sanitario, y modifica también el tipo de enfermedades a los que se ha de enfrentar una persona, es fácil de entender que, por ejemplo, deportes extremos suponen para quien los practica un mayor riesgo de accidentes, y que una dieta rica en grasas facilita la aparición de una enfermedad cardiaca.

- **Factores genéticos.** La información contenida en los genes determinará en buena parte el estado general de la salud del individuo. Si los genes presentan alteraciones en su estructura, se puede manifestar alguna patología.
- **Factores ambientales.** Que pueden ser factores muy diversos y que a los individuos les pueden influir de manera diferente.

Incluye tanto caracteres de ámbito **fisicoquímico** (humos, partículas, radiaciones, tanto de carácter natural como producidos por la actividad humana) como también del ámbito **psicológico** (estrés, conflictos familiares, etc.) y del ámbito social como la situación laboral, la integración social y la seguridad frente a los riesgos (bulling, robo, inseguridad ciudadana, corrupción, etc.).

No todos estos condicionantes tienen el mismo peso en la salud de las personas; en algunos casos, y dependiendo de la enfermedad, son determinantes, pero en otros sólo ejercen una influencia indirecta agravante del estado de salud.

#### Actividad 4.

*En la siguiente tabla se muestran las diferentes causas de muerte en España:*

		Hombres (%)	Mujeres (%)
Total defunciones	384.823	52	48
Enfermedades cardiovasculares	103.669	45,2	54,8
Cáncer	45.634	67,8	32,2
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	17.081	74'2	25'8
Demencia	12.184	30,5	69,5
Diabetes	10.099	39'7	60,3
Alzheimer	8.349	30,8	69,2
Neumonía	8.176	51'5	48'5
Insuficiencia renal	5.895	50,0	50,0
Accidentes de tráfico	5.478	76,9	23,1

Al conjunto de condicionantes examinados hasta ahora hay que añadir el hecho de que, disponer de una correcta información, contribuye a la mejora de la salud. Se trata de una información a la que se debe prestar más interés como demuestra el aumento de las consultas sobre temas sanitarios realizadas en Internet, así como información en suplementos de los periódicos de mayor tirada y otros medios de comunicación.

El cuadro siguiente compendia los hábitos de vida saludable que recomienda la OMS:

### *Decálogo de estilo de vida saludable*

#### *1. Vacunarse*

*Hay que seguir los planes de vacunación determinados por las organizaciones sanitarias, para evitar sufrir y transmitir enfermedades infecciosas.*

#### *2. Tener cuidado con la alimentación*

*Una alimentación correcta debe cumplir ciertas condiciones, como pueden ser la regularidad en las comidas y el seguimiento de dietas variadas y equilibradas, que se adapten a la actividad física que se desarrolla.*

#### *3. Realizar ejercicio físico*

*Debemos realizar un grado mínimo de actividad física, para mantener el peso adecuado y evitar la obesidad.*

#### *4. Evitar el consumo de drogas*

*No hay que consumir ningún tipo de sustancia adictiva, sea legal o no.*

#### *5. Controlar el estrés*

*Es bueno mantener un equilibrio entre las responsabilidades de trabajo y la vida personal, y reservar tiempo para gozar del ocio y el descanso adecuado.*

#### *6. Conocer el propio cuerpo y sus riesgos*

*Se debe conocer el historial sanitario personal y los antecedentes familiares de enfermedades.*

#### *7. Mantener una vida afectiva sexual sana*

*Hay que evitar las prácticas sexuales con riesgo para la salud y las situaciones en las que es posible la transmisión de enfermedades por vía sexual.*

#### *8. Adoptar medidas de seguridad y de protección*

*Se deben seguir las medidas de protección adecuadas para cada situación, como las de seguridad laboral, las de seguridad vial o las de cuidado frente a factores agresivos del medio, como por ejemplo, la radiación solar intensa.*

#### *9. Practicar hábitos de higiene*

*No debemos olvidarnos de la limpieza corporal ayuda a prevenir las infecciones. En un sentido amplio, incluye medidas más generales, como por ejemplo, vestir de manera adecuada a las condiciones del medio y a la actividad que se desarrolle.*

#### *10. Dar prioridad a las conductas preventivas*

*Hay que recordar que la mejor política de salud no es la que se centra en la curación de las enfermedades, sino la que procura evitarlas, mediante la adopción de conductas preventivas.*

### *El aumento de las expectativas de vida y su impacto social*

*Christofer J.L. Murray, de la Escuela de Salud pública de Harvard y Alan López, de la Organización Mundial de la Salud, son los autores de un trabajo de investigación que ofrece una visión de la salud de la población mundial. El trabajo pertenece al estudio llamado Global Burden Disease y en él se afirma que el mundo será más viejo en el 2020.*

*En los países desarrollados, el sector de 15 a 44 años descenderá, mientras que la población de 45 a 64 aumentará en un 26% y el de 65 o más años lo hará en un 71%. Por el contrario, en los países en desarrollo el número de niños y de adolescentes de menos de 15 años se incrementará en un 25%, mientras que el de adultos entre 45 y 59 años se incrementará en un 140%.*

*Grandes regiones del mundo, especialmente África y algunos países asiáticos son extremadamente jóvenes, donde la estructura de la población es producto de una alta fecundidad y una menor esperanza de vida.*

*En un reciente estudio de William Kattah, Jefe de Endocrinología de la Fundación Santa Fe de Bogotá, se afirma que las personas con más alta expectativa de vida se encuentran en regiones con un alto grado de desarrollo como Norte América, Europa, Oceanía y algunas zonas de Asia al este de Rusia. Países como Japón, Suiza o Suecia tienen las expectativas más altas del mundo tanto en hombres como en mujeres. El dr. Luis Arrans Santamaría, cree que, en el futuro, el envejecimiento de la población europea tenderá a aumentar. Los pueblos donde viven solamente personas entre 80 y 105 años ya son una realidad en varios países como Italia o España.*

#### *¿Cómo afectará esta situación al entorno del conjunto social?*

*Los trabajadores tratan de tener un balance entre vida y trabajo pero no reparan en su vida postlaboral. Hoy en día se espera que las personas de 65 años de los países desarrollados vivan unos 30 años más. Para ellos se hace indispensable pensar en el ahorro, la inversión y la planificación de cara esta etapa.*

*Esta planificación pasa por que el sistema de salud pública se prepare para una demanda asistencial mayor para atender a las personas mayores. Habrá, en pocos años, una creciente demanda de personal con capacidad en asistencia social a mayores, enfermeras, trabajadores sociales, médicos gerontólogos, traumatólogos y cuidadores.*

*Pero también habrá que planificar en otros ámbitos. El Ayuntamiento de Madrid realizó hace unos años un concurso llamado "Soluciones arquitectónicas para una sociedad longeva". Estimaban los organizadores que para el año 2050 habrá, por primera vez, más personas de 60 años que menores de 15 en todo el mundo. Se realizó una exposición en Madrid con los trabajos ganadores de 28 estudiantes de arquitectura de 210 países diferentes relacionados con la longevidad. El jurado estuvo formado por arquitectos y gerontólogos.*

#### *La seguridad social*

*El problema del futuro de la seguridad social preocupa en Europa desde hace tiempo. El sistema no está preparado para sostener a nuevos jubilados que viven cada vez más y han contribuido a los fondos de la seguridad social por una expectativa de vida calculada hace 30 años. Por eso los gobiernos ya han anotado en sus agendas llevar a cabo una profunda reforma de la Seguridad Social.*

*En España, cuando las empresas y los organismos del Estado deben recortar personal, ofrecen planes de jubilación anticipada o prejubilaciones para mayores de 50 años.*

*Desincentivar las jubilaciones anticipadas y establecer una pensión de viudedad para las parejas de hecho son las principales medidas que propone el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales para reformar la Seguridad Social. Algunos detractores de esta propuesta afirman que no es lo mismo para quien se jubila a los 65 años y ha empezado a trabajar a los 30 que aquel que ha empezado a los 14.*

*Pese a las diferentes opiniones que habrá que considerar, el gobierno deberá planificar a largo plazo un futuro que, gracias a los avances tecnológicos, se ve de gran longevidad para muchos ciudadanos españoles.*

Actividad 5. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

*C1. ¿Cuáles son los problemas que pueden aparecer como consecuencia de una población cada vez más vieja?*

*C2. ¿En qué ámbitos será necesario planificar en las sociedades técnicamente avanzadas para poder atender a una población cada vez más vieja?*

### 3. LA ENFERMEDAD Y SUS TIPOS

La enfermedad es trastorno físico o mental que provoca alteraciones en el funcionamiento normal del organismo, ya sea a nivel físico o a nivel psíquico. Patologías son los cambios que ocurren en el cuerpo a causa de la enfermedad.

Las causas de una enfermedad pueden ser externas (agentes patógenos y condiciones del ambiente) o internas (susceptibilidad del individuo, es decir, sus condiciones físicas o psíquicas a sufrir una enfermedad).

Enfermedades causadas por factores externos son:

- **Enfermedades infecciosas.** Provocadas por un agente patógeno biológico, físico o químico que ingresa en un organismo por contagio directo o indirecto.
- **Enfermedades sociales.** Afectan no sólo al individuo, sino también a la sociedad en su conjunto, tanto por las causas como por las consecuencias que comportan. Por ejemplo, las drogodependencias.
- **Enfermedades profesionales.**
- **Enfermedades causadas por traumatismos.** Son las alteraciones de la salud derivadas de accidentes que originan heridas, fracturas, etc.

Enfermedades causadas por factores internos:

- **Enfermedades funcionales.** Son las producidas por alteraciones en el funcionamiento de algún órgano del cuerpo. Por ejemplo, las enfermedades cardíacas.
- **Enfermedades nutricionales.** Son las ocasionadas por una alimentación deficiente o por malos hábitos alimentarios, como la obesidad.

- **Enfermedades mentales.** Se originan por trastornos en el funcionamiento del sistema nervioso y generan alteraciones en el comportamiento de las personas, con pérdida temporal o permanente de la capacidad de adaptación al medio que posee un individuo. Por ejemplo, la esquizofrenia.
- **Enfermedades congénitas y hereditarias.** Están provocadas por anomalías que suelen ocurrir en el proceso de gestación o el nacimiento. Las enfermedades hereditarias son transmitidas, a través de los genes, de padres a hijos, como el daltonismo o la hemofilia.

Otra manera de clasificar las enfermedades es por su impacto en la población. Así se distinguen:

- **Enfermedades esporádicas.** Se producen en casos puntuales o aislados en la población.
- **Enfermedades endémicas.** Son enfermedades infecciosas que, por lo general, aparecen habitualmente en una zona geográfica.
- **Enfermedades epidémicas.** Enfermedades infecciosas de duración corta que se propagan rápidamente, afectando a un gran número de personas.

**Actividad 6.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

*Lee el cuadro de enfermedades que aparece a continuación e intenta agruparlas utilizando los criterios que aparecen en la clasificación mostrada anteriormente*

Clasificación internacional de las enfermedades		
Tipo de enfermedad	Causa	Ejemplos
Infecciosas y parasitarias	Causadas por bacterias, virus, hongos, protozoos...	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cólera</li> <li>• Tuberculosis</li> <li>• Gripe</li> <li>• Herpes</li> <li>• Sida</li> <li>• Candidiasis</li> </ul>
Tumorales	Debidas a la falta de control de la proliferación celular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tumores benignos</li> <li>• Cáncer</li> </ul>
Sanguíneas e inmunológicas	Alteraciones de las células sanguíneas y del sistema inmunológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anemias</li> <li>• Coagulopatias</li> <li>• Inmunodeficiencias</li> <li>• Enfermedades autoinmunes</li> </ul>
Endocrinas nutricionales y metabólicas	Alteraciones de los órganos endocrinos, y de los sistemas enzimáticos y hormonales implicados en el metabolismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diabetes</li> <li>• Obesidad</li> <li>• Enfermedades del tiroides.</li> <li>• Fenilcetonuria</li> </ul>
Mentales	Alteraciones de los procesos racionales y afectivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depresión</li> <li>• Esquizofrenia</li> <li>• Trastornos por consumir drogas</li> <li>• Retraso mental</li> <li>• Demencias</li> </ul>
Del sistema nervioso	Alteraciones del cerebro, la médula espinal y los nervios periféricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meningitis</li> <li>• Neuropatías</li> <li>• Enfermedad de Parkinson</li> <li>• Enfermedad de Alzheimer</li> </ul>
De los órganos del sentidos	Alteraciones del ojo y el oído	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ceguera</li> <li>• Conjuntivitis</li> <li>• Retinopatías</li> <li>• Otitis</li> </ul>
Respiratorios	Alteraciones del sistema respiratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinusitis</li> <li>• Amigdalitis</li> <li>• Bronquitis</li> <li>• Enfisema</li> <li>• Asma</li> </ul>

Digestivas	Alteraciones del sistema digestivo	• Caries • Apendicitis • Enfermedad de Crohn • Úlcera • Cirrosis
Cutáneas	Alteraciones de la piel, del tejido subcutáneo y de los anexos (uñas, por ej.)	• Dermatitis • Urticaria • Eccema • Alopecia
Músculo- esqueléticas	Alteraciones de los huesos, los músculos y las articulaciones	• Artropatías • Miosistitis • Escoliosis • Osteoporosis
Genitourinarias	Alteraciones del riñón, de las vías urinarias, de la vejiga y del el aparato genital	• Endometriosis • Cálculos renales • Hidrocele • Patología de mama
Congénitas y genéticas	Alteraciones que se manifiestan desde el nacimiento con malformaciones y alteraciones de los nada y los cromosomas	• Labio leporino • Síndrome de Down • Anencefalia • Riñones poliquisticos
Lesiones y otros factores externos	Alteraciones provocadas por agentes externos	• Traumatismos • Intoxicaciones • Quemaduras • Congelaciones • Ahogamientos • Mordeduras

#### 4. TRATAMIENTO DE LAS ENFERMEDADES: FÁRMACOS Y MEDICAMENTOS

La farmacología es la ciencia que estudia las drogas, entendiendo por droga o fármaco todo agente químico que tiene una acción sobre el ser vivo.

Un medicamento es una preparación elaborada con drogas que, por su forma farmacéutica y dosis, se destina a la curación, el alivio, la prevención o la diagnosis de enfermedades de los seres vivos.

Las drogas conocidas hasta el momento no crean funciones nuevas en un organismo, ni tampoco modifican su constitución. Por ejemplo, una droga no cambia la función de una célula para la que está especializada. Una droga sólo actúa modificando las funciones de las células del organismo.

*Valorar la seguridad de un fármaco implica demostrar que no tenga efectos secundarios más graves que los de enfermedad que debe tratar. Valorar la efectividad es más subjetivo. En contra del que puede pensarse, la Food and Drug Administration (FDA) no pide que la nueva sustancia no sea capaz de curar la enfermedad para que el fármaco pueda ser aprobado. En el caso del cáncer, tradicionalmente se había utilizado como medida la capacidad de alargar significativamente la vida del paciente. Con los nuevos fármacos se ha bajado aún más el listón.*

En general, la acción se produce cuando la droga interacciona con ciertos componentes celulares, llamados receptores, ubicados en la superficie o el interior celular. Por tanto, no es extraño que haya una íntima relación entre la estructura química y la acción farmacológica de la droga y que sustancias de constitución química similar tengan efectos similares.

Pocos medicamentos se unen a un sólo tipo de receptor, la mayoría se une a diversos receptores, con efectos más o menos parecidos. Así, por ejemplo, un medicamento que es efectivo para

la alergia puede producir sueño al mismo tiempo, lo cual es un efecto secundario adverso.

Actualmente se buscan fármacos muy específicos, es decir, que se unan de manera específica a un tipo de receptor, con el fin de minimizar los efectos secundarios y conseguir el mayor beneficio.

#### 4.1. LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA. PATENTES Y GENÉRICOS

Buena parte de la investigación farmacológica la lleva a cabo la industria farmacéutica, grandes empresas multinacionales que generan gran cantidad de beneficios económicos. Estas empresas tienen departamentos de investigación en los que se crean y se ponen a prueba los nuevos fármacos antes de su consumo.

*La FDA (Food and Drug Administration) es el organismo que decide si es seguro y efectivo el uso generalizado de un nuevo fármaco en Estados Unidos. El equivalente europeo es la Agencia Europea de Medicamentos (EMA), con sede en Londres.*

##### FASES DE UN ESTUDIO CLÍNICO

0. *Primeras pruebas en humanos. Se da una sola dosis del fármaco, en una concentración de la que se cree que realmente será efectiva, a 10-15 voluntarios sanos.*
1. *Se suministran diferentes concentraciones del fármaco, en un entorno hospitalario y durante un tiempo prolongado, para evaluar los efectos secundarios, a 20-80 voluntarios normalmente sanos.*
2. *Una vez que se ha establecido que el fármaco es seguro, se evalúan los efectos positivos, mientras se siguen haciendo estudios de fase 1 en grupos más grandes; 20-300 voluntarios sanos y enfermos.*
3. *Se compara la eficacia con otros tratamientos ya probados anteriormente. Se llevan a cabo estudios en más de un centro a la vez, y en ocasiones en diferentes países. Un fármaco que supera satisfactoriamente un par de estudios de fase 3 suele aprobarse para el uso público.*
4. *Estudios de largo plazo una vez el fármaco ya se ha comercializado, para continuar evaluando la eficacia y seguridad. Algunos fármacos han sido retirados del mercado cuando un estudio en fase 4 ha detectado problemas no se habían presentado antes.*

Cuando una empresa crea un nuevo fármaco, es decir, descubre un principio activo aplicable a la curación de una enfermedad, solicita una **patente**. Una patente es un título otorgado por el estado. Confiere a su propietario el monopolio de la explotación industrial y comercial del invento de la patente durante un período de tiempo, que ha sido marcado por la Organización Multilateral de Comercio (OMC) para los medicamentos en un máximo de 20 años.

Para las empresas farmacéuticas, las patentes son un seguro para recuperar la inversión realizada en el descubrimiento y puesta en el mercado de un nuevo fármaco. Para los enfermos de los países pobres, y que son los que sufren más enfermedades, el acceso al medicamento de calidad a los que puedan acceder tiene una importancia vital. La mayoría de población pobre paga los medicamentos directamente de su bolsillo, ya que en muchos de estos países no hay ninguna financiación sanitaria o bien es muy precaria, y por tanto, un aumento en los precios de los medicamentos que toma, dificulta o imposibilita el seguir un tratamiento adecuado.



Los países en vías de desarrollo quieren industrias farmacéuticas propias para el abastecimiento de sus necesidades y luchan por reducir el sistema de patentes únicamente a los procesos de producción y no a las fórmulas de los productos farmacéuticos.

*En noviembre del 2003 se firmó en Doha (Qatar) El Acuerdo sobre los ADPIC y Salud Pública, conocidos como **Acuerdos de Doha**. Los acuerdos entre países y la industria farmacéuticas permiten atenuar o eliminar el sistema de patentes a medicamentos esenciales para los países en desarrollo. Uno de los acuerdos que contempla es que un país podría emitir una licencia obligatoria, es decir, saltarse la patente y fabricar o importar genéricos, sin sufrir ningún tipo de sanción, en caso "de emergencia sanitaria". Por ejemplo, los países del sur de África con tasas de infección por VIH en adultos superiores al 20%.*

A la India, primer fabricante mundial de medicamentos genéricos, se le acusa de no cumplir la Ley de Patentes de la OMC.

Las Especialidades Farmacéuticas Genéricas son medicamentos que contienen un principio activo cuya protección por patente ha acabado. Gracias a que los costes de investigación han sido amortizados por la comercialización del producto, durante el tiempo que ha estado en vigencia la patente, resulta posible fabricar un medicamento a coste más reducido y así permite tratamientos más económicos (entre 20-25% más baratos)

para los pacientes que acceden a ellos.

Los medicamentos genéricos tienen la misma calidad, seguridad y eficacia que los de marca.

Los envases de todas las Especialidades Farmacéuticas Genéricas deben estar etiquetados con el nombre de la sustancia química que lo compone, seguido de las siglas EFG.

España es uno de los países donde los genéricos cuentan en una menor presencia en su mercado farmacéutico. Actualmente representa un 8% con respecto al total, frente a los países más avanzados del mundo donde la presencia de medicamentos genéricos se sitúa alrededor del 50%.

Cuando el uso de los medicamentos genéricos se incremente en nuestro país, contribuiremos a la reducción del gasto farmacéutico. Los genéricos se han convertido en indispensables para alcanzar al sector médico y el correcto funcionamiento del Seguro Obligatorio de Enfermedad.

*La gran diferencia sanitaria entre un país desarrollado y otro en vías de desarrollo está en que el primero dispone de un buen sistema de atención sanitaria, generalmente gratuito, con niveles de competencia profesional en consonancia con su situación económica y donde el gasto farmacéutico público, aun siendo importante, no es decisivo. Por el contrario, un país subdesarrollado con recursos económicos limitados, destina gran parte de su presupuesto en salud al gasto en medicamentos para satisfacer las necesidades primarias de salud de sus habitantes. Los países en vías de desarrollo consideran que las patentes farmacéuticas son "inmorales", ya que protegen a los medicamentos de marca de las compañías farmacéuticas.*

*Algunas ONG consideran que los medicamentos que pueden obtener los países subdesarrollados, son aquéllos que llamaríamos de "primera línea", es decir, aquéllos que se recetan al principio del tratamiento. Pero son necesarios también los de "segunda línea", los que permiten a los enfermos de sida o tuberculosis mantener una aceptable calidad de vida, ya que son éstos los que los laboratorios no rebajan por ser los últimos que han sacado al mercado y de los que obtienen la mayoría de beneficios.*

Actividad 7. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

C1. ¿Cuáles son los argumentos de la industria farmacéutica para defender sus patentes?

C2. ¿Crees que las patentes ayudan a la investigación de nuevos fármacos? Razona tu respuesta.

C3. Si el mercado del medicamento está sometido sólo a las leyes del mercado, ¿habrá interés en investigar en enfermedades minoritarias?

## 5. EL CÁNCER

El cáncer es un crecimiento sin control de células malignas.

Técnicamente, en la mayoría de casos, el cáncer es una expansión clonal, es decir, una sola célula que se reproduce indefinidamente, de tal manera que las células del cáncer no son más que copias del original. Podríamos decir que la célula original se clona sin que se pueda detener.

La primera imagen que asociamos al cáncer es un tumor, una masa sólida, pero no siempre es así. Por ejemplo, los cánceres que se originan a partir de las células de la sangre como linfomas, leucemias o mielomas.

### ¿Qué es lo que convierte una célula normal en cancerosa?

El cáncer es una enfermedad genética, es la alteración en los genes de una célula lo que lo provoca. Las mutaciones del ADN causadas por agresiones ambientales o por la propia réplica del ADN pueden no producir cambios (mutación “silente”) sin consecuencias o bien provocar graves problemas.

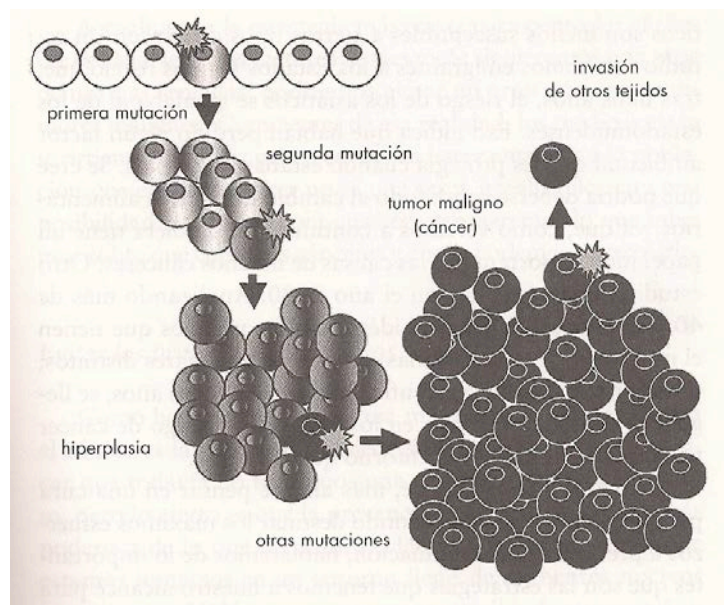
### ¿Cuáles son los efectos de la mutación?

Suponemos que el gen que ha mutado es el responsable de una proteína que participa en el crecimiento de una célula, de los que se activan cuando debe dividirse. Si la mutación provoca que se fabrique más proteína de la que es necesaria, lo que pasaría es que la célula no podría dejar de replicarse. Este tipo de gen mutado se llama oncogén.

#### ESPADAS DE DAMOCLES

Actualmente se conocen 350 genes de nuestro genoma que pueden participar en el desarrollo de un cáncer si llegan a mutar (según los datos de 2006 del Censo de Genes del Cáncer, que dirige el Singer Institute del Reino Unido).

Una célula con un oncogén activado se dividirá rápidamente y de manera repetida. Los oncogenes son los responsables del pistoletazo de salida del cáncer. Una célula con un oncogén activado se dividirá rápidamente y dará lugar a una célula hija. Ésta, por desgracia, tendrá la misma alteración en sus genes, ya que el ADN de la célula original se copiará letra por letra, incluso aquéllas que están equivocadas. Hemos pasado de tener una célula con una mutación, que crece sin control, a tener dos. Lógicamente, éstas se dividirán con rapidez y en poco tiempo tendremos 4, pronto 16, y después 256, etc., eso sí, todas ellas con el oncogén activado y con ganas de dividirse siguiendo una progresión geométrica imparable.



#### Vocabulario:

**CÁNCER (O NEOPLASIA):** Un tumor maligno.

**HIPERPLASIA:** Tumor benigno que no tiene las propiedades del cáncer: no invade los tejidos vecinos ni da metástasis, su crecimiento no es tan agresivo y normalmente no es fácil de extirpar, si se hace necesario. Los tumores benignos no siempre degeneran en cáncer, pero la hiperplasia sería el primer paso hacia un cáncer.

**TUMOR:** Masa sólida de células que ha crecido más de la cuenta. Un tumor puede ser benigno o maligno. Es benigno cuando las células anormales permanecen juntas y forman una masa única.

## Los supresores tumorales

Los “supresores tumorales” son proteínas que tienen como misión evitar que una célula pase a ser cancerosa. El principal es una proteína que conocemos con el nombre de proteína p53.

Cuando la p53 u otro supresor tumoral detecta que una célula está comportándose de manera extraña por una alteración del ADN, envía señales a las proteínas reparadoras del ADN o si no pueden activar un programa de suicidio celular (llamado apoptosis) y la célula trastornada se autoelimina.

### ¿Por qué acaba desarrollándose un cáncer?

Entonces, ¿por qué a pesar de la existencia de los supresores tumorales acaba desarrollándose un cáncer? Porque una segunda mutación desactiva nuestras defensas naturales. Por tanto, el cáncer se produce si se acumulan una serie de mutaciones progresivas en ciertos genes clave.

#### ES FÁCIL TENER CÁNCER

*Una de las teorías más aceptadas en la actualidad, propuesta por los investigadores Weinberg y Hanahan en el año 2000, es que la célula cancerosa como mínimo debe ser capaz de lo siguiente: dividirse continuamente, no responder a las señales que le indican que deje de dividirse, escapar a la apoptosis y otros mecanismos de supresión tumoral, convertirse en inmortal, generar vasos sanguíneos e invadir otros tejidos.*

*Así pues, para que la célula adquiera todos los poderes que necesita para formar un cáncer, muchos genes deben mutar y funcionar mal.*

*Que una sola célula sufra una mutación detrás de otra hasta devenir en cancerosa es estadísticamente muy difícil, pero en nuestro organismo hay billones de células, constantemente dividiéndose y sometidas a agresiones que pueden alterar el ADN. Si el cáncer fuera un trastorno fácil de adquirir todos tendríamos uno a los pocos años de vida (eso mismo es lo que pasa con los ratones si se les elimina de manera experimental el supresor p53 utilizando técnicas de manipulación genética).*

## CURIOSIDADES

### Una extraña forma de inmortalidad

*Para estudiar el cáncer, los científicos trabajan muy a menudo con células extraídas de pacientes. La ventaja es que estas células cancerosas son inmortales y se las puede hacer crecer y reproducirse en el laboratorio tantas veces como sea necesario. Es suficiente con alimentarlas y mantenerlas a la temperatura adecuada. Ahora bien, sólo las células más agresivas son capaces de seguir viviendo fuera del cuerpo.*

*Algunas de estas células son utilizadas por los científicos desde hace años y han contribuido inmensamente a nuestros conocimientos. Eso quiere decir que estamos estudiando el cáncer con células de pacientes que tal vez hace décadas que murieron, probablemente víctimas del mismo tumor que ahora continúa viviendo en nuestros laboratorios. El tumor ha conseguido sobrevivir a su huésped y convertirse realmente en inmortal.*

*Las primeras células que se consiguieron cultivar de esta manera fueron las de Henrietta Lacks en 1951, una mujer de 31 años con un cáncer de útero que murió ocho meses después de sacarle las células cancerosas en un biopsia. Ella no lo sabrá nunca, pero había iniciado una nueva era en la investigación del cáncer. Las células fueron bautizadas con el nombre de HeLa en su honor y a día de hoy aún son unas de las más utilizadas.*

El cáncer tiene un desarrollo lento y entre la primera mutación de la célula y los primeros síntomas pueden pasar años.

En una última fase, el tumor maligno es capaz de hacer “metástasis” (aparición de colonias cancerosas en otras partes del cuerpo y que son las responsables de la muerte del paciente en el 90% de los casos).

## 5.1. ¿QUÉ TIENE LA CULPA, LOS GENES O EL ENTORNO?

La eterna pregunta es si el cáncer aparece por alguna predisposición en nuestros genes o se debe a los efectos tóxicos del entorno sobre nuestro ADN. La tendencia actual es creer que los factores ambientales tienen un papel más importante que los genéticos.

Actualmente, la estrategia más eficaz para controlar el cáncer es alejarse de los factores de riesgo.

## • Tabaco

En el mundo, el consumo de tabaco es la causa de cáncer más fácil de evitar. En la mayor parte de países desarrollados, el consumo de tabaco causa hasta el 30% de las muertes por cáncer. Más del 80% de los casos de cáncer de pulmón en los hombres, y el 45% de los casos en mujeres se deben al hábito de fumar.

El tabaco produce cáncer en muchos otros órganos, entre ellos la garganta, la boca, el páncreas, la vejiga de la orina, el estómago, el hígado y el riñón.

El estar expuesto al humo que generan los fumadores (fumador pasivo) aumenta en un 20% el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón entre las personas que no fuman.

El coste económico del tabaco, incluido el tratamiento de las enfermedades que produce y la menor productividad en el trabajo, derivadas de las enfermedades que ocasiona, es mayor que los ingresos fiscales que genera el tabaco.

### UN PLACER ASESINO

*Si todos los fumadores dejaran el tabaco, podría evitarse casi uno de cada tres cánceres en el mundo, mucho más de lo que podría conseguirse con el mejor fármaco.*

*Entre un 50% y un 70% de los fumadores acaban teniendo cáncer, eso es el equivalente a jugar en la ruleta rusa con dos o tres balas en el cargador de una pistola de seis tiros. Resulta difícil de justificar.*

*El consumo de tabaco es un problema de salud pública y justifica que la sociedad en su conjunto se interese por combatirlo.*

## • Dieta

En los países desarrollados un número de casos de cáncer tan importante como el atribuible al tabaco se relaciona con una alimentación inadecuada y un estilo de vida poco saludable.

El sobrepeso y la obesidad se asocian con una alta incidencia de cáncer de colon, mama, útero, esófago y riñón.

Un consumo excesivo de alcohol aumenta el riesgo de cáncer de la cavidad bucal, faringe, laringe, esófago, hígado y mama. En algunos tipos de cáncer el riesgo aumenta cuando la persona fuma.

La incidencia del cáncer de esófago ha bajado debido a una menor ingesta de sal y mejores condiciones de vida.

## • Infecciones

*El virus del papiloma humano, es un virus que se transmite muy bien por vía sexual y normalmente no da ningún tipo de síntoma en los hombres. De las mujeres infectadas, un número muy pequeño acabará desarrollando el cáncer de útero.*

*Por esta razón en el año 2007 se comercializó la primera vacuna que evita la infección. Hay que recibir la vacuna antes de iniciar la vida sexual.*

En el mundo, una quinta parte de los casos de cáncer se debe a las infecciones crónicas, especialmente por el virus de la hepatitis (hígado), los virus del papiloma humano (cuello uterino), el *Helicobacter pilori* (estómago), los equistosomas (vejiga), la fasciola hepática (vía biliar) y el virus de la inmunodeficiencia humana (sarcoma de Kaposi y linfoma).

## • Radiaciones

Otro factor de riesgo conocido es la exposición al sol. Por desgracia, la moda nos ha llevado a potenciar el tono moreno que se consigue en las playas. Como consecuencia, en las

últimas décadas ciertos tipos de cáncer de piel, que se sabe que están directamente influidos por los rayos ultravioleta del sol, se han convertido en un problema de salud importante. Protección y moderación en este sentido podrían evitar un gran número de casos, sobre todo en las personas que tienen la piel clara.

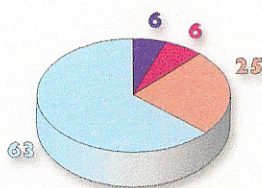
La mayoría de cánceres de piel suelen ser benignos, tienen un fácil diagnóstico y son fáciles de eliminar por cirugía. Sólo los melanomas, los cánceres de piel más agresivos, tienen mal pronóstico, por su gran capacidad para producir metástasis.

Aunque hay una controversia sobre si el melanoma está relacionado con las radiaciones, si que hay un consenso entre la comunidad científica: quemarse al sol durante la infancia incrementa notablemente el riesgo de melanoma.

**UN 43% DE LAS MUERTES POR CÁNCER SE DEBEN AL TABACO, LA DIETA Y LAS INFECCIONES**

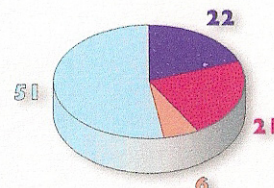
### África Subsahariana

Total: 37%



### Europa (septentrional, meridional y occidental)

Total: 49%



■ tabaco ■ dieta ■ infecciones ■ otras causas

**Desde una perspectiva global se justifica ampliamente centrar las actividades de prevención en torno a estos tres principales factores causales.**

### RECOMENDACIONES DE WCRF/AICR<sup>1</sup>(2008)

1. Intentar mantener la mínima grasa posible, dentro del rango "normal" de peso corporal.
2. Incorporar el ejercicio físico a la actividad diaria.
3. Limitar el consumo de alimentos ricos en calorías y bebidas azucaradas.
4. Comer dietas basadas sobre todo en vegetales.
5. Limitar el consumo de carnes rojas y alimentos procesados.
6. Reducir al máximo la ingesta de alcohol.
7. Limitar el consumo de sal.
8. No confiar en los suplementos para cubrir las deficiencias de nuestra dieta.

(1) WCRF: World Cancer Research Fund. Organismo internacional dedicado a la prevención del cáncer ([www.wcrf.org](http://www.wcrf.org))

AICR : American Institute Cancer Research. ([www.aicr.org](http://www.aicr.org))

Actividad 8. Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:

C1. Enuncia los factores evitables del riesgo de cáncer.

C2. Haz un cuadro donde aparezca el tipo de factor de riesgo y el cáncer sobre el que incide.

C3. Haz un comentario que relacione el estilo de vida y la aparición del cáncer.

## 5.2. TRATAMIENTOS DEL CÁNCER

a) Controlar los factores de riesgo

b) Detectar a tiempo el tumor

Para los tipos más importantes de cáncer hemos conseguido pruebas diagnósticas específicas:

Técnica:	Cáncer de:
Mamografía	mama
Colonoscopia. Test de la sangre en heces	colon
Prueba citológica de Papanicolau	matriz
TAC	pulmón
Tacto rectal y el PSA	próstata
Simple exploración visual	piel

*La prueba del PSA, la medida en sangre del antígeno prostático específico, detecta una proteína que en teoría secretan sólo las células cancerosas de la próstata. Pero se da el caso de que, en ocasiones, el PSA puede elevarse por motivos que no siempre están claros, lo cual lleva a que muchos hombres tengan que someterse a biopsias innecesarias para poder confirmar si existe o no tumor, con las incomodidades que esta prueba comporta.*

Los científicos trabajan tratando de descubrir nuevas técnicas y marcadores, pero algunos médicos son escépticos con respecto a la eficacia de algunas pruebas diagnósticas, ya que podrían dar falsos positivos que llevarían a que los enfermos recibieran tratamientos innecesarios.

c) Quimioterapia

La base de la quimioterapia radica en el hecho de que las células cancerosas son más sensibles a los tóxicos que las células normales. El primer quimioterápico utilizado fue el gas mostaza, un tóxico utilizado en la primera guerra mundial y que, según sabían los científicos, afectaba a las células de la sangre. Por ello, se pensó que las células tumorales que se dividen de manera más rápida que las de la sangre serían sensibles a este tóxico. Hasta el 1940 no fue utilizado con pacientes.

Hay muy pocos casos en los que la quimioterapia sea capaz de eliminar completamente un tumor (el cisplatino es muy eficaz en la eliminación del cáncer de testículo, el ácido retinoico que acaba con el 85% de un tipo de leucemia).

### TIPO DE REGÍMENES DE QUIMIOTERAPIA

**Adyuvante:** se suministra después de que se ha intervenido quirúrgicamente al paciente para extraerle el tumor. Sirve para reducir el riesgo de la reincidencia.

**Combinada:** se suele dar con la radioterapia o cirugía e incluye regímenes de diferentes agentes quimioterapéuticos juntos. Es la forma más frecuente.

**Neoadyuvante:** se da antes de la cirugía, con el objetivo de reducir la masa tumoral y facilitar así la intervención.

**Paliativa:** sin intención de curar, sólo se suministra para poder reducir el tumor y mejorar la calidad y la esperanza de vida del enfermo.

De todos es sabido que el problema más importante de la quimioterapia son sus efectos secundarios. La poca especificidad de las sustancias utilizadas provoca que, además de las células cancerosas también mueran muchas células sanas. Por eso se producen problemas como la caída del cabello, la anemia y los trastornos intestinales.

Desde que en los años 60 del siglo XX se descubrieran los primeros oncogenes -los genes mutantes que hacen que las células crezcan sin control- se trabaja con el diseño de fármacos que atacan sólo a las células malas y dejan tranquilas a las normales. Son las nuevas terapias del siglo XXI.

#### **d) Cirugía**

Consiste en la extirpación de la masa tumoral. Para que sea efectiva se ha de extirpar totalmente el tumor, con una aureola alrededor de tejido sano, para asegurarse de que no hay células tumorales.

#### **e) Radioterapia**

El principio de actuación es el mismo que la quimioterapia: dañar tanto como sea posible a las células cancerígenas que son más sensibles, y procurar que las demás no sean muy afectadas. También aquí estaremos utilizando un agente dañino para todo el organismo en general, la radiación, con un efecto curativo. Precisamente sabemos que la radiación daña el ADN de las células. Los efectos secundarios de la radioterapia son tan numerosos como los de la quimioterapia. Actualmente pueden controlarse hasta cierto punto utilizando estrategias para localizar al máximo el foco de la radiación.

Al igual que la quimioterapia, la radioterapia puede utilizarse como tratamiento único pero también como adyuvante (complemento de la quimioterapia y/o la cirugía) o como terapia paliativa, es decir, para reducir e intentar frenar los tumores que no pueden tratarse de otro modo.

#### **f) Tratamientos hormonales**

Dos de los cánceres más frecuentes suelen responder a una clase específica de fármacos: la terapia hormonal. Esto es así porque donde se originan, la próstata y la mama, dependen mucho del control de las hormonas sexuales, los andrógenos (masculinos) y los estrógenos (femeninos), respectivamente.

En los años 60 del s. XX, cuando se buscaban nuevos fármacos que pudieran ser utilizados como anticonceptivos, se utilizó un fármaco que tenía una capacidad selectiva para bloquear los estrógenos. Durante la década de los 70, se vio que era eficaz contra el cáncer de mama. Combinado con quimioterapia, es ahora el tratamiento preferente para un subtipo de cánceres de mama que dependen de los estrógenos para continuar creciendo.

De manera similar se pueden tratar los cánceres de próstata. Muchos de ellos son sensibles a la reducción hormonal, en este caso de andrógenos.

#### **g) Inmunoterapia**

El sistema inmunitario -nuestras defensas- actúa constantemente contra las células



tumorales. Cuando la célula se convierte en cancerosa empieza a exponer en su superficie una serie de proteínas que las células normales no tienen. Estas proteínas son detectadas por el sistema inmune que circulan vigilándolo todo. De hecho, una parte importante de los cánceres se dan cuando hay alteraciones en los genes encargados de suprimir tumores.

Una de las líneas de trabajo para combatir el cáncer se basa en obtener anticuerpos que actúan selectivamente sobre las células tumorales, mejorando nuestro sistema inmune estimulándolo de la misma manera que lo hacemos con las vacunas contra la gripe u otras enfermedades. La “idea” consistiría en “educar” a nuestro sistema inmune para que reconozca rápidamente las proteínas que exponen las células cancerosas y que cree una respuesta rápida y efectiva contra ellas.

Otra técnica posible sería la administración de ciertas sustancias químicas que tuvieran la capacidad de activar nuestro sistema inmune, de hacerlo más fuerte y activo de lo que es normalmente.

**Actividad 9.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

*C1. ¿Qué papel han jugado la Física y la Química en el tratamiento del cáncer?*

*C2. Razona por qué la diagnosis precoz de un cáncer, en general, mejora las posibilidades de curación. ¿Qué tipo de diagnosis por imagen se utiliza para detectar el cáncer de mama?*

*C3. ¿En qué se basa la acción terapéutica de la quimioterapia? Enumera qué efectos secundarios se presentan y por qué.*

## 6. LAS ENFERMEDADES DE LA OPULENCIA

### *La diabetes mellitus*

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica que se caracteriza por un aumento de la cantidad de glucosa en la sangre. En muchos países, la diabetes afecta a más del 4% de la población y consume hasta el 10% de los recursos sanitarios. El crecimiento de la implantación de la diabetes mellitus hace que se la considere como un fenómeno epidémico; una de las pandemias del siglo XXI. La cifra mundial de personas con diabetes crecerá desde 150 millones de estimación actual hasta 300 millones en 2025 y el incremento más acusado se producirá en países como la China e India.

La diabetes a la que nos referimos es la llamada **diabetes tipo 2**, la más frecuente (90% de todos los casos de diabetes). La diabetes tipo 2 aparece sobre todo en las personas adultas, de más cincuenta años, aunque recientemente se observa una tendencia a afectar a grupos de edad cada vez más jóvenes incluyendo a adolescentes y niños. La diabetes tipo 2 casi siempre se asocia a estilos de vida sedentarios y a la obesidad, no necesita tratamientos con la hormona insulina, al menos al principio de presentarse la enfermedad. **La diabetes tipo 1**, muy poco frecuente, es la diabetes aguda que afecta a niños y jóvenes, causada porque se destruyen las células productoras de la insulina y no hay insulina en sangre y, por tanto, siempre se requiere insulina para su tratamiento. Los dos tipos de diabetes tienen causas diferentes, pero comparten que en ellas se produce una alteración de la asimilación de azúcares especialmente

la glucosa, este azúcar no puede ser metabolizado de forma adecuada por las células del organismo y por eso se acumula en la sangre (hiperglucemia) y puede llegar a sobresalir en el riñón y aparecer en orina.

La diabetes tipo 2, si no se trata correctamente, favorece el desarrollo de problemas cardiovasculares. La principal causa de muerte en el diabético tipo 2 sin tratamiento es el infarto de miocardio. La diabetes tipo 1 no se puede prevenir, por el contrario, está claro que existen numerosos factores ambientales que pueden influir en la aparición de la diabetes tipo 2, la mayor parte de estos factores (exceso de peso, sedentarismo, abuso en el consumo de azúcares) se puede atenuar mediante una adecuada educación sanitaria.

### *La obesidad*

La obesidad es otro problema grave de salud que también está adquiriendo carácter epidémico en las sociedades desarrolladas y que no sólo afecta a adultos, sino que empieza a afectar a las poblaciones de niños y adolescentes. La obesidad siempre se debe a un exceso de acumulación de grasa en nuestro cuerpo. Pero la grasa en exceso se distribuye por nuestro organismo de acuerdo a dos patrones fundamentales: el patrón androide o en manzana, que es una acumulación de la grasa en la parte central del cuerpo, sobre todo en el vientre, más frecuente en el hombres, y el patrón ginoide o en pera, que se caracteriza por la acumulación de la grasa en la parte inferior del cuerpo, en muslos y caderas, más frecuentes en las mujeres. Todo exceso de peso afecta a la salud y predispone a numerosas enfermedades, pero aquella obesidad en la que la grasa se acumula en la tripa es un factor de riesgo cardiovascular de primera magnitud, sobre todo si se combina con otros factores como el tabaquismo, la hipertensión o la diabetes. Hoy se define el exceso de peso mediante el llamado “Índice de Masa Corporal” (IMC) que se obtiene dividiendo el peso en kilogramos por la estatura expresada en metros, elevada al cuadrado. Se consideran valores normales de IMC los inferiores a 25; cifras hasta 29 indican la existencia de un sobrepeso y valores a partir de 30 se diagnostican de obesidad. El grado de obesidad androide se valora a través de la medida del perímetro de la cintura, lo cual se puede hacer con una cinta métrica, situándola un centímetro por debajo de las costillas. Se consideran valores normales hasta 102 cm en el hombre y hasta 88 cm en la mujer. Por encima de estos valores, se diagnostica de sobrepeso en uno o el otro género, respectivamente.

### *La arteriosclerosis*

En algunos adultos, las grasas perjudiciales están por encima de valores normales y pueden depositarse en las paredes de las arterias, junto al calcio, bacterias y células, formando unas placas gruesas y rugosas que constituyen lo que se llama *arteriosclerosis*. Estas placas van creciendo y obstruyendo las arterias hasta que casi no puede pasar la sangre por su interior. Si este embotellamiento ocurre en una de las arterias del corazón (las coronarias), una parte de los músculos cardíacos se queda sin recibir sangre y se produce la muerte (infarto); si el embotellamiento ocurre en una arteria del cerebro se muere el tejido cerebral afectado (ictus).

### *La hiperlipemia*

Los términos hiperlipemia o dislipemia hacen referencia a las alteraciones de la cantidad de lípidos (grasas) que circulan por la sangre. Por el interior de nuestras arterias y venas viajan dos tipos fundamentales de lípidos: los triglicéridos y el colesterol. Estas grasas, como todas, son insolubles en agua y, por eso no pueden disolverse en la sangre. No tienen más remedio que navegar por el interior de vasos sanguíneos utilizando lipoproteínas, unas embarcaciones que los transportan. Los triglicéridos viajan fundamentalmente en unas lipoproteínas llamadas VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*, lipoproteína de muy baja densidad).

El colesterol utiliza dos tipos de lipoproteínas, las LDL (*Low Density Lipoprotein*, lipoproteína de baja densidad) y las HDL (*High Density Lipoprotein*, lipoproteína de alta densidad). Las LDL son, en términos sencillos, las embarcaciones que transportan el colesterol que puede pegarse a la pared de las arterias, por eso a este colesterol, que viaja en las LDL, se le califica popularmente como “colesterol malo”. Las HDL son las embarcaciones que transportan colesterol desde las arterias hasta el hígado y se le denomina “colesterol bueno” ya que cuando más de éste hay en la sangre, menos riesgo cardiovascular habrá. Los valores de colesterol “bueno” en HDL (mg/dL) deben ser superiores a 40 en el hombre y 50 en la mujer. Los valores de triglicéridos en sangre deben ser inferiores a 150 mg/dL para hombres y mujeres.

### *La hipertensión*

Otra de las enfermedades que acelera el proceso de la arteriosclerosis y favorece la enfermedad cardiovascular es la hipertensión. Se le llama “el enemigo silencioso” porque puede estar causando daño en nuestro organismo durante años, sin casi producir síntomas. La hipertensión afecta a una elevada proporción de las personas mayores de cincuenta años y es uno de los principales factores que pueden desencadenar a enfermedad cardiovascular. Por todo eso, el control de la presión arterial sería una práctica preventiva muy recomendable en personas por encima de los cuarenta años.

La sangre circula por nuestras arterias a golpes de presión, cuando a las arterias llega un chorro de sangre que bombea el corazón, las paredes de las arterias se dilatan por acumular la sangre y se consigue en sus paredes una presión que es la máxima, la más elevada. Esta presión no debe sobrepasar los 135 mmHg. Cuando la arteria, que es muy elástica, se contrae y se vacía este chorro de sangre, la presión en su interior es la más baja posible, presión mínima que no debe superar los 85 mmHg. Algunas personas tienen valores muy elevados de la presión de la sangre en sus arterias (más de 140/90 mmHg); tienen hipertensión. Este exceso de presión que actúa a lo largo de varios años altera la pared de las arterias y acelera el proceso de arteriosclerosis. El exceso de presión sobrecarga el corazón, que tiene que lanzar la sangre a una mayor presión y ocasiona que el músculo cardíaco aumente de tamaño (se hipertrofie) y reciba menos sangre de la que le correspondería. Este déficit en la cantidad de sangre aportada por las arterias coronarias puede ocasionar un infarto de miocardio. La hipertensión, al actuar sobre las arterias cerebrales puede provocar la ruptura de algún vaso y desencadenar una hemorragia cerebral.

### *El síndrome X o síndrome metabólico*

La diabetes, la obesidad, la hipertensión, la hiperlipemia o la arteriosclerosis no son enfermedades que se presenten de manera aislada y única, excepto en contadas ocasiones; es más frecuente que se presentan asociadas. Los procesos que conducen a estas enfermedades no se desarrollan de manera independiente unos de los otros, ya que cada uno de ellos puede acelerar o agravar al resto: la diabetes se perjudica por la obesidad; y el sobrepeso por las alteraciones de los lípidos; así sucesivamente, si se considera cualquier combinación de estas enfermedades.

A estas asociaciones, los médicos les han dado denominaciones un tanto exóticas como “tríada diabólica”, “cuarteto mortal” o “quinteto maligno”. Pero siempre se ha considerado que estas asociaciones eran casuales y que su coincidencia en personas de cierta edad se correspondía con manifestaciones del fenómeno general consecuencia del envejecimiento. En el año 1988, el médico y profesor norteamericano G. M. Reaven, describió lo que consideraba una nueva asociación de estas patologías: **el síndrome X**.

Por primera vez se ofrecía la posibilidad de contemplar estas enfermedades como una sola entidad. La causa única que explicaba el desarrollo de estas patologías y que justificaba su asociación en tantos pacientes era un fenómeno que no es difícil de comprender: la resistencia a la acción de la insulina o insulinoresistencia.

Si vamos a tratar un fenómeno de resistencia a la acción de la insulina, antes debemos presentar esta molécula. La insulina es una hormona que se produce en el páncreas, una víscera localizada al lado del estómago, justo en centro del vientre. La misión principal de la insulina es la de permitir la asimilación por el organismo de los nutrientes que ingerimos en los alimentos, en especial los azúcares. Cuando ingerimos alimentos ricos en azúcares, después de su digestión pasan a la sangre y resultado de esta digestión, la glucosa, pasa a la sangre a través de la pared del intestino.

La glucosa es la señal que regula la producción de insulina por el páncreas. Después de las comidas se produce un aumento de la glucosa en sangre, este incremento es captado por las células del páncreas que empiezan a liberar insulina y, en consecuencia, la cantidad de insulina en la sangre aumenta. Cuando las cifras de glucosa en sangre descienden, en los períodos de ayuno entre comidas, se inhiben las células del páncreas y dejan de secretar la hormona.

La insulina regula el metabolismo de la glucosa. En cualquier persona que no sufra de diabetes, los niveles de glucosa en sangre se mantienen constantes entre límites de 70 y 140 mg/dL, ya esté en ayunas como después de haber comido de forma abundante. La insulina funciona como una llave que, al actuar sobre determinadas cerraduras (*receptores*), que muchas células tienen en la membrana, abre unas compuertas (*sistemas de transporte*) que permiten la entrada de la glucosa al interior de las células y favorecen que estas células puedan utilizar la glucosa en sus reacciones o acumularla. El sistema que utiliza la célula para que penetre la glucosa son auténticos cañonazos moleculares que atraviesan las membranas celulares.

La insulina también promueve la utilización metabólica, el almacenamiento intracelular de las grasas y las proteínas.

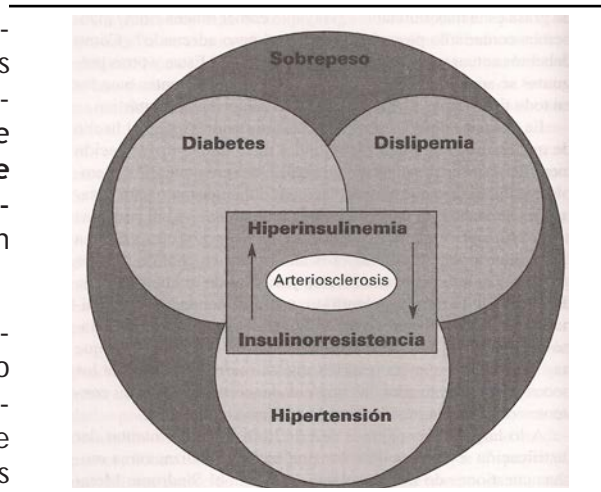
Como ya hemos comentado antes, en la diabetes tipo 1 no hay suficiente insulina y entonces hay que inyectarla. Si no hay llaves, las puertas no se abren, y la glucosa no penetra en las células y la glucosa no se puede asimilar, y en consecuencia se almacena en la sangre.

En la diabetes tipo 2, si que existe suficiente insulina en la sangre pero los pasos de las células (receptores de la insulina), no abren las compuertas celulares como es debido y la glucosa no penetra en el interior de las células a la velocidad que debería y no se puede asimilar normalmente. Este fenómeno se llama **insulinoresistencia** (la llave no es capaz de abrir el cerradura) y es la base para poder entender el síndrome metabólico.

La capacidad de la insulina para regular el metabolismo de la glucosa varía de unos individuos a otros. Es como la capacidad para detectar sonidos: unos individuos perciben sonidos extremadamente débiles, tienen una elevada sensibilidad auditiva; en el otro extremo están los sordos que tienen receptores auditivos capaces de detectar sólo los sonidos de enorme intensidad. En el caso de la insulina, el valor más pequeño para promover la asimilación metabólica de la glucosa (sordera a la insulina) se define como resistencia de los tejidos a la acción de la insulina: son los individuos **insulinoresistentes**. En el otro extremo, una elevada capacidad de la insulina para estimular la entrada de glucosa en las células, caracteriza una “elevada sensibilidad” de los tejidos a la acción de la insulina.

La cuestión que queda por analizar es cómo esta dificultad de la insulina para actuar sobre los receptores, es decir, la insulinoresistencia, puede desencadenar todas estas enfermedades que engloba el **síndrome metabólico**.

- Si la insulina no puede abrir la cerradura, no abre las compuertas celulares y la glucosa, después de las comidas permanece en la sangre consiguiendo que los valores sean elevados, se habla de hiperglucemia, que puede llegar a persistir durante varias horas después de cada comida. En la evolución normal de la diabetes el páncreas, para intentar vencer el problema de la insulinoresistencia, secreta gran cantidad de insulina (como respuesta a la “sordera”, el páncreas podríamos decir que grita más). Muchos de estos diabéticos tienen hiperglucemia a pesar de que por su sangre circula la insulina en concentraciones superiores a las normales en aquellas personas que no lo son. Años después, este exceso de trabajo acaba por agotar al páncreas que deja de secretar la hormona y el diabético necesita recibir las inyecciones diarias de insulina para sobrevivir.
- El exceso de insulina estimula la acumulación de grasa en los depósitos **adiposos**, sobre todo en la tripa.
- La insulina en elevadas concentraciones estimula la proliferación de la pared arterial y favorece la arteriosclerosis.
- La hiperinsulinemia aumenta la **presión arterial** por dos mecanismos: por una parte estimula la retención de sodio por el riñón y por otra, potencia el sistema simpático.
- La hiperinsulinemia, secundaria a la insulinoresistencia, y el exceso de ácidos grasos que le llegan a través de la vena porta, desde la **grasa perivisceral** (la de la tripa) hace que el **hígado des controle la producción de lipoproteínas transportadoras de los triglicéridos**, descontrol que también produce un descenso de las HDL (colesterol bueno).



Todos los especialistas aceptan que las alteraciones que comporta el Síndrome Metabólico tienen una fuerte carga hereditaria, pero también están de acuerdo en que sobre esta base genética deben actuar una serie de factores ambientales o de estilos de vida. Entonces, qué es lo que podemos hacer. Contra los genes, y, de momento, poca cosa; pero se puede intervenir sobre los factores desencadenantes, sobre las circunstancias ambientales que disparan el mecanismo oculto de la insulinoresistencia.

*La clave del Síndrome X o síndrome metabólico es la existencia de un estado de insulinoresistencia que ocasiona secundariamente una elevación de la cantidad de insulina en sangre, por encima de los valores normales (hiperinsulinemia). Este exceso de insulina al actuar, a lo largo de los años, sobre determinados órganos y tejidos va ocasionando la alteración que constituyen las principales manifestaciones del síndrome: sobrepeso, diabetes, dislipemia, hipertensión y arteriosclerosis.*

**Actividad 9.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

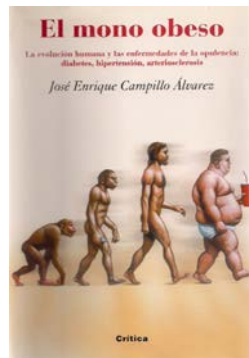
*C1. ¿Qué es la insulina? ¿Dónde se forma? ¿Cuál es su acción sobre las células?*

*C2. ¿Qué es la insulinoresistencia y qué consecuencias tendría sobre el páncreas?*

*C3. ¿Por qué las personas insulinoresistentes acaban necesitando la inyección de insulina?*

C4. Enumera qué órganos se pueden ver afectados por la insulinoresistencia y qué alteración se produciría en su funcionamiento.

C5. ¿Qué medidas se podrían tomar para combatir el síndrome X causado por la insulinoresistencia?



### MIRAR EL PASADO PARA COMPRENDER EL PRESENTE

La medicina darwinista o evolucionista es una rama de la ciencia médica que pretende el estudio de la enfermedad en el contexto de la evolución biológica. Aplicaremos el estudio de la medicina darwiniana para intentar comprender por qué los genes que predisponen a la insulinoresistencia están tan difundidos entre la especie humana y cómo esta circunstancia es capaz de ocasionar tantos problemas de salud en la actualidad y de qué manera podemos prevenir sus consecuencias.

Para introducirse en los principios en que se basa la medicina darwiniana considerando que el diseño actual del organismo humano (codificado en los genes), es el resultado de millones de años de evolución, imaginamos que la evolución es un ingeniero que diseña un prototipo de una máquina y que va adaptando sus mecanismos según las necesidades que le van surgiendo. Al final obtiene un diseño perfecto capaz de resolver todas las dificultades que se ha encontrado.

Nuestro diseño tuvo que evolucionar para responder a los cambios en el medio. Gran parte de las modificaciones de las condiciones ambientales que seleccionan nuestro diseño son producidas por el propio hombre. Por todo eso, la medicina evolucionista considera que muchas de las enfermedades que hoy sufrimos son consecuencia de la incompatibilidad entre el diseño evolutivo de nuestro organismo y el uso que hoy le damos. Por ejemplo, nuestro cuerpo está diseñado para caminar y correr, para sentarnos cuando estamos cansados y por dormir estirados. En nuestro aparato respiratorio, los bronquios están diseñados para que si penetra en su interior alguna partícula de polvo, algún humo o granos de polen que arrastra el viento, responda con la tos que elimina el contaminante. Pero si obligamos a los nuestros bronquios a recibir cada media hora a lo largo de varios minutos seguidos el humo de un cigarrillo, y además, lo hacemos llegar hasta las profundidades del pulmón mediante aspiraciones profundas se produce una alteración grave del diseño bronquial y acabará produciéndose una bronquitis y, cuanto menos, algo peor.

Otro ejemplo característico nos lo proporciona la variación genética que ocasiona un aumento de melanina en la piel. Tener mucha melanina en la piel es un punto ventajoso para los habitantes de las zonas tropicales, donde el elevado grado de insolación exige disponer de una mayor protección contra la radiación ultravioleta del sol, que es la causante de muchas quemaduras, así como el hecho de que algunas células de la piel pasen a ser cancerosas. Pero tener un exceso de melanina, por el contrario, no beneficia a los habitantes de las zonas frías del norte, donde

la baja intensidad de los rayos de sol aporta poca radiación ultravioleta. El motivo es que esta radiación, en dosis adecuadas, es necesaria para la síntesis de la vitamina D, uno de los factores esenciales que permiten la acumulación del calcio de los huesos. Por esta razón, en ambientes de baja insolación prosperan los individuos que tienen esta característica genética y por tanto son seleccionados aquellos que tienen la piel clara.

El concepto actual de la evolución biológica sugiere que, en la naturaleza, las variaciones más favorables desde un punto de vista orgánico son las que incrementan la probabilidad de supervivencia y de reproducción, estas variaciones serán preservadas y multiplicadas de generación en generación, acumulándose a causa de que sus portadores están mejor adaptados al medio y sobreviven y se reproducen con más eficacia. La selección natural tiene lugar como consecuencia de las diferencias en la supervivencia.

Pero, ¿es posible engañar a la selección natural? Un ejemplo particularmente significativo que explica como un hecho, aparentemente perjudicial, como la insulinoresistencia, podría llegar a ser beneficioso en determinadas condiciones lo encontramos en una enfermedad: la anemia falciforme.

La mayor parte de la hemoglobina de cualquier persona adulta, que se encuentra dentro de los glóbulos rojos de la sangre, es la hemoglobina A. Esta hemoglobina es perfectamente soluble en el líquido del interior del glóbulo rojo y cumple sus funciones. Una mutación que ocasione un simple cambio en sólo un aminoácido de los 146 que tiene la cadena de hemoglobina, modifica las propiedades de la molécula, reducirá su solubilidad, y eso ocasionará que se precipite dentro del glóbulo rojo y se rompa. Esta mutación es relativamente frecuente en zonas de paludismo endémico.

¿Por qué esta mutación, aparentemente desfavorable, no fue eliminada por selección natural? ¿Es que los sujetos portadores de esta mutación sobreviven más y se reproducen mejor? La respuesta a estas preguntas nos la da el hecho de que el parásito de la malaria, que inyecta al glóbulo un mosquito, se reproduce fácilmente en aquellos glóbulos que tienen la hemoglobina normal y lo hace con dificultades en los glóbulos que presentan la proteína insoluble. Así, los individuos que llevan esta mutación tienen menos probabilidades de sufrir la malaria, sobreviven con más frecuencia y en mejores condiciones; y, en consecuencia, se reproducen más y transmiten sus genes incluidos los de la hemoglobina anormal, a sus descendientes.

¿Qué sucede con respecto a la insulinoresistencia? De acuerdo con lo que estamos proponiendo, si los genes de la insulinoresistencia están en nuestro genoma es porque en algún momento de nuestra evolución algún individuo se beneficiaría de esta circunstancia. Puede ser, después de todo, que la insulinoresistencia no sea tan mala como parece y que su “potencial patógeno” sea más bien la consecuencia de alguna incompatibilidad. ¿Sería posible que hace millones de años, en algún período pasado de nuestra existencia, una cierta insulinoresistencia fuera imprescindible para vivir?

### Las etapas nutricionales de nuestra evolución

Tradicionalmente, cuando queremos poner énfasis en la importancia de la alimentación en nuestra salud, se dice “somos lo que comemos”. Pero desde una perspectiva evolutiva, quizás habría que decir “somos lo que comieron nuestros antepasados”. Cada cambio en la nutrición de las especies antepasadas fue consecuencia de las necesarias adaptaciones a las variaciones en el medio ambiente.

#### Primera etapa. El paraíso terrenal

Transcurre entre el Mioceno y el Pleistoceno (hace entre quince y seis millones de años).

El lugar, el bosque tropical y los protagonistas el *Ardipithecus ramidus* y el *Orrorin tugenensis*.

Esta etapa se corresponde con una fase de nuestra evolución caracterizada nutricionalmente por la abundancia permanente de alimentos, en su mayor parte de origen vegetal. Es posible que en esta fase se produjeran dos cambios que iniciaran el camino sin retorno hacia la hominización. La fusión de dos cromosomas del chimpancé (que tiene 24 parejas), para formar en nuestras células el gran cromosoma nº 2 (lo cual impediría que pudieran reproducirse nuestros ancestros con el resto de primates. La segunda modificación importante fue la reducción de los caninos, que permitía una particularidad aparentemente sin importancia, pero que facilitaba el movimiento lateral de la mandíbula inferior y una masticación más eficaz.

#### Segunda etapa: la expulsión del paraíso

Coincide con la pérdida de las selvas húmedas (hace cinco millones de años). Los cambios climáticos y las convulsiones geológicas produjeron el aislamiento y la evolución de nuestros antepasados en condiciones de alimentación pobre y escasa. La respuesta evolutiva frente este reto fue la bipedestación. Lo atestiguan los numerosos restos fósiles de aquella época hallados en África. La más famosa Lucy (*Australopithecus aferensis*) una hembra joven que vivió hace tres millones de años y de la que se conserva un esqueleto completo. En esta etapa es cuando de verdad nos enfrentamos a la escasez de alimentos, a los períodos de hambre que serían una constante en el resto de millones de años de evolución.

Podemos imaginar que cuando la Lucy y los suyos localizaban un bosquecillo lleno de árboles frutales repletos de frutas maduras, se atracaban hasta que no podían más, después durante la siesta hacían la digestión y una enorme cantidad de glucosa era absorbida por los intestinos. Una vez cubiertas las necesidades del cerebro, el exceso de azúcar penetraría rápidamente en las células adiposas transformándose en grasa que se acumularía en el tejido adiposo.

Según la hipótesis del “genotipo ahorrador”, formulada por primera vez por Neel en 1962, los ciclos de hambre y abundancia que sufrieran a lo largo de millones de años de evolución nuestros antepasados en aquel entorno de escasa disponibilidad de alimento, seleccionar un genotipo que, mediante mutaciones en los receptores de insulina o en determinados enzimas permitiera una ganancia rápida de grasa durante las épocas de abundancia de alimentos, y así estos depósitos de energía de reserva proporcionan ventajas de supervivencia y reproducción.

#### Tercera etapa: carnívoros a la fuerza

Hace dos millones de años, nuestros antepasados, a causa de la escasez de los alimentos de origen vegetal, se vieron en la obligación de alimentarse de animales terrestres y acuáticos. Eso, que fue una imposición de los cambios ambientales, ocasionó resultados sorprendentes: permitió que se desarrollara el cerebro. Este antepasado, que pertenecía al género HOMO, fue capaz de elaborar herramientas de piedra e iniciar un camino desde África para colonizar el resto del mundo.

#### Cuarta etapa. El retorno al paraíso alimentario.

Los antecesores del *Homo sapiens* abandonaron algún lugar de África hace 200.000 años y ocuparon el mundo desplazando y eliminando al resto de homínidos menos evolucionados. Hace unos 100.000 años colonizaron Europa y Asia y tuvieron que sufrir miles de años de glaciación alimentándose exclusivamente de la caza y la pesca. Hace unos 15.000 años que acabó la última glaciación y empieza el desarrollo de la agricultura y la ganadería y posteriormente la civilización. Todo eso permitió que los individuos de la especie



humana se encontrarán con una variedad de alimentos y una abundancia nunca conocidos desde que algunos de nuestros antecesores habitaran las selvas húmedas del trópico.

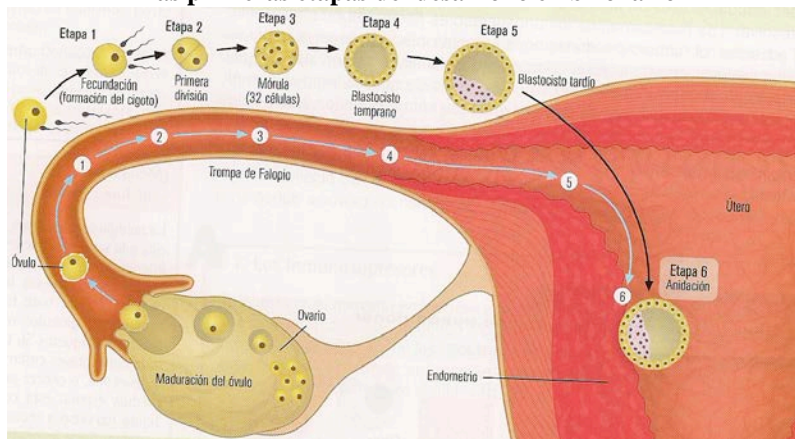
**Actividad 11.** Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

- C1. ¿Cuáles son los principios en que se basa la medicina evolucionista o darwinista?
- C2. Da argumentos de cómo la medicina darwinista explica que la anemia falciforme sea una enfermedad extendida en África.
- C3. ¿Por qué pasaría a ser adaptativa en un momento determinado la insulinoreistencia?

## 7. TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN ASISTIDA

Las técnicas de reproducción asistida pueden ayudar a las personas con problemas de fertilidad o de otro tipo y así ofrecerles la posibilidad de poder tener hijos. Gracias a los avances de la ciencia, son muchas las soluciones que hay para resolver la infertilidad femenina y masculina.

### Las primeras etapas del desarrollo embrionario



**Etapa 1.** Se produce en la trompa y es el encuentro entre el óvulo y el espermatozoide. El espermatozoide intenta atravesar la membrana, y si lo consigue, se forma una cubierta resistente que evita la penetración de otros espermatozoides (1). La fecundación concluye cuando los núcleos del óvulo y del espermatozoide se unen formando un sólo núcleo.

**Etapa 2.** La célula que resulta, el cigoto, sigue desplazándose por la trompa camino del útero y empieza a dividirse, al final del segundo día está formado por dos células que permanecen juntas.

**Etapa 3.** Las células continúan dividiéndose hasta formar un embrión de 32 células, llamado mórula debido a que recuerda el fruto de una mora.

**Etapa 4.** Se forma una cavidad en el interior de la mórula que adopta una forma hueca. Esta estructura se llama blastocisto primario.

**Etapa 5.** Un grupo de células se condensa en el interior del blastocisto y forma una masa compacta. Las células de esta masa originarán el embrión propiamente dicho, las células de la cubierta originarán las estructuras externas del embrión, como la placenta y el amnios, que tienen las funciones de nutrir y proteger al embrión.

**Etapa 6.** El embrión se implanta (nida) en la pared del útero que en este momento presenta un aspecto esponjoso, por haber aumentado su pared (el endometrio) para poder realizar este acontecimiento.

Actividad 12. Lee el texto anterior y contesta las cuestiones:

C1. ¿Cuáles son los elementos imprescindibles para que se produzca la fecundación y la posterior nidación?

C2. ¿En qué condiciones piensas que no podría producirse el encuentro entre el óvulo y los espermatozoides?

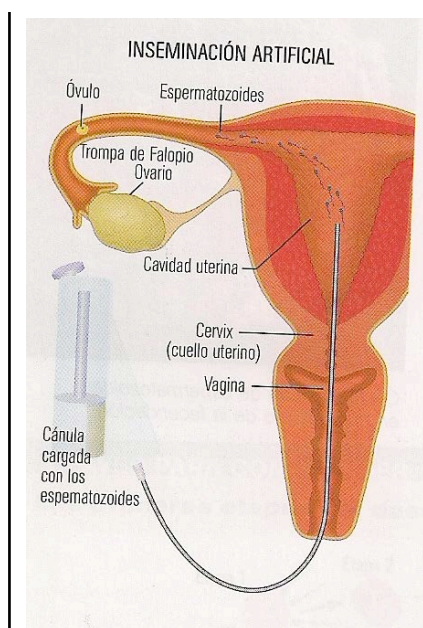
Las técnicas de reproducción asistida consisten en ayudar, transformar o sustituir los procesos que ocurren de manera espontánea en el aparato genital femenino mediante la manipulación ginecológica. No genera modificación alguna en el patrimonio genético del embrión humano. Entre estas técnicas tenemos:

- **La inseminación artificial**

La inseminación artificial es una técnica de reproducción asistida que consiste en el depósito en el interior del trato reproductor femenino de los espermatozoides, con el fin de acortar la distancia que deben recorrer hasta llegar al ovulo.

La inseminación artificial es un tratamiento muy sencillo que consiste en depositar una gran cantidad de espermatozoides móviles en el fondo del útero, para que puedan llegar suficientes al encuentro con el ovocito, ya que de esta manera evitamos que se pierdan por el camino, cosa que si ocurre de manera natural.

En realidad, al semen, además de concentrarlo (por eliminación del líquido del semen) se le capacita añadiéndole sustancias que tratan de aumentar la movilidad espermática así como mejorar la capacidad fecundante de los espermatozoides (sustitución por un medio de cultivo).



El éxito de la inseminación artificial depende del momento exacto en el que se van a depositar los espermatozoides en el fondo de la cavidad uterina, ya que será necesario que se encuentren con un óvulo que tenga capacidad de ser fecundado. Por ello, hay que controlar previamente el desarrollo de los folículos del ovario y calcular exactamente el momento de la ovulación.

¿Cómo se hace la inseminación? Una vez preparada la muestra de semen, se concentran los mejores espermatozoides y en un volumen muy reducido se carga una finísima cánula, para poder depositarla en la cavidad uterina; acto seguido, la cánula se introduce a través del cuello del útero (cérvix) hasta el fondo del útero y, una vez allí, se depositan los espermatozoides. El procedimiento de la inseminación

artificial no es doloroso. La cánula es mucho más fina que el orificio de entrada en el útero que además, en este momento del ciclo ovárico está completamente abierto.

Los resultados con esta técnica son de aproximadamente un 20% de gestaciones por ciclo de inseminación. Es decir, aproximadamente una de cada cinco mujeres queda embarazada al primer intento (una pareja también puede tardar uno o más meses en conseguir un nuevo embarazo. Más de la mitad de las pacientes quedan embarazadas cuando se llevan a cabo tres o cuatro ciclos de tratamiento.

- **La inseminación donante**

La Inseminación Artificial con Semen de Donante (I.A.D.) es un tratamiento de reproducción asistida que se lleva a cabo cuando no se pueden utilizar espermatozoides de la pareja.

El semen del donante se encuentra congelado en recipientes en el interior de tanques de nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}$  C. Realmente no es necesario congelar las muestras para hacer inseminaciones. De hecho, la congelación hace que se pierdan parte de los espermatozoides, pero este procedimiento se hace imprescindible, porque guardándolas, se pueden hacer analíticas al donante que permiten garantizar que no sufría ninguna enfermedad en el momento en el que hizo la donación.

Los resultados que se obtienen con esta técnica son de aproximadamente un 20% de gestaciones por ciclo de inseminación artificial.

Las mujeres sin pareja masculina que desean ser madres pueden acceder a las técnicas de reproducción asistida, ya que la legislación española así lo permite.

#### Aspectos legales

*En España, la Ley de Reproducción Asistida permite la utilización de gametos de donantes (espermatozoides y óvulos) para poder conseguir el embarazo.*

*La ley requiere que la valoración de los donantes y de las muestras de semen la lleven a cabo centros autorizados específicamente por el Ministerio de Sanidad, y que la donación se haga de manera anónima y altruista. En ningún caso el donante puede conocer la identidad de la pareja receptora, como tampoco la pareja receptora podrá conocer la identidad del donante.*

*Aunque la ley especifica que la donación de gametos es anónima y altruista, se acepta que los donantes puedan recibir alguna compensación, en concepto de pérdida de tiempo, molestias, etc.*

*Los donantes que forman parte de un banco de semen son seleccionados después de haber superado todos los controles sanitarios:*

- *Valoración de la calidad del semen y la resistencia de los espermatozoides a la congelación.*
- *Reconocimiento médico que incluye su historia clínica (antecedentes personales y familiares) y un examen físico.*
- *Estudio tanto a nivel sanguíneo como en semen de enfermedades de transmisión sexual.*
- *Determinar el grupo sanguíneo y Rh, así como el cariotipo de la sangre con el fin de comprobar que no hay ninguna cromosomopatía.*
- *Compromiso por parte del donante de repetirse una última analítica 6 meses después de la última donación, mientras tanto las muestras permanecerán en cuarentena hasta que la analítica sea correcta.*

*Los donantes firman un documento reconociendo todas las condiciones.*

*Los aspectos legales relacionados con la reproducción asistida aparecen en la ley 35/1988.*

- **La fecundación “in vitro” (FIV)**

El primer nacimiento mediante FIV, se produjo en Inglaterra en 1978. Desde entonces cientos de miles de niños y niñas han nacido gracias a esta técnica cuya seguridad de uso ha sido ampliamente demostrada.

La fecundación “in vitro” o FIV, consiste en juntar óvulos y espermatozoides en un medio de cultivo para que se fecunden, cuando de forma natural no pueden hacerlo por una disfunción del hombre o la mujer.

Podemos distinguir las siguientes fases:

**a) estimulación de la maduración de los óvulos en los ovarios mediante la administración diaria de hormonas.**

A la mujer se le pueden inyectar por vía subcutánea. El tiempo preciso es variable y suele oscilar entre 2 y 3 semanas. Durante este período se hacen controles con ecografías y análisis de la hormona estradiol en sangre. Estos datos permiten determinar el día correcto de la extracción de los óvulos.

**b) extracción de los óvulos de los ovarios.**

Se hace mediante punción y aspiración de los folículos ováricos (que es donde están los óvulos). Para ello se introduce una aguja a través de vagina hasta el folículo ovárico que se va a pinchar. Todo se hace bajo control visual ecográfico y previa sedación con anestesia. La mujer, está dormida durante 5-20 min y no debe ingresar en el hospital. Todo el proceso es ambulatorio.

**c) identificación de los óvulos.**

Los líquidos foliculares se observan al microscopio, en el laboratorio contiguo a la sala de punciones, para identificar los óvulos y conocer su estado de maduración.

Si la técnica que se va a utilizar es la ICSI (introducción de un espermatozoide en cada óvulo maduro), los óvulos se desnudan, es decir, se le separa de las células que le rodean como una membrana, llamada zona pelúcida. Si se va a efectuar la FIV clásica, no se desnudan.

**d) preparación del semen.**

Consiste en aislar los espermatozoides del resto de componentes del semen. En la técnica de FIV se ponen espermatozoides móviles en la placa donde están los óvulos con el medio de cultivo, es decir, el líquido con los elementos nutritivos adecuados. En la técnica de ICSI se introduce un espermatozoide en cada óvulo.

**e) observación de que sí se ha fecundado el óvulo.**

Se hace con el microscopio a las 16 - 20 horas de haber puesto los espermatozoides con los óvulos. Si se ven dos círculos, llamados pronúcleos, indica que el óvulo está fecundado.



### g) transferencia de los embriones al útero.

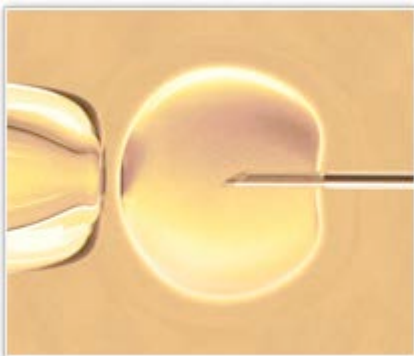
Los embriones fecundados, cultivados y seleccionados en el laboratorio, se transfieren al útero materno para que se implanten y continúen su desarrollo.

La transferencia de embriones se hace por vía vaginal. Se lleva a cabo en una sala de quirófano, pero no por las dificultades que comporta el proceso en sí, sino por la necesidad de trabajar bajo condiciones estrictas de esterilidad. De hecho no requiere ningún tipo de anestesia ni sedación ni tampoco hospitalización, en todo caso, una vez depositados los embriones en el útero, la paciente es llevada a su habitación para que guarde reposo durante 2-4 horas.

El número máximo de embriones a transferir los propone el médico, pero la decisión final la tiene la mujer. Se tiene en cuenta la edad de la mujer y los antecedentes de la pareja.

Los resultados con F.I.V. en pacientes de menos de 38 años y con una buena respuesta ovárica al tratamiento (más de 8 ovocitos maduros) se acercan al 70% de pruebas de embarazo positivas por ciclo y cuando se hacen hasta 4 intentos, la tasa de embarazos es superior al 90% por paciente.

#### • La microinyección espermática



La microinyección intracitoplasmática (intra cytoplasmic sperm injection) es una de las técnicas más nuevas y que mayor repercusión han tenido en el tratamiento de la infertilidad. El primer embarazo conseguido mediante esta técnica data de 1992. Hoy en día ya se cuentan por millares los niños y niñas nacidos gracias al ICSI.

El tratamiento ofrece a parejas con infertilidad debida a factor masculino severo y que veían anteriormente limitadas sus posibilidades de procreación mediante la fecundación in vitro (F.I.V) convencional.

Fundamentalmente la técnica consiste en la inyección de sólo un espermatozoide dentro del ovocito. El ICSI permite que si ningún espermatozoide puede penetrar por sí mismo dentro del óvulo y fecundarlo, nosotros podamos introducirlo con la ayuda de unos finísimos microcapilares (tan finos como un pelo) haciendo que lo fecunde.

El porcentaje de fecundación de los ovocitos maduros es de aproximadamente un 70%, lo que lo equipara a los porcentajes obtenidos en F.I.V. (60-70%). La elección de una técnica u otra (FIV o ICSI) en el laboratorio, debe realizarse en función de la historia médica de la pareja tratada.

La paciente, tanto si sus óvulos van a ser inseminados mediante FIV o mediante ICSI llevará idéntico tratamiento, ya que la única diferencia radica a nivel del laboratorio.

Aunque el desarrollo de esta técnica se encaminaba a tratar específicamente la infertilidad masculina, actualmente también puede aplicarse en todos aquellos casos

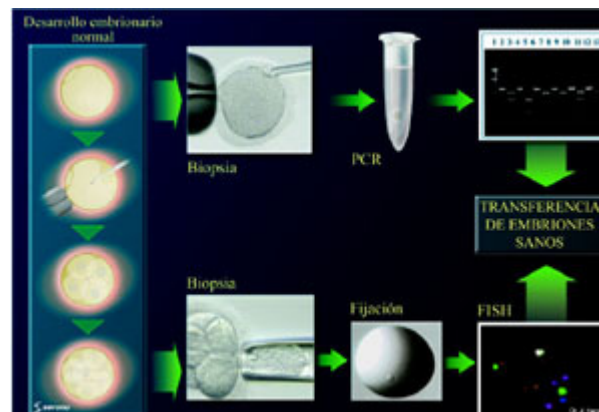
en los que pueda haber un fallo de fecundación después de realizar una FIV convencional.

Las actuales indicaciones para el ICSI incluyen tanto a aquellos pacientes que debido a una alteración en su función testicular o a la obstrucción de los conductos excretores, cuentan con un bajo número, morfología anormal y/o falta de movilidad en los espermatozoides del eyaculado.

## 7.1. DIAGNÓSTICO GENÉTICO PREIMPLANTACIONAL

### ¿Qué es?

El diagnóstico preimplantacional consiste en el estudio parcial de la constitución genética de un embrión antes que éste se transfiera al útero materno. La finalidad de este estudio es la de detectar los embriones afectados por una alteración genética o cromosómica concreta.



### ¿Cómo se hace?

La técnica utilizada consiste en biopsiar (coger una muestra) cada embrión cuando está en el estadio de 6-8 células. Utilizando una solución ácida se disuelve parcialmente la zona pelúcida (la cubierta del óvulo que se mantiene en el embrión).

A través del orificio hecho en la cubierta, se extraen una o dos de las células que forman el embrión propiamente. Se considera que aquellas células biopsiadas, y en concreto su núcleo, son una muestra fiable de la constitución genética de cada embrión. Mientras el resto del embrión se mantiene en cultivo (permanece en el laboratorio en las condiciones adecuadas para su supervivencia y crecimiento), se realiza el estudio del núcleo de la célula extraída.

### ¿Cuándo se aconseja?

Este procedimiento está reservado a aquellas parejas que: 1) sean portadoras o afectadas de una alteración cromosómica o genética que se pueda transmitir a sus descendientes; 2) que se planteen tener hijos no afectados de esta alteración genética; y 3) que deseen evitar la interrupción legal de una gestación.

### Límites del Diagnóstico Preimplantacional:

El diagnóstico preimplantacional queda regulado por la ley de Reproducción Asistida (Ley 35/1988). Aparte de los aspectos legales, hay que destacar que se trata de un estudio parcial del material genético, de manera que no informa de todas las alteraciones presentes.

*Ejemplos de casos hipotéticos:*

Es una técnica válida para parejas con riesgo de transmitir anomalías genéticas ligadas al cromosoma X (hemofilia, distrofia muscular de Duchenne; algún tipo de retinitis pigmentaria, etc.).

El diagnóstico preimplantacional permite clasificar los embriones según el sexo y transferir sólo aquéllos que no estén afectados. De forma similar se pueden diagnosticar, entre otros, las enfermedades ligadas al cromosoma Y, además de las alteraciones cromosómicas.

Actividad 13. Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:

C1. ¿Por qué crees que es necesario legislar sobre todos estos aspectos relacionados con las técnicas de reproducción asistida?

C2. La fecundación “in vitro” requiere manipular diversos óvulos para conseguir un embarazo viable, ¿qué problemas éticos plantea el destino que se debe dar a los óvulos que no se han utilizado?

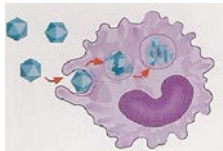
C3. El diagnóstico genético preimplantacional permite evitar enfermedades antes de que se manifiesten en el futuro bebé. ¿Se podría argumentar que es una técnica para seleccionar embriones con criterios discriminatorios y escoger sólo los más sanos?

## 8. EL SISTEMA INMUNITARIO: UNA LUCHA INTERNA CONTRA LAS MOLÉCULAS EXTRAÑAS

### Los glóbulos blancos.

Los glóbulos blancos de la sangre, a diferencia de los rojos, no presentan color, tienen núcleo y pueden abandonar el torrente circulatorio sanguíneo y pasar a los tejidos atravesando los capilares sanguíneos. Hay de dos tipos:

□ **Los fagocitos.** Envuelven los cuerpos extraños como bacterias, o virus y los digieren



□ **Linfocitos.** Hay de dos tipos, los **linfocitos B** que fabrican anticuerpos y los **linfocitos T**, que se encargan de destruir células infectadas o células cancerígenas



El organismo cuenta con la presencia de un sistema que lo defiende de las sustancias extrañas, o antígenos, que penetran a su interior. Es el sistema inmunitario.

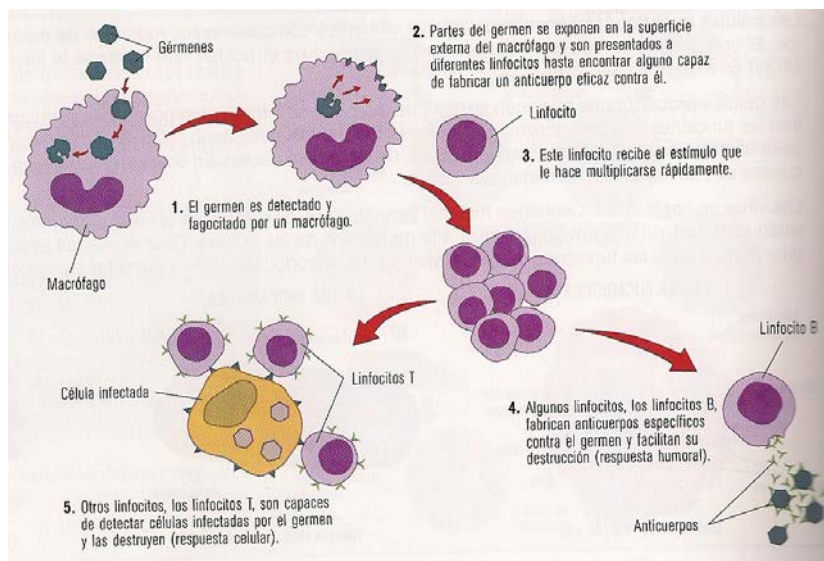
Cualquier microorganismo (bacterias o virus) que penetre en el interior del organismo atravesando las barreras naturales de nuestro cuerpo, como son la piel y las mucosas, presenta en su superficie proteínas u otras moléculas propias, diferentes a las de nuestro propio cuerpo, y que serán, por tanto, reconocidas como tales por el sistema inmunitario.

El componente más importante del sistema inmunitario son los glóbulos blancos de la sangre llamados **linfocitos**. Estas células tienen la capacidad

de reconocer cualquier elemento ajeno a nuestro cuerpo. Existen dos tipos de linfocitos. Los linfocitos tipo B y los linfocitos T. Cada uno de ellos actúa de forma diferente.

Los linfocitos B producen anticuerpos, que son unas proteínas, también llamadas inmunoglobulinas, que se unen a los antígenos.

## MECANISMO DE LA RESPUESTA INMUNITARIA



La primera vez que una persona se expone a un agente infeccioso (un antígeno) existe un período de tiempo de varios días, en el que se aprecia un aumento de anticuerpos y linfocitos T. Sin embargo, en un segundo contacto con él, se produce una respuesta mucho más intensa y rápida, como si el organismo recordara a este antígeno en particular. Esta persona se dice que está **sensibilizada** al antígeno y si se trata de una enfermedad se dice que es **inmune** a ella.

El virus del sida es letal porque destruye poco a poco el sistema inmunitario que debería proteger al organismo contra la infección de él mismo y otras infecciones.

### Actividad 14.

*C1. Define el concepto de antígeno y anticuerpo.*

*C2. El sistema inmunitario se caracteriza por ser: específico, diverso (tiene respuesta para muchas moléculas), distingue lo que es propio de lo que es extraño, y además tiene memoria. Explica qué quiere decir cada una de estas características.*



## 8.1. EL VIRUS DE LA INMUNODEFICIENCIA HUMANA (VIH): UN VIRUS ESCURRIDIZO

El virus VIH es el causante de la enfermedad del sida. Los primeros casos fueron detectados en 1981 en la ciudad de San Francisco. A cinco hombres que vivían en la ciudad se les diagnosticó un tipo de neumonía raro que, parecía que no respondía a los tratamientos habituales. En 1984, un equipo francés encabezado por Luc Montagnier, y otro americano, liderado por Robert Gallo, identificaron de forma independiente el virus que anulaba el sistema inmunitario.

La enfermedad se produce por la destrucción de las células del sistema inmunitario, los linfocitos T, porque es en ellos donde se replica el virus. Eso hace que se paralice el sistema inmunológico y nos deje sin defensas, es decir con el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida).

Varias semanas después de la infección se experimentan síntomas parecidos a los de la gripe; el sistema inmune intenta atacar, y el virus se retira para esconderse en los tejidos linfáticos.

La persona infectada por el virus permanece sana entre 5 y 15 años (es cuando decimos que es seropositivo), pero el VIH continúa replicándose en la retaguardia. Un buen día, el organismo es incapaz de defenderse y entonces sucumbe a todo un conjunto de enfermedades oportunistas, llamadas así porque se aprovechan del estado de debilidad del sistema inmunitario. Algunas de estas enfermedades son neumonía, extraños cánceres, infecciones por hongos, tuberculosis, etc.

El VIH se encuentra en los líquidos corporales: sangre, semen, fluidos vaginales y leche materna.

Existen tres formas de transmisión del virus: en **relaciones sexuales** con penetración, a través de la **sangre** -por el uso compartido de jeringas, o por transfusión de sangre contaminada- y la **perinatal**, de la madre al hijo durante el embarazo, el parto o la lactancia, aunque hay criaturas que escapan a la infección.

La vacunación contra el VIH aún puede tardar muchos años en llegar, porque se trata de un virus con mucha facilidad para mutar. Cuando el virus muta, cambia las proteínas de su cubierta (podríamos decir que es un disfraz) y los anticuerpos que se formaron como respuesta a una proteína anterior no sirven para las nuevas proteínas de la cubierta.

Karen Slobod y Julia Hurtwitz, proponen una estrategia que consistiría en exponer al sistema inmunitario a una gran variedad de proteínas de cubierta de diferentes mutaciones del VIH. La diversidad del virus conseguida por las mutaciones habrá que combatirla con una diversidad en la vacuna. Se está experimentado ya con decenas de proteínas diferentes hasta llegar a una vacuna que tenga más de cien proteínas diferentes, lo que se conoce como PolyEnb (polienvoltura).

Ya que la enfermedad no se puede curar, la mejor estrategia es la prevención. La prevención empieza por la información, la orientación y la detección precoz, mediante la realización de pruebas. También, por supuesto, con el uso de medidas barrera, como el preservativo y las jeringas estériles.

El panorama ha cambiado en los últimos años gracias a unos nuevos y potentes tratamientos **antiretrovirales**, con los que se ha conseguido un control del virus, parar la progresión de la enfermedad e iniciar la reconstrucción del sistema inmune del paciente. Desde que estos tratamientos se aprobaron a finales de los noventa, la mortalidad ha descendido de forma drástica en los países desarrollados. Si bien estas medicinas son accesibles para los países occidentales, no lo son por la gran mayoría de enfermos del sida del mundo.

#### *Algunas cifras del sida en África*

*El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) es la epidemia más destructora para el mundo, tanto por lo que respecta a las vidas humanas como por los recursos económicos y que, en consecuencia, los que más sufren son los países más desfavorecidos. Al año mueren 2,1 millones de personas por sida.*

*De los más de 36 millones de personas que sufren la enfermedad, un 95% viven en los países en desarrollo. Aunque en África sólo vive un 1% de la población mundial, se producen un 83% de las muertes por sida y 9 de cada 10 casos de nuevas infecciones causadas por el virus. La falta de tratamientos y profilaxis parece hacer irreversible el problema si no llega la cooperación internacional y proporciona fármacos baratos para tratamientos continuados, que mejoren la calidad de vida de los enfermos. En países donde toda la población no tiene acceso a antivirales, es frecuente la transmisión de madres a hijos (2000 recién nacidos nacen con el virus al día): en el mundo hay unos 2'5.*

**Actividad 15.** Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:

*C1. Explica la diferencia entre ser seropositivo y padecer la enfermedad del sida.*

*C2. ¿Por qué está resultando tan difícil encontrar una vacuna contra el VIH?*

*C3. ¿A qué factores sociales, políticos y económicos podemos atribuir la disparidad en la extensión del sida entre África y el resto del mundo?*

## 8.2. TRASPLANTES Y SOLIDARIDAD

Cuando un órgano no puede realizar correctamente su función, se presentan dos alternativas: reemplazar la función de este órgano mediante el uso de un sistema mecánico, como es el caso de la insuficiencia renal y la diálisis, o reemplazar el propio órgano.

Un **trasplante** es un tratamiento médico complejo que consiste en transportar órganos, tejidos o células de un lugar a otro dentro de un mismo individuo, o de un individuo a otro. En este apartado nos centraremos en el caso en que el individuo donante y el individuo receptor del órgano son distintos.

En función de la relación genética entre el **donante** y el **receptor**, se distinguen cuatro tipos:

- **Autotrasplante:** Es cuando el donante y el receptor son la misma persona. Se utilizan en este caso tejidos o partes de órganos como: piel, huesos, vasos sanguíneos o médula ósea, de una parte dañada a una sana.
- **Isotrasplante:** Se trata del caso en que donante y receptor son mellizos idénticos, que son genéticamente iguales.
- **Alotrasplante:** Cuando donante y receptor son individuos de la misma especie, pero no son genéticamente iguales. Este es el tipo de trasplante más común.
- **Xenotrasplante:** Cuando dador y receptor son de especies diferentes pero tienen una alta compatibilidad. Por ejemplo, el trasplante de válvulas cardíacas de cerdo en humanos.

### La donación de órganos y la solidaridad: una relación necesaria

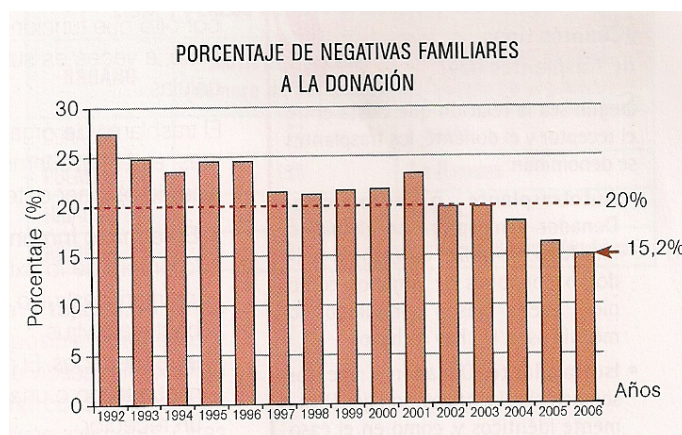
La técnica de los trasplantes está cada día mejor desarrollada y en la actualidad salva la vida a muchas personas que lo necesitan como último recurso para restaurar su salud.

El donante puede ser:

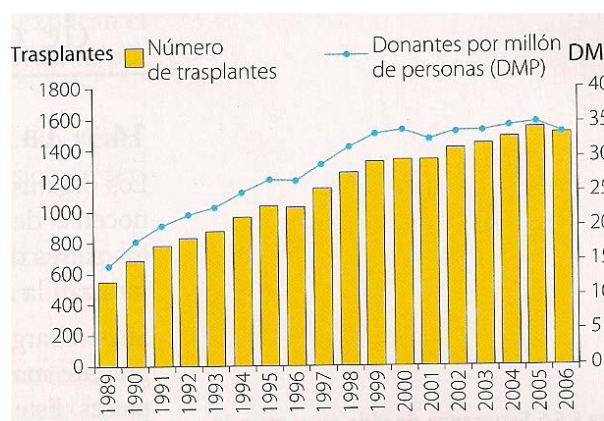
- una **persona viva**, relacionada genéticamente o no con el receptor; así es en los casos en los que se requiere un tejido renovable, como la piel o la médula ósea, una parte de un órgano que tiene regeneración, como el hígado, o bien un órgano par, como el riñón, dado que es posible vivir sólo con uno de los dos.
- una **persona con muerte cerebral**: el caso más habitual es el de una persona con muerte cerebral irreversible, es decir, una persona cuyo cerebro ha dejado de funcionar, pero que los latidos de su corazón se mantienen de forma artificial con el fin de mantener los órganos que van a ser trasplantados en condiciones óptimas.

La Ley que regula la donación de órganos España (Ley 30/1979. BOE nº 266) recoge, como puntos fundamentales:

- La definición científica, legal y ética de la muerte encefálica de un individuo.
- El respeto a la voluntad del que ha fallecido.
- Que el equipo que debe certificar la muerte cerebral debe ser diferente del que debe hacer el trasplante.
- Que la donación tenga un carácter altruista.
- Garantía del anonimato del donante.
- La aplicación de los criterios médicos para distribuir los órganos disponibles entre los posibles receptores.



### EVOLUCIÓN DEL NÚMERO Y LA TASA DE TRASPLANTES ESPAÑA



#### Cómo hacerse donante de órganos

*Cualquier persona puede hacerse donante de órganos: solamente hace falta cumplimentar la tarjeta de donante para dejar así constancia de su decisión. La edad para hacerlo es irrelevante -el donante puede ser desde un recién nacido a una persona de 70 años o más- pero el requisito imprescindible es tener buena salud y no sufrir cáncer ni ninguna enfermedad infecciosa o de causa poco clara que pueda ser transmitida con la donación.*

*En último término, la decisión depende de los parientes más próximos que son los que deben autorizar la extracción de los órganos, y dado que éstos, fuera del cuerpo, tienen una vida corta, se ha de actuar con rapidez con el fin de conservarlos adecuadamente y trasladarlos al lugar donde se encuentre el receptor.*

**Actividad 16.** Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:

- C1. Valora los puntos que aparecen como fundamentales en la ley de 1979 que regula los trasplantes.*
- C2. Comenta las gráficas anteriores y compáralas entre sí.*
- C3. ¿Por qué se hace necesaria la solidaridad para que se puedan donar órganos? ¿Quién debe ser solidario, el donante o la familia?*

*C4. ¿Qué se soluciona con la tarjeta de donante? ¿Es un documento necesario para la donación?*

*C5. La transfusión de sangre, de acuerdo con la definición dada, ¿sería un trasplante?*

*C6. ¿Por qué crees que hay gente que daría sus órganos, pero se resiste a dar sangre?*

*C7. Una fuente de órganos para trasplantes es la muerte en accidente de tráfico. Relaciona el éxito de las campañas de prevención de los accidentes de tráfico y los plazos y listas de espera para hacerse un trasplante.*

#### Actividad 17.

Busca información sobre la forma de obtener la tarjeta de donante de órganos en [www.ont.es](http://www.ont.es)

### Problemas que plantean los trasplantes

El principal problema que plantean los trasplantes es la **barrera inmunológica**.

Nuestro sistema inmunitario tiene la capacidad de distinguir lo que le es propio de lo que le es extraño, si los glóbulos blancos detectan cualquier molécula extraña, inmediatamente responden creando los anticuerpos que permiten destruirla. Esta capacidad es de enorme beneficio cuando lo que es extraño es un agente patógeno como un virus, una bacteria, etc. y así es posible superar muchas enfermedades; pero este sistema defensivo frente a las invasiones, también funciona cuando lo extraño es el órgano de un donante.

Cada persona es única, y, al igual que su cuerpo, tiene un aspecto físico determinado, la pared de cada célula presenta, en lenguaje químico, una clave que indica su individualidad. Parte de esta clave resulta ser característica de su especie, otra forma parte del tejido u órgano del que forma parte esta célula, y otra es propia del individuo.

Estas diferencias se ponen de manifiesto cuando una célula se encuentra con algo extraño, que es lo que origina el rechazo a los trasplantes.

Para que no se produzca el rechazo es imprescindible que donante y receptor sean lo más parecidos posible, es decir, que sean compatibles.

Para evitar el rechazo, se utilizan medicamentos llamados **inmunosupresores** (ciclosporinas, y otros), que las personas trasplantadas deben recibir de por vida. El exceso de estos inmunosupresores puede aumentar el riesgo de infecciones por organismos oportunistas que en general no lo hacen, pero si que lo harían en un paciente que tuviera las defensas disminuidas.

La UE financia una serie de proyectos que tienen el propósito de solucionar estas complicaciones. Un ejemplo es el proyecto Riset («Reprogramación del sistema inmunitario para el establecimiento de la tolerancia»), en el que se investigan pruebas y técnicas que podrían reducir el número de fármacos inmunosupresores que deben tomar los trasplantados.

**Una identificación en la membrana**

*Entre los años cincuenta y sesenta del siglo pasado se descubrieron los antígenos leucocitarios humanos (HLA del acrónimo inglés). Son moléculas que se encuentran en la superficie de casi todas las células de los tejidos de un individuo y también en los glóbulos blancos de la sangre.*

*Cumplen la función de reconocer lo que es propio de lo que es extraño y aseguran la respuesta inmune, capaces de defenderse de los agentes extraños causantes de las enfermedades, pero también de los tejidos u órganos trasplantados.*

*Para que dos personas sean compatibles, los antígenos presentes en cada uno de ellos deben ser idénticos o tener ciertas coincidencias. Esto es posible detectarlo mediante el análisis de sangre.*

Además, el equipo Riset ha observado que la tolerancia del sistema inmunitario del órgano dado podría mejorarse si, junto al órgano, se trasplantaran también las llamadas células "tolerogénicas". Estas células "enseñarían" al sistema inmunitario del receptor a aceptar al nuevo órgano, en este caso la necesidad de tomar medicamentos inmunosupresores sería menor.

**Actividad 18.** Lee los textos anteriores y contesta las cuestiones:

- C1. ¿En qué casos no habrá un rechazo después de un trasplante?*
- C2. ¿Qué le podría ocurrir a un paciente receptor de un órgano trasplantado si no se le administran fármacos inmunosupresores?*
- C3. ¿Qué problemas ocasiona a los pacientes trasplantados el hecho de tomar los inmunosupresores?*
- C4. ¿De qué ámbito de investigación actual podrían venir las soluciones para poder hacer xenotrasplantes?*

## Tema 5

# Hacia una gestión sostenible del planeta

---

El aumento de la población y del consumo ha tenido como consecuencia una reducción de los recursos naturales y un incremento de la contaminación y de los desastres naturales. ¿Es posible un desarrollo económico respetuoso con el medio ambiente y con el desarrollo social? En este tema se analizarán estos aspectos de acuerdo con el siguiente índice:

### 1. LOS PROBLEMAS DE NUESTRO TIEMPO

### 2. SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS

#### 2.1. Agua

#### 2.2. Suelo y agricultura

#### 2.3. Ganadería

#### 2.4. Pesca

#### 2.5. Energía

### 3. IMPACTOS AMBIENTALES

#### 3.1. Contaminación del aire, lluvia ácida y smog

#### 3.2. Contaminación del agua

#### 3.3. Desertificación

#### 3.4. Aumento de residuos

#### 3.5. Pérdida de la biodiversidad

#### 3.6. Capa de ozono

#### 3.7. Cambio climático y efecto invernadero

### 4. RIESGOS AMBIENTALES

### 5. DESARROLLO SOSTENIBLE

## 1. LOS PROBLEMAS DE NUESTRO TIEMPO

Este sistema no es muy sostenible a medio plazo porque no resuelve los graves problemas que afectan el destino del planeta y que incluso los provoca o los agrava. También es muy cuestionable que el sistema tecnocientífico no haga más investigaciones, con diagnósticos precisos de los problemas más angustiosos y proponga soluciones.

*A1. ¿A qué problemas se enfrenta hoy en día la humanidad?*

*A2. Lee el texto siguiente, adaptado de "Les emprems de la ciència" de Jordi Solbes, y contesta a las siguientes cuestiones*

Se pueden mencionar los siguientes problemas:

- El crecimiento exponencial de la población, que hace que ésta se duplique en períodos muy cortos de tiempo. En 1950 éramos 2.500 millones de personas, ahora somos más de 6.000 millones y en 2050 se prevén más de 10.000 millones de personas en la Tierra.
- El crecimiento de la polarización entre riqueza y pobreza. Ahora hay unos 1.200 millones de personas en el primer mundo y 5.000 millones al tercero, de los cuales 1.500 millones malviven con menos de un dólar diario. En 2025 habrá 1.400 millones y 7.100 millones, respectivamente) y sus consecuencias, como el hambre (ahora hay más de 700 millones de personas que la sufren), las enfermedades, el analfabetismo, etc.
- La producción de armamento, causa fundamental de las guerras (desde 1945 más de 100, casi todas en el tercer mundo con más de 16 millones de muertos), del tráfico de armas, y sobre todo, de un stock de armas nucleares, químicas y biológicas, con capacidad más que sobrada por destruir el mundo como planeta habitable.
- El agotamiento de los recursos, particularmente los energéticos (el petróleo, el gas natural), el agua potable, los bancos de peces de la plataforma continental, etc.
- La contaminación del medio ambiente, donde se ha pasado de problemas locales como la polución atmosférica de las grandes ciudades, los residuos urbanos, la contaminación de ríos, lagos y costas, la lluvia ácida, a problemas globales como:
  - el efecto invernadero, producido por el CO<sub>2</sub> y otras sustancias, que contribuye al aumento global de la temperatura del planeta (que se estudiará con más detalle a continuación).
  - la destrucción de la capa de ozono por los CFC, el NO, sin la cual no es posible la vida en la tierra ya que absorbe las radiaciones ultravioletas. El adelgazamiento de dicha capa provoca una mayor incidencia del cáncer de piel, daños oculares, disminución de defensas, aumento de infecciones, etc.



- la lluvia ácida, debida a los óxidos de azufre y nitrógeno, que pueden desplazarse grandes distancias antes de combinarse con el agua y precipitarse en forma de ácidos (sulfúrico, nítrico, etc.), haciendo que el problema creado en las zonas industriales de unos países (p.ej., en la cuenca del Ruhr alemana) sea sufrido por los vecinos países (p.ej., en Suecia, Noruega, etc.), donde se acidifican lagos y ríos, se destruyen bosques o se deterioran monumentos famosos.
- la deforestación, no sólo por la pérdida de biodiversidad que supone en el caso de las selvas tropicales, sino por sus efectos en la disminución de lluvias, en la erosión de suelos productivos por el viento, el agua, y la consiguiente desertificación, que no se limita sólo al África subsahariana, sino que alcanza nuestro país (el sureste).

*C1. Compara los problemas mencionados con los que se citan en el texto*

*C2. ¿Estos problemas pueden ser consecuencia de algún desarrollo científico o tecnológico?*

*C3. ¿Cómo pueden contribuir la ciencia y la tecnología a resolver los problemas?*

*C4. ¿Cómo podríamos contribuir cada uno de nosotros a resolverlos?*

*A3. ¿Qué relación existe entre esos problemas, por ejemplo, entre la pobreza de un campesino del tercer mundo, y el cambio climático?*

## 2. SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS

*A4. Teniendo en cuenta que los recursos naturales son los bienes que proporciona la naturaleza, aprovechables por los seres humanos, indica varios ejemplos de los mismos*

*A5. ¿Crees que los recursos de los que disponemos son inagotables, es decir, que podemos disponer de ellos sin temor a que se nunca se terminen?*

*A6. Lee el texto que aparece a continuación y contesta las cuestiones que siguen*

### INFORME DE WWF/ADENA

La Humanidad necesitará dos planetas en 2030 para mantener su nivel de consumo

- Cada español consume tres veces por encima de la capacidad biológica de este país.
- La huella hídrica de España es la quinta mayor de la Tierra.

ROSA M. TRISTÁN. MADRID.-

Estamos en números rojos. La cuenta corriente de los recursos naturales que posee **la Tierra tiene un déficit de un 30%**, el porcentaje en el que la demanda de la Humanidad ha superado la capacidad de abastecimiento del planeta. De seguir así, a mediados del año 2030 serán necesarios dos para mantener el estilo de vida. Pero no los hay.

Esta es la conclusión a la que ha llegado la organización WWF/Adena en su último 'Informe planeta vivo', que hoy se da a conocer y ha sido elaborado junto con la Sociedad Zoológica de Londres y la Red de Huella Global.

El análisis tiene en cuenta dos factores: por un lado, el índice planeta vivo (IPV) refleja la situación de las especies animales como marcador de la biodiversidad.

Por otro lado, en el documento se mide la huella ecológica, es decir, lo que cada habitante necesita para tener cubiertas sus necesidades. Y ahí **nuestro país ocupa el número 12 del ránking mundial.**

«Eso supone que **necesitaríamos tres "Españas" para abastecernos**, y eso es una barbaridad», señala Juan Carlos del Olmo, secretario general de WWF/Adena. En el caso de la huella hídrica, la situación aún es peor: España está en el quinto puesto, principalmente por el consumo de productos que requieren mucha agua (frutas, soja para alimentar el ganado, etcétera), productos que no tenemos y que importamos de países tropicales.

Adaptado de:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2008/10/28/ciencia/1225218646.html>

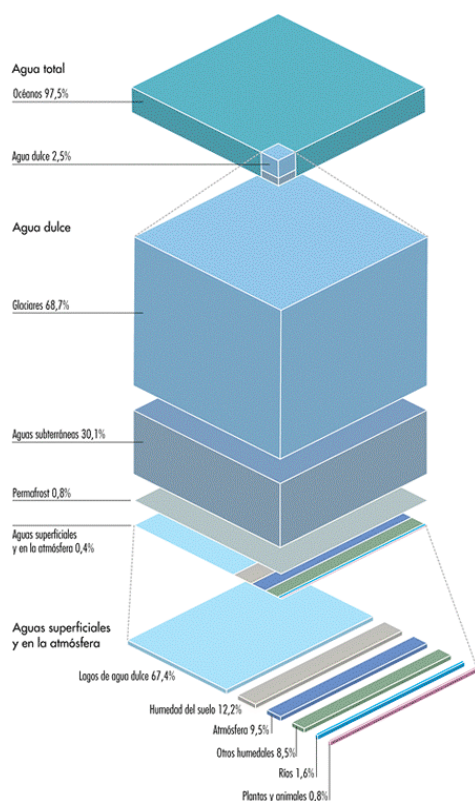
*C1. ¿Qué es la huella ecológica?*

*C2. ¿Qué quiere decir que necesitamos tres Españas para abastecernos?*

## 2.1. AGUA

El agua es fundamental para la vida y el desarrollo de las sociedades humanas. El 94,2 % del agua de nuestro planeta se encuentra en los océanos y sólo el 4,1% se distribuye en los continentes como aguas superficiales o subterráneas. Por otra parte, el agua dulce, es decir, el agua apta para las actividades humanas, representa el 2,1% del volumen total.

*A.7. De acuerdo con los datos mostrados en la figura 1, ¿cuál es el problema fundamental de la distribución del agua dulce en la Tierra?*



**Fig. 1.** Distribución del agua en nuestro planeta. GEO 4. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, 2007

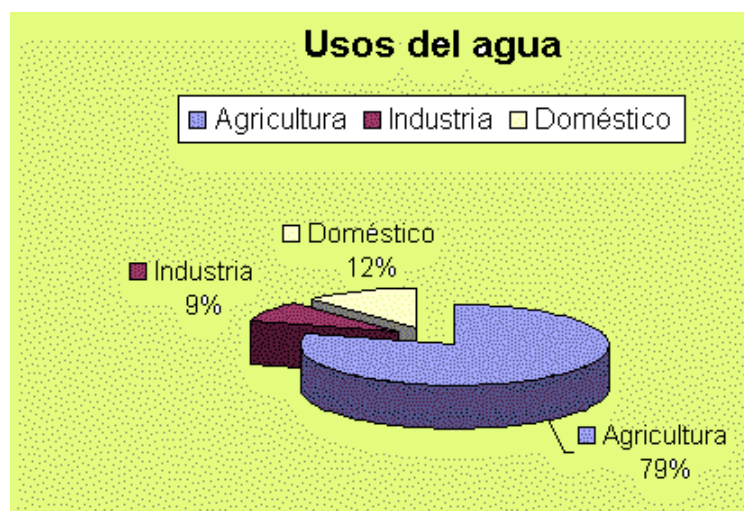
**A. 8.** En la tabla 1 aparecen los recursos de agua dulce y la población distribuida por continentes. ¿Qué consecuencias deduces de los datos?

Continente	Recursos hídricos (%)	Población (%)
Europa	8	13
Asia	36	60
Africa	11	13
América del Norte	15	8
América del Sur	26	6
Oceanía	5	1

**Tabla 1.** Recursos hídricos y población

[http://www.rel-uita.org/agricultura/ambiente/agua/sabias\\_que\\_12.htm](http://www.rel-uita.org/agricultura/ambiente/agua/sabias_que_12.htm)

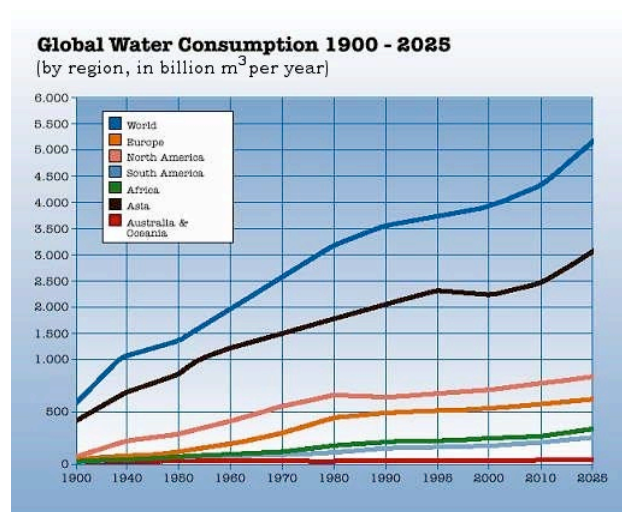
**A. 9.** La figura 2 muestra los sectores en los que se utiliza el agua. Indica los usos del agua en algunas actividades de cada uno de los sectores indicados.



**Fig.2.** Usos del agua.

<http://platea.pntic.mec.es/~iali/personal/agua/agua/usosdel.htm>

*A. 10. Los datos que aparecen en la figura 3 ponen de manifiesto un grave problema relacionado con el consumo de agua. Analiza los datos, las causas de los mismos y explica las consecuencias que se deducen de ellos.*



**Fig.3.** Evolución del consumo mundial de agua.

[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-e/wah20-e/grafik/Tafel1\\_2.jpg](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-e/wah20-e/grafik/Tafel1_2.jpg)

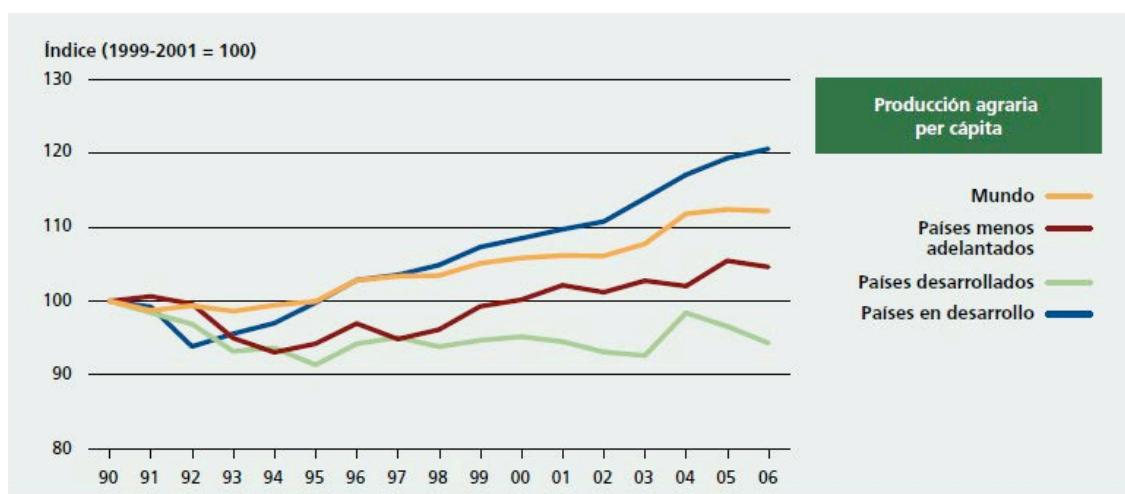
*A. 11. ¿Qué medidas se pueden tomar para reducir el consumo de agua?*

## 2.2. SUELO Y AGRICULTURA

El suelo es una capa de espesor variable situada en la superficie de la corteza terrestre. Está formado por un agregado de fragmentos de rocas, minerales y materia orgánica. Por medio de procesos físicos y químicos, llamados **meteorización**, las rocas se desintegran. Estos procesos son realizados por el agua, la atmósfera y algunos seres vivos.

**A. 12.** ¿Cuáles son los usos del suelo que realizan los seres humanos?

**A. 13.** En la figura 4 se muestra la evolución de la producción agraria. Comenta los datos e indica las consecuencias que tienen sobre el suelo.



Fuente: FAO, 2008i.

**Fig.4.** Producción agraria per cápita  
El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008, FAO (2008).  
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s08.pdf>

**A. 14.** Lee el texto y contesta a las cuestiones:

El aumento de la producción agrícola se debe a:

- la utilización intensiva de fertilizantes,
- la utilización de pesticidas,
- el uso de maquinarias agrícolas más desarrolladas,
- la utilización de semillas modificadas genéticamente.

La **agricultura intensiva**, que responde a las características indicadas anteriormente, comenzó su desarrollo en los años 50 y dio lugar a un aumento espectacular en la producción de alimentos y a la llamada **Revolución verde**.

Las consecuencias negativas del aumento de la producción agrícola son de varios tipos:

- La utilización de semillas modificadas genéticamente conduce a los monocultivos. Si se produce el ataque de una plaga, la cosecha se destruye totalmente dado que no existe diversidad genética.
- La utilización de pesticidas puede producir la contaminación de los acuíferos por nitratos.
- La producción agrícola intensiva produce el agotamiento de los suelos. Este agotamiento da lugar a un uso intensivo de los fertilizantes.
- El suelo agrícola se compacta por la utilización de las máquinas agrícolas.
- Las nuevas técnicas agrícolas requieren una gran cantidad de agua que puede dar lugar al agotamiento de los recursos hídricos o a su salinización.

*C1. ¿Qué es la agricultura intensiva y cuáles son sus consecuencias?*

*C2. ¿Qué medidas se pueden tomar para reducir los efectos negativos de la agricultura intensiva y conseguir una agricultura sostenible?*

### 2.3. GANADERÍA

El aumento de la población mundial ha tenido como consecuencia una mayor demanda de productos relacionados con la ganadería. En consecuencia, se ha desarrollado un nuevo tipo de ganadería denominada **intensiva**.

*A. 15. Lee el siguiente texto y contesta a las cuestiones*

La ganadería intensiva se caracteriza por:

- El uso de piensos compuestos fabricados específicamente para cada tipo de ganado con el objetivo de aumentar el tamaño y el peso de los animales de una forma rápida.
- Utilización de hormonas para conseguir el objetivo indicado anteriormente.
- Hacinamiento de los animales en zonas muy reducidas y en condiciones ambientales artificiales.

La ganadería intensiva presenta varios aspectos negativos:

- Se produce un exceso de purines, es decir, de excrementos de los animales que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y de los acuíferos.

- Sólo se utilizan los animales que resultan más rentables en términos económicos lo cual implica una disminución de la biodiversidad.

Mediante la ganadería intensiva también puede realizarse el engorde de los animales en condiciones naturales como ocurre en el caso de los prados. En este caso, la alimentación del ganado da lugar a una sobreexplotación de las especies vegetales. En consecuencia,

- Aumenta la erosión del suelo producida por la pérdida de la cubierta vegetal.
- Disminuye la cantidad de humus.
- Se pierde la capacidad de regeneración de las especies vegetales.
- Se produce una pérdida de la biodiversidad de las especies vegetales del suelo.
- Se produce la sustitución de las especies vegetales originales por otras.
- Puede producirse una deforestación si se talan árboles para aumentar la superficie de los prados.

C1. ¿Qué características tiene la ganadería intensiva?

C2. ¿Qué consecuencias tiene?

## 2.4. PESCA

De la misma forma que ha ocurrido con la ganadería, el aumento de la población mundial ha impulsado un aumento en las capturas de pesca.

A.16. Según el informe de la FAO "El estado mundial de la pesca y la acuicultura" publicado en 2002, "la producción total de la pesca de captura en 2000 fue de 94,8 millones de toneladas, el nivel máximo de todos los tiempos". En la figura 5 aparece la evolución temporal de las capturas realizadas en un periodo de 50 años. ¿Qué conclusiones puedes extraer? ¿Qué soluciones puedes proponer?

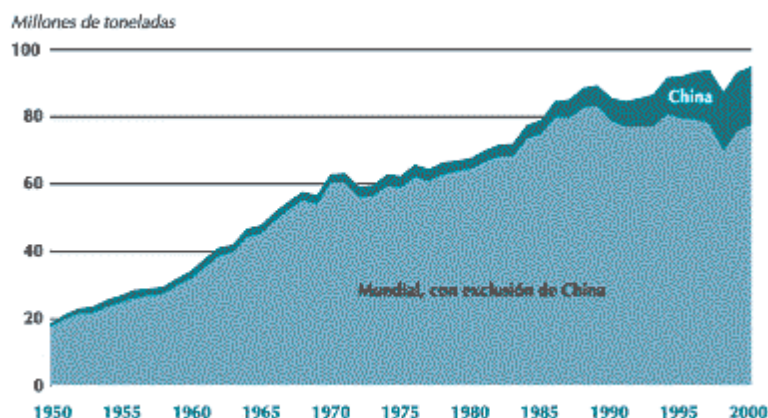


Fig. 5. Producción mundial de pesca de captura  
 El estado mundial de la pesca y la acuicultura – FAO, 2002  
<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y7300S/y7300s04.htm>

## 2.5. ENERGÍA

*A.17. Lee el siguiente texto, adaptado de “Les empremtes de la ciència” de Jordi Solbes, y contesta las cuestiones.*

La energía es una de las necesidades humanas más acuciantes en la actualidad. Esto es debido a que el consumo de energía ha ido en aumento constante por dos razones: por el crecimiento de población y por el incremento de energía consumida por habitante. Así en la sociedad cazadora una persona consumía 20000 J/día, en las primeras sociedades agricultoras 50.000 J/día, en la sociedad industrial europea hacia 1870, 280.000 J/día y un norteamericano hacia 1970, unos 1.000.000 J/día. También ha ido variando el tipo de energía consumida mayoritariamente: en la antigüedad la leña, durante la revolución industrial, el carbón y, en la actualidad, el petróleo.

En cuanto a los tipos de energía consumida en el mundo, en 1994 las dominantes eran las no renovables, un 82 %, distribuidas en petróleo (36%), carbón (25%), gas natural (17%) y nuclear (4%). Las energías renovables aportaban un 18 % de la energía primaria (un 11% corresponde a la leña, un 6% a la hidráulica y el 1% restante corresponde a energía solar -térmica y fotovoltaica-, energía eólica, etc.). En 2001, las dominantes siguen siendo las no renovables (un 86,3% del total). Éstas se distribuyen en petróleo (35,1%, 332 EJ, 1 EJ=10<sup>18</sup> J), carbón (22,6%, 94 EJ), gas natural (21,7%, 91 EJ) y nuclear (6,9%, 29 EJ). Las energías renovables aportan un 13,7% (57 EJ) de la energía primaria: un 9,3 % (39 EJ) corresponde a la biomasa, un 2,3% (9 EJ) a la hidráulica y el 2,2 % (9 EJ) restante a las nuevas renovables (solar -térmica y fotovoltaica-, la eólica, etc.) (Sapiña, 2005).

Sin embargo, las cifras de consumo revelan que los 270 millones de norteamericanos consumen tanta energía -en un 80% de origen fósil- como los 3.600 millones de habitantes de África, América del Sur y Asia. Así, en el año 1994 un habitante de los EEUU consumía por año 8 TEP, uno de la Unión europea 3,7 TEP, uno de España, 2.4 TEP, uno de la India 0,2 TEP (tonelada equivalente de petróleo es la energía obtenida por la combustión de una tonelada (1.000 kg) de petróleo. 1 TEP= 4.18 10<sup>10</sup> J).

También hay grandes diferencias entre el mundo desarrollado y el tercer mundo en cuanto a los % de energía consumida. Un 30% de la humanidad (1700 millones de personas) queda excluida de cualquier forma de energía que no sea la que proporciona la biomasa (leña sobretodo). Hay 2.400 millones de personas que no tienen acceso a la electricidad. Por ello, en los porcentajes de consumo de energía primaria en el tercer mundo, la biomasa representa el 35 % del total, el petróleo el 26%, el carbón el 25%, el gas natural el 8%, etc. Por el contrario, en la UE el consumo de energías renovables sólo representa el 5,38% (biomasa el 3,25%, hidroeléctrica el 1,9%).



*C1. ¿Cómo está evolucionando el consumo de energía?*

*C2. Valora críticamente la distribución del consumo mundial de energía*

*C3. ¿Cuáles son las posibles soluciones a los problemas vistos en el texto anterior producidos por la obtención y consumo mundial de energía?*

**A. 18.** *Lee el siguiente texto, adaptado de “Les empremtes de la ciència” de Jordi Solbes, y contesta las cuestiones*

### Las energías renovables

Las energías se dividen en no renovables y renovables. Las primeras, como la energía térmica o la nuclear, son energías que agotan recursos (el petróleo, el carbón o el gas natural, el uranio) y que tienen un gran impacto ambiental. Las segundas son energías que no agotan recursos y que tienen un bajo impacto ambiental. Las más utilizadas en la actualidad son la biomasa y la hidroeléctrica.

La hidroeléctrica utiliza la energía potencial de los saltos de agua y mediante turbinas y generadores la transforma en energía eléctrica. La biomasa es la materia orgánica que, directamente, o sometida a un proceso de transformación, puede ser utilizada como fuente de energía. Muchos autores incluyen en este concepto la leña utilizada como combustible. Pero no hay que olvidar que los árboles tienen un ciclo de renovación largo y que algunas técnicas de explotación forestal, como las talas a hecho (que “suponen la tala completa de toda la superficie arbolada de un bosque” que sólo beneficia “al explotador maderero”) impiden dicha renovación. Otros incluyen sólo la biomasa destinada directamente a aplicaciones energéticas (plantaciones de caña de azúcar, sorgo, etc.), y la biomasa residual que incluye residuos forestales y agrícolas, ganaderos (estiércol), residuos sólidos urbanos orgánicos, aguas residuales, etc. Se utilizan directamente como combustible y abono. Por fermentación anaeróbica se puede obtener a partir de ellos biogás (60 % de metano y 40 % de dióxido de carbono) o bioalcohol, a partir de la caña de azúcar. Brasil ha desarrollado un plan de bioalcohol como combustible sustitutivo de la gasolina. China e India son los mayores productores de biogás.

Menos utilizadas son la energía geotérmica, eólica o solar. La geotérmica se basa en el calor procedente de la tierra, especialmente de zonas volcánicas. Se están realizando investigaciones en las islas canarias. La eólica utiliza la energía cinética del viento que, mediante molinos, turbinas y generadores se transforma en energía eléctrica. Se están utilizando para suministrar electricidad directamente a granjas o aldeas retiradas y, cuando la potencia aumenta, para suministrar energía a la red eléctrica. España es uno de los grandes productores mundiales de esta energía, tras Alemania y Dinamarca, con parques eólicos en la Muela (Zaragoza), Manzanares, As Pontes (Galicia), etc. Incluso hay comunidades autónomas como Navarra que han conseguido que toda su energía eléctrica sea de origen eólico.

La energía solar es un término confuso porque incluye gran cantidad de dispositivos que sólo tienen en común la utilización directa de la luz del Sol. Podemos mencionar los paneles solares (que suministran agua caliente para uso doméstico), la arquitectura solar (que permite reducir sensiblemente el consumo de energía en calefacción, refrigeración e iluminación de la casa simplemente mediante el diseño y la construcción adecuada de las mismas), los hornos solares (que concentran los rayos solares con espejos para producir elevadas temperaturas), las centrales electrosolares (grandes hornos solares, que calientan un fluido que acciona turbinas y generadores), las células solares fotovoltaicas, construidas a partir de semiconductores, como el silicio, que permiten transformar directamente la luz del Sol en electricidad. Se utiliza en satélites espaciales, viviendas, faros, antenas y otros dispositivos distantes de la red eléctrica. Pero las células fotovoltaicas tienen un gran futuro situadas en los tejados infrautilizados de casas y fincas (mejor por los propios constructores, lo que abarataría costes) y conectadas a la red eléctrica, a lo que se han opuesto las empresas eléctricas españolas hasta que recientemente ha obligado a ello una ley de la UE. Y aún así plantean dificultades.

*C1. Busca más información sobre las fuentes renovables de energía y haz un cuadro señalando cuáles pueden ser sus ventajas e inconvenientes, frente a las no renovables.*

*C2. Los partidarios de las energías convencionales sostienen que las alternativas son incapaces de solucionar nuestras necesidades y que su rendimiento es muy bajo. Valora críticamente esta afirmación.*

### 3. IMPACTOS AMBIENTALES

En muchas ocasiones, la degradación del medio ambiente es el resultado de acciones realizadas directamente por los seres humanos. Si en un principio los impactos ambientales tenían un carácter local (contaminación de aguas, almacenamiento de residuos urbanos, etc.), actualmente las consecuencias son globales (lluvia ácida, desertización, cambio climático, aumento del agujero de ozono, etc.).

#### 3.1. CONTAMINACIÓN DEL AIRE, LLUVIA ÁCIDA Y SMOG

La contaminación es el cambio que se produce en el medio ambiente por la acción de sustancias que dan lugar a efectos no deseables. Según el elemento del medio ambiente en el que actúa, la contaminación es atmosférica, del agua, del suelo, etc.

La atmósfera es una capa que rodea el planeta. Está formada por una mezcla de gases que llamamos aire. Los gases que se encuentran en mayor proporción son el nitrógeno y el oxígeno.

*A.19. En la figura 6 se muestra un esquema de los principales contaminantes del aire. Indica las fuentes de los que proceden, los efectos producidos y las medidas para controlarlos.*

## Contaminación primaria y secundaria

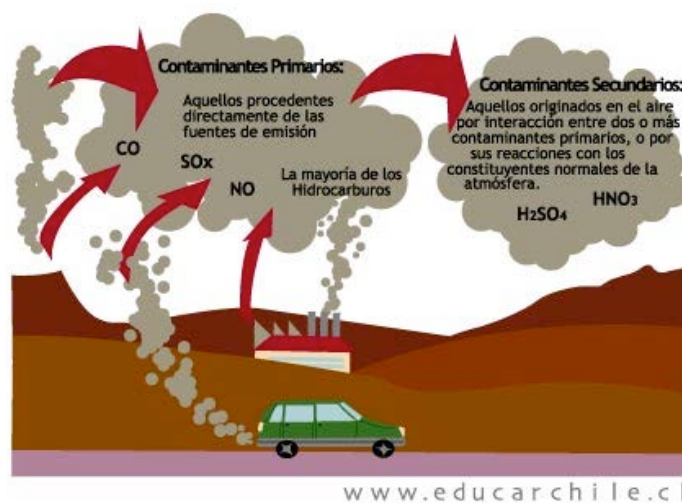


Fig. 6. Agentes contaminantes de la atmósfera  
[http://200.55.210.207/UserFiles/P0001/Image/Quimica\\_mdulo1/Contaminacion.jpg](http://200.55.210.207/UserFiles/P0001/Image/Quimica_mdulo1/Contaminacion.jpg)  
<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=4ea990dc-6549-4549-8b8b-9db8c0cc6d8d&ID=133094>

La **lluvia ácida** se produce cuando el dióxido de nitrógeno y el de azufre presentes en la atmósfera reaccionan con el agua produciendo ácido nítrico y ácido sulfúrico. Estos ácidos caen sobre la superficie terrestre en forma de lluvia.

*A.20. ¿Qué efectos produce la lluvia ácida? ¿Cómo se pueden evitar o minimizar?*

La palabra **smog** procede de las inglesas *smoke* (humo) y *fog* (niebla). Cuando reaccionan los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, procedentes de los gases producidos en los motores de explosión interna, se produce ozono y otros compuestos. La reacción es catalizada por la luz solar y da lugar a una nube de color anaranjado.

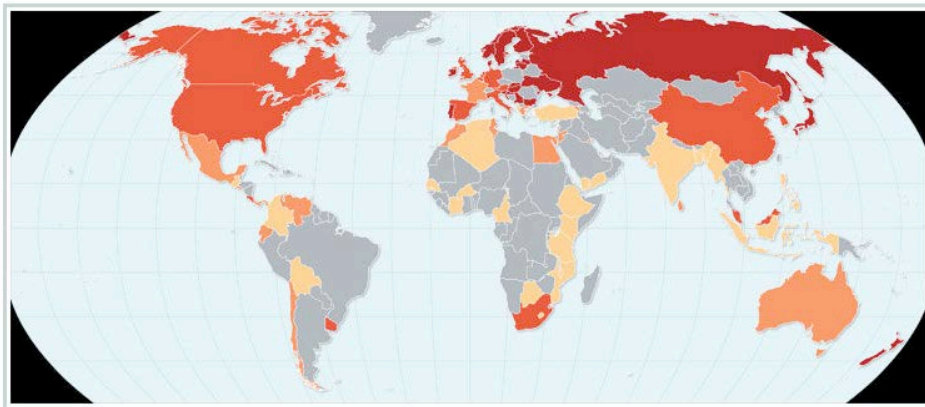
*A.21. Indica algunos efectos producidos por el smog y las medidas que se pueden tomar para disminuir este tipo de contaminación del aire*

### 3.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua, dulce o salada, se dice que está contaminada cuando existen en ella sustancias que disminuyen su calidad. La contaminación del agua es un problema de alcance

mundial y con graves consecuencias. Según la Organización Mundial de la Salud, cada año mueren casi cuatro millones de personas a causa de enfermedades transmitidas por el agua.

*A.22. En la figura 7 aparece el grado de contaminación del agua debido a procesos industriales. A partir de la figura indica qué países contaminan más y por qué*



**Simbología**

Toneladas métricas por día de contaminación industrial del agua por millón de personas.

- > 10
- 5 - 10
- 2.5 - 5
- 0 - 2.5
- No hay datos

**Fig. 7.** Contaminación del agua por actividades industriales.  
<http://www.drinking-water.org/html/es/Atlas/atlas24.html>  
<http://www.drinking-water.org/assets/maps/00000368.jpg>

*A.23. Lee el texto y contesta las siguientes cuestiones*

El agua es contaminada por diversos agentes:

- Restos procedentes de actividades domésticas como detergentes, residuos de cuartos de baño, etc. En algunos casos, el agua se contamina con microorganismos patógenos.
- Residuos procedentes de actividades industriales. Las refinerías de petróleo, fábricas de fertilizantes, papel, textiles, industrias farmacéuticas y químicas, etc., producen aguas contaminadas con diversos componentes.
- Residuos procedentes de actividades agrícolas debido al uso creciente de fertilizantes, insecticidas, pesticidas, fungicidas, etc.

- El agua utilizada para refrigerar las centrales térmicas o nucleares aumenta su temperatura por lo que disminuye la concentración de oxígeno disuelto.
- Aceites y lubricantes procedentes de coches o de actividades industriales.
- Metales pesados, como el mercurio, el plomo y el cadmio, creados en actividades industriales.
- Vertidos de petróleo que contaminan las aguas marinas.

Entre los efectos producidos por las aguas contaminadas se pueden señalar los siguientes:

- Formación de espumas producidas por los detergentes.
- Los microorganismos patógenos pueden producir enfermedades como el cólera, las fiebres tifoideas, la hepatitis, etc.
- Las algas se alimentan de nitratos y fosfatos procedentes de actividades industriales. Si la concentración de dichos compuestos es alta, aumenta el número de algas. Cuando se descomponen, disminuye la concentración de oxígeno y pueden morir los animales acuáticos que necesitan ese gas. El proceso descrito recibe el nombre de eutrofización.
- Los metales pesados son absorbidos por las plantas y los animales acuáticos y pueden pasar a los seres humanos a través de la cadena alimenticia produciendo lesiones, deformidades.
- Los vertidos que contienen hierro, cloro, amonio, etc., producen malos olores en el agua.

Las medidas utilizadas para reducir la contaminación de las aguas son de varios tipos:

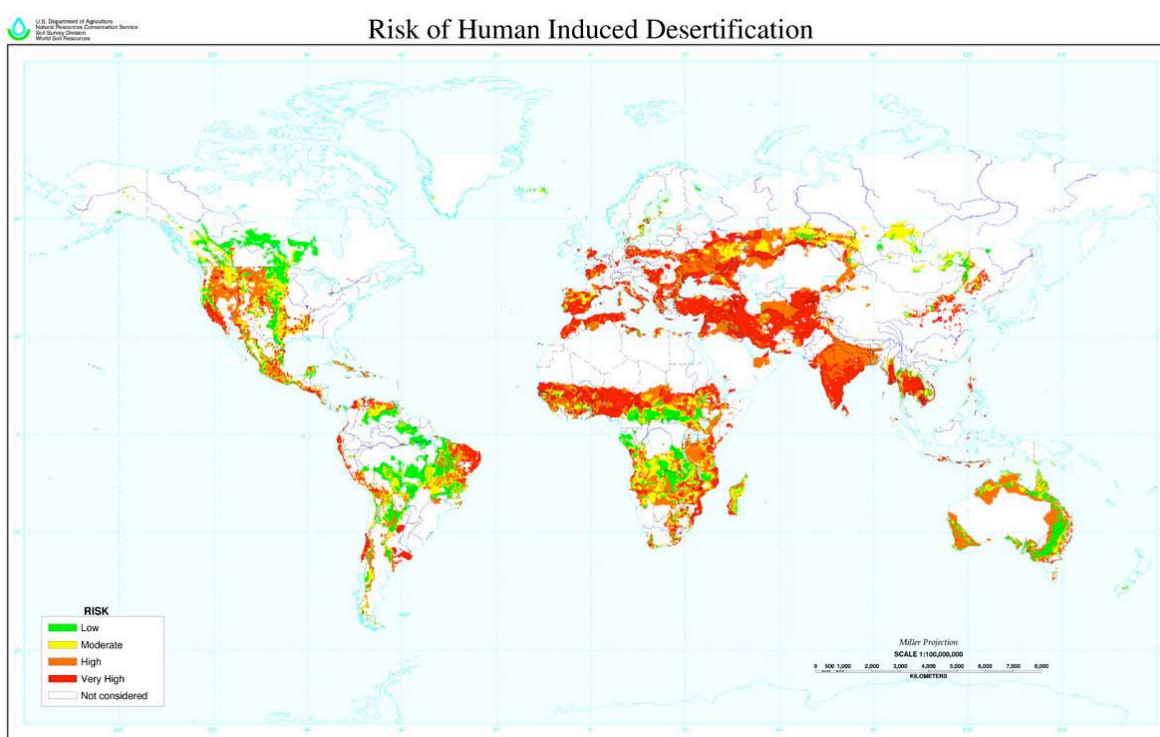
- Utilizar detergentes, fertilizantes, insecticidas y pesticidas biodegradables.
- Realizar tratamientos de depuración de las aguas residuales domésticas antes de ser vertidas en ríos o lagos.
- Realizar tratamientos especiales en las aguas residuales procedentes de las industrias:
  - Extracción de los compuestos tóxicos.
  - Neutralización de los ácidos y bases.
  - Precipitación de los metales pesados.
  - Coagulación de las impurezas.

*C1. Busca información sobre el tratamiento que se aplica a las aguas residuales domésticas*

### 3.3. DESERTIFICACIÓN

Según la Convención de las Naciones Unidas para combatir la desertificación (UNCCD), la desertización es el proceso de degradación del suelo de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas producido por variaciones climáticas y por actividades humanas. Por degradación del suelo se entiende la reducción o la pérdida de la productividad económica o biológica.

*A.24. La figura 8 muestra las zonas que se encuentran en un proceso de desertificación. Indica las zonas más afectadas, las causas que producen ese fenómeno, sus consecuencias y las medidas para evitarlo*



**Fig. 8.** Zonas en riesgo de desertificación

[http://www.sdnpsd.org/sdi/international\\_days/wed/2006/desertification/index.htm](http://www.sdnpsd.org/sdi/international_days/wed/2006/desertification/index.htm)

[http://www.sdnpsd.org/sdi/international\\_days/wed/2006/desertification/desertification\\_risk\\_map-big.jpg](http://www.sdnpsd.org/sdi/international_days/wed/2006/desertification/desertification_risk_map-big.jpg)

España es uno de los países europeos con un riesgo de desertificación muy elevado. Las zonas con mayor peligro de desertificación se encuentran en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

### 3.4. AUMENTO DE RESIDUOS

Los **residuos** son subproductos de las actividades humanas que deben ser desechados porque se considera que no tienen valor.

Los seres humanos han producido residuos desde el principio de la historia: restos de comida, pieles, cenizas, utensilios rotos, etc. El desarrollo de la sociedad ha tenido como consecuencia un aumento de la población y la producción de un volumen de residuos cada vez mayor. Su gestión es uno de los problemas medioambientales a los que se enfrenta la sociedad actual.

*A.25. Analiza los datos de la tabla 2. ¿Qué países producen más residuos y cómo ha evolucionado su producción? ¿Qué actividades originan de residuos? ¿Cómo se gestionan?*

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Austria</b>	138	140	141	146	137	132	142	134
<b>Belgium</b>	133	140	145	146	138	144	156	155
<b>Denmark</b>	172	158	159	160	161	159	177	175
<b>Finland</b>	81	82	86	86	88	87	118	124
<b>France</b>	190	199	205	212	208	206	204	204
<b>Germany</b>	167	172	178	184	182	187	187	188
<b>Greece</b>	68	76	81	88	92	94		
<b>Ireland</b>	164	184	187	209	212	217	202	205
<b>Italy</b>	166	188	193	194	195	197	200	209
<b>Luxembourg</b>	181	181	182	182	181	191	194	204
<b>Netherlands</b>	176	161	164	182	186	193	208	197
<b>Portugal</b>	84	102	120	123	127	128		135
<b>Spain</b>	147	159	155	164	146	156	173	172
<b>Sweden</b>	104	108	110	110	114	115	158	164
<b>United Kingdom</b>	171	175	157	156	158	167	168	170
<b>EU15</b>	160	168	169	174	172	176	174	179
<b>Cyprus</b>								174
<b>Czech Republic</b>						82	71	76
<b>Estonia</b>								98
<b>Hungary</b>						78		81
<b>Latvia</b>								103
<b>Lithuania</b>								69
<b>Poland</b>								89
<b>Slovakia</b>							77	69
<b>Slovenia</b>								81
<b>EU 25</b>								168

**Tabla 2.** Producción per capita de residuos en Europa.  
<http://dataservice.eea.europa.eu/download.asp?id=17404&type=png>

### 3.5. Pérdida de la biodiversidad

La palabra **biodiversidad** es una contracción de las palabras diversidad biológica (*biological diversity*, en inglés). En principio, la biodiversidad es el conjunto de todos

los seres y especies que viven en una zona determinada. En un sentido más amplio, la biodiversidad se puede definir como la variedad de vida sobre la Tierra considerando todos los niveles, desde los genes a los seres vivos.

Grupo taxonómico	Numero de especies
Bacteria	9,021
Coníferas	601
Plantas con flores	233.885
Hongos	100.800
Moluscos	117.495
Arácnidos	74.445
Insectos	827.875
Peces	24.558
Anfibios	4.975
Mamíferos	4.496
Tortugas	290
Lagartos y serpientes	6.850
Aves	9.672

**Tabla 3.** Número estimado de especies según el grupo taxonómico.  
Lecointre, G., and H. Le Guyader. 2001. *Classification phylogénétique du vivant*. Paris: Belin.

#### A.26. Comenta los datos que aparecen en la tabla 3

#### A.27. Lee el texto y contesta las siguientes cuestiones

El número de especies animales y vegetales está disminuyendo de una forma alarmante. En un informe realizado por la *Zoological Society of London* y la *World Wildlife Fund* en 2008 se indica que cada año desaparecen por extinción el 1% de las especies de la Tierra. Las causas de la pérdida de biodiversidad son de diversos tipos:

- Destrucción del hábitat. La tala indiscriminada de árboles ha sido una de las causas más importantes de la desaparición de especies porque destruye los recursos para su alimentación, las zonas para nidificar, etc.
- Caza indiscriminada. Muchos animales son cazados para vender ilegalmente la piel, los cuernos, los colmillos, etc.
- Contaminación. La contaminación del aire, agua y suelo afecta a los seres vivos. Por ejemplo, algunos bosques tropicales de Sudamérica presentan muchos ríos contaminados por actividades mineras.
- Cambio climático. Los seres vivos de un ecosistema toleran la variación de temperatura en un intervalo pequeño. Si la temperatura cambia, los seres vivos



han de migrar o pueden desaparecer. De igual manera, los cambios en la concentración de dióxido de carbono en el aire o en el agua actúan negativamente sobre las poblaciones.

C1. A partir de los datos de la tabla anterior, calcula cuantas especies desaparecen anualmente.

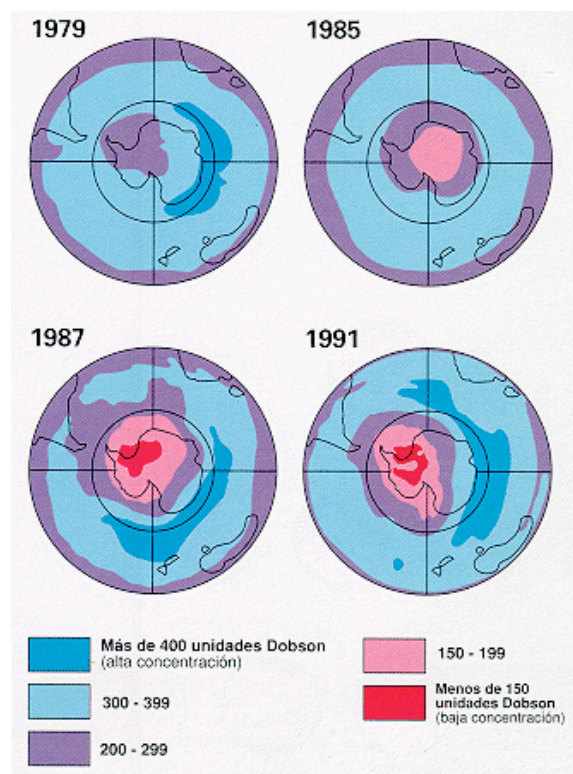
C2. Desde un punto de vista utilitarista, ¿por qué es un problema la pérdida de biodiversidad?

C3. ¿Qué se puede hacer para evitarla?

### 3.6. CAPA DE OZONO

El **ozono** es un gas formado por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) que se encuentra en la estratosfera, la capa más externa de la atmósfera terrestre. Se forma cuando los rayos ultravioleta procedentes del Sol parten las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ), que se encuentran en la atmósfera, en dos átomos de oxígeno (O). Uno de ellos reacciona con una molécula de oxígeno y forma el ozono ( $O_2 + O \rightarrow O_3$ ). La capa de ozono tiene un espesor medio de 6 mm. Aunque es muy delgada, tiene la propiedad de absorber los rayos ultravioleta de la luz solar. Estos rayos son muy perjudiciales para los seres vivos.

A.28. En la figura 9 se muestra la concentración de ozono en la parte de la atmósfera que se encuentra sobre la Antártida. Comenta la variación que se ha producido en dicha zona a lo largo de los años y las consecuencias que puede tener dicha variación.

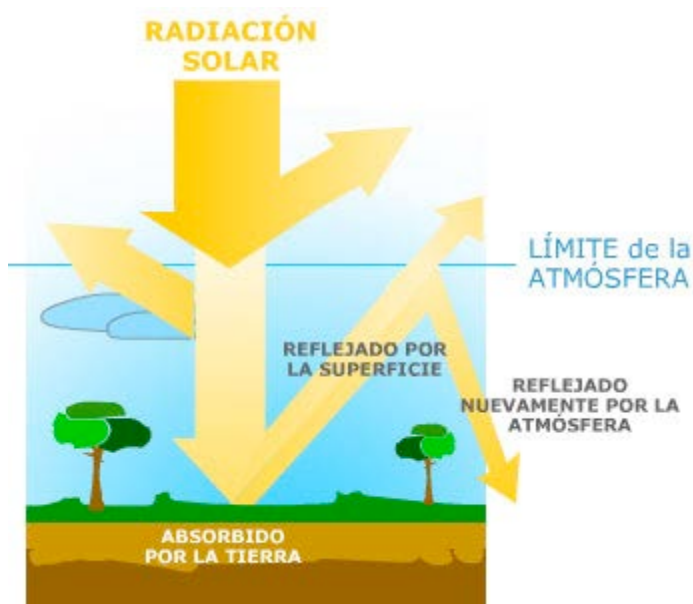


**Fig. 9.** Variación de la concentración del ozono en la Antártida  
[http://usuarios.lycos.es/planeta\\_verde/images/ozo-06.gif](http://usuarios.lycos.es/planeta_verde/images/ozo-06.gif)  
[http://usuarios.lycos.es/planeta\\_verde/capa\\_de\\_ozono.htm](http://usuarios.lycos.es/planeta_verde/capa_de_ozono.htm)

### 3.7. CAMBIO CLIMÁTICO Y EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero es un fenómeno natural que hace posible la aparición y el mantenimiento de la vida. Sin embargo, en los últimos siglos este efecto se ha acentuado y ha dado lugar al llamado calentamiento global. Aunque el clima de la Tierra no ha permanecido constante a lo largo de su historia, en los últimos años se han detectado cambios de una magnitud no conocida hasta ahora.

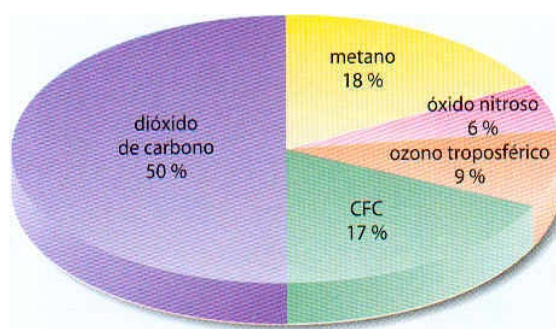
*A.29. Explica en qué consiste el efecto invernadero a partir de la información que aparece en la figura 10.*



**Fig. 10.** Efecto invernadero

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2009/04/15/energia-solar-y-efecto-invernadero/>  
<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/wp-content/uploads/2009/04/efecto-invernadero.jpg>

En la figura 11 aparecen los gases que producen el efecto invernadero y su contribución al mismo.



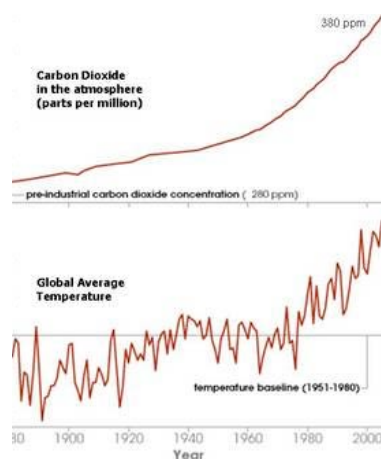
**Fig. 11.** Contribución de los gases atmosféricos al efecto invernadero

<http://iesitaza.educa.aragon.es/DAPARTAM/filosofia/Trabajos%2005-06/4C/Ecologia/efecto%20invernadero.htm>

<http://iesitaza.educa.aragon.es/DAPARTAM/filosofia/Trabajos%2005-06/4C/Ecologia/efecto1.jpg>

Se observa que la mitad del efecto invernadero es producido por el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). La contribución de los demás gases es mucho menor.

En los últimos siglos, la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado como consecuencia de actividades humanas (combustión de la leña y del carbón, gases expulsados por los motores de explosión, etc.). En consecuencia, se ha producido un incremento significativo del efecto invernadero y la temperatura de la Tierra ha experimentado un incremento constante (figura 12). Este fenómeno se denomina calentamiento global.



**Fig. 12.** Variación de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y de la temperatura media.

<http://oceana.org/typo3temp/pics/dddab0dbab.jpg>

<http://www.oceana.org/climate-spanish/principios-del-calentamiento-global/>

*A.30. Cómo se explica la contribución del  $\text{CO}_2$  al cambio climático? ¿Cuáles pueden ser las consecuencias del incremento del efecto invernadero?*

*A.31. Lee el siguiente texto y contesta las cuestiones*

## El incremento del efecto invernadero y las máquinas térmicas

Es fácil producir calor efectuando un trabajo, por ejemplo, por frotamiento, como demostró Thomson. Ahora bien, obtener trabajo del calor es más difícil y esto no fue posible hasta la construcción y utilización de las primeras máquinas térmicas.

Hay muchos antecedentes de la máquina de vapor, como Porta, Papin y Savery, pero la primera máquina de vapor que funcionó con éxito a partir de 1712 fue la de Newcomen (1664-1729). El retorno del pistón era debido a la presión atmosférica y se utilizaba sobre todo para extraer agua de las minas.

La realización de una máquina eficaz, accionada completamente por vapor, fue obra de James Watt (1736-1819) que, al reparar una máquina de Newcomen, tuvo en 1765 la idea de introducir el condensador separado que permanecía frío. Básicamente la máquina constaba de una caldera, cuyo vapor entra en un cilindro metálico y empuja el pistón hacia fuera. El pistón está conectado a una rueda por una biela que transforma el movimiento alternativo del pistón en movimiento circular. Cuando el pistón alcanza la posición más alejada, se cierra la válvula de entrada, abriéndose la de salida. La inercia de la rueda hace que el pistón se mueva y que el vapor salga por la otra válvula hacia el condensador y la caldera.

Las máquinas de vapor tienen aplicaciones en trenes y barcos, en la maquinaria textil, en la metalurgia y en la industria en general. Estas innovaciones técnicas posibilitaron la primera revolución industrial (1760-1870). En ést, los inventos técnicos no fueron obra de científicos, sino de artesanos que estaban al corriente de los procedimientos técnicos en uso y que conocían por la práctica el problema que había de resolverse. Así, Newcomen era herrero y Watt era constructor de instrumentos de precisión. En resumen, la construcción y utilización de máquinas térmicas es previa al desarrollo de la Termodinámica; las técnicas siderúrgicas, de blanqueo y tinte de tejidos son anteriores a la Química. Pero, a su vez, plantean problemas cuya solución contribuyó al desarrollo de esas ciencias.

En 1824 el joven ingeniero Sadi Carnot (1796-1832) inició el análisis de las máquinas de vapor en su libro “Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas apropiadas para desarrollar esta potencia” donde se plantea la pregunta de cuál es el máximo rendimiento de una máquina térmica. Utiliza la teoría del calórico y no supone que el calor se convierte en trabajo, sino que el flujo de calórico de un cuerpo caliente a uno frío puede utilizarse para realizar trabajo de un modo parecido a como se aprovecha la caída de agua de un nivel más caliente a uno más frío. Aunque la teoría del calórico fue rechazada posteriormente, alcanzó conclusiones válidas. La primera que existe un rendimiento máximo (el de una máquina ideal reversible) limitado por las temperaturas entre las que funciona y que ese rendimiento teórico no puede superarse con ninguna máquina térmica real. Si tal cosa sucediese se podía utilizar el trabajo excedente para reponer el calórico a la temperatura superior, con lo que se produciría trabajo a partir de nada, lo cual es imposible. Esta imposibilidad de un móvil perpetuo (máquina que produce trabajo sin consumir nada) estaba bastante clara, al menos para las minorías ilustradas, desde que, en 1775, la Academia Real de Ciencias de París decidió no aceptar ninguna memoria dedicada a máquinas de esa clase.

La termodinámica fue un estímulo para la invención de toda una nueva familia de máquinas térmicas, los motores de combustión interna. Los científicos e ingenieros alemanes fueron los pioneros de estos desarrollos: el motor a gas de Otto (1876), el motor de gasolina de Daimler (1882) y Benz (1893), el motor de gasóleo de Diesel (1892).

Todo esto estimula la utilización de una nueva fuente energética, el petróleo y sus derivados, aunque el carbón siga siendo la fuente dominante (el 96% en 1900).

Por eso, en este siglo las máquinas térmicas siguen jugando un papel determinante. Una turbina de vapor también es una máquina térmica y en la actualidad la mayor parte de la electricidad se genera utilizándolas. Por último, los frigoríficos y acondicionadores de aire son máquinas térmicas aunque con principios de funcionamiento opuestos.

*C1. ¿Qué importancia tiene para nuestra sociedad la producción de trabajo a partir del calor?*

*C2. ¿Hasta qué punto ha influido la ciencia en estos desarrollos? O, en otras palabras, ¿qué desarrollos se producen en primer lugar; los científicos o los tecnológicos? ¿Ha cambiado esa situación en la actualidad?*

*C3. ¿A qué puede ser debido el incremento de la temperatura media de la Tierra desde 1800?*

*C4. La opinión pública suele atribuir la responsabilidad del cambio climático, y de la contaminación en general, a la ciencia y la técnica. ¿Quiénes piensas que son los principales responsables? ¿Cuál ha sido la actitud de la mayoría de los científicos?*

#### 4. RIESGOS AMBIENTALES

Los riesgos ambientales son situaciones que producen daños a los seres vivos y/o al medio ambiente.

Los riesgos ambientales se caracterizan por dos parámetros:

- La **peligrosidad**. Indica la probabilidad de que ocurra un riesgo ambiental.
- La **vulnerabilidad**. Señala el daño que producen.

Los dos factores anteriores se pueden reunir en la llamada "ecuación del riesgo" que viene dada por

$$R = P \times V$$

donde R indica el riesgo; P, la peligrosidad y V, la vulnerabilidad.

*A.32. Pon un ejemplo de un riesgo ambiental que tenga un grado de vulnerabilidad diferente en dos lugares de la Tierra suponiendo que el grado de peligrosidad sea el mismo*

*A.33. En la figura se muestran las zonas de la Tierra en la que se han producido incendios forestales durante el mes de enero de 2009. ¿Conoces otros riesgos ambientales naturales o antrópicos? ¿Qué medidas tomamos al respecto?*

January 2009



**Fig. 16.** Localización de incendios forestales activos.

[http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MOD14A1\\_M\\_FIRE](http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MOD14A1_M_FIRE)

[http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/data/MOD14A1\\_M\\_FIRE/MOD14A1\\_M\\_FIRE\\_2000-03.JPEG](http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/data/MOD14A1_M_FIRE/MOD14A1_M_FIRE_2000-03.JPEG)

## 5. DESARROLLO SOSTENIBLE

Por **desarrollo sostenible** se entiende un tipo de crecimiento que cubre las necesidades de la presente generación sin comprometer las de las futuras.

*A.34. Lee el siguiente texto, adaptado de "Les emprentes de la ciència" de Jordi Solbes, y contesta las cuestiones*

En la década de los 60 y principios de los 70 empieza a desarrollarse una conciencia crítica sobre las relaciones entre la ciencia y la técnica y sus implicaciones en la naturaleza y la sociedad. Esta conciencia, inicialmente minoritaria, va difundiéndose en la opinión pública, especialmente entre los universitarios, con los movimientos críticos de los 60 y con la crisis energética de 1973, que pone de relieve temas energéticos, ecológicos como la contaminación de las aguas (en ríos, lagos, playas), de la atmósfera (el smog en las grandes ciudades), radiactiva, los grandes basureros urbanos, el agotamiento de los recursos (en particular, el agua potable, el petróleo, etc).

En 1972, B. Commoner et al redactan "Los límites del crecimiento", primer informe al Club de Roma, donde se plantea la necesidad de detener el crecimiento económico para salvar a la Tierra de las agresiones de la industrialización, es decir, proponen un crecimiento cero sin plantear cambios en la sociedad (redistribución de los recursos existentes, etc). Fue muy mal recibido por:

- los empresarios, porque era una agresión al principio capitalista del beneficio al más corto plazo posible.

- los sindicatos, porque suponía, al no plantear contrapartidas, un recorte en las conquistas de los trabajadores.
- el tercer mundo, porque si se detiene el crecimiento se mantiene su situación de pobreza y su desigualdad respecto al primer mundo.

El informe Brundtland (1987), "Nuestro futuro común", introduce el concepto de desarrollo sostenible, que intenta hacer compatibles desarrollo y ecología. Este se basa especialmente en una ecología de la pobreza, es decir, en una serie de medidas internacionales para favorecer el desarrollo sostenible del tercer mundo, como, por ejemplo, el aumento de la ayuda económica de los países avanzados (al 0,7 % de su PIB), la transferencia de tecnologías modernas y eficientes energéticamente (en lugar de las tecnologías contaminantes y obsoletas que se transfieren en la actualidad), cambiar la deuda exterior del tercer mundo (que absorbe buena parte de sus recursos) por medidas ecológicas, sustitución de los monocultivos controlados por las multinacionales por cultivos propios, etc.

Pero estas medidas se deben complementar con otras para los países avanzados porque el nivel de vida al que la humanidad ha accedido en los dos últimos siglos sólo lo ha alcanzado una parte de la humanidad y -de acuerdo con el conocimiento de que disponemos- no es alcanzable por una población como la actual. Si todos los países se comportaran como países desarrollados, es poco probable que pudiera seguir siéndolo ninguno, ya que la cantidad de recursos explotados (agua, energía) y de residuos generados transformaría el mundo en un desierto o en un vertedero en cuestión de años.

Por todo ello es necesaria la elaboración de leyes que obliguen a las empresas y ciudadanos a utilizar más racionalmente los recursos, a limitar la contaminación, a reciclar los residuos, a proteger espacios naturales, etc. Pero no sólo basta con medidas proteccionistas o conservacionistas: se necesitan también cambios en el modelo económico del primer mundo. Es necesario reducir la producción y el transporte, reciclar y reutilizar productos y residuos, consumir menos, etc., y es necesario que esto no se haga, como de costumbre, a expensas de los más débiles, es decir, incrementando el paro y la miseria, sino distribuyendo más equitativamente el trabajo y también los beneficios.

Para sentar las bases de un desarrollo sostenible, como señala Herman Daly, es necesario que las tasa de recolección de recursos renovables sean iguales a las tasa de regeneración y que las tasas de emisión de residuos sean iguales a las capacidades de asimilación de los sistemas a los que se emiten esos residuos. El uso cuasi-sostenible de recursos no renovables exige que toda inversión en la explotación de un recurso no renovable lleve aparejada una inversión compensatoria en un sustituto renovable. Y resume, hay que frenar el hiperconsumo de las sociedades desarrolladas y la explosión demográfica de los países pobres.

*C1.. ¿Crees que son compatibles el desarrollo económico y la sostenibilidad?*

*C2. ¿Qué medidas propone Daly para establecer un desarrollo sostenible?*

## Tema 6

# NUEVAS NECESIDADES, NUEVOS MATERIALES

---

Este tema nos acercará al estudio de la ciencia de los materiales, disciplina transversal que conecta las ciencias fisicoquímicas y biológicas con la ingeniería, que cada día despierta un mayor interés, no sólo por sus aplicaciones en número creciente y sus grandes avances tecnológicos, sino también por la fantasía que despierta de cara al futuro y las polémicas nuevas que puede llegar a generar.

Una vez planteadas las posibles cuestiones, podemos presentar a los estudiantes un índice que recoja los aspectos que se desarrollarán en el tema y que permita contestar las preguntas formuladas:

1. [La humanidad y el uso de los materiales](#)
2. [Los nuevos metales, materiales básicos para la industria](#)
3. [Control de recursos](#)
4. [Nuevos materiales: colorantes, medicamentos y polímeros](#)
5. [Nuevas tecnologías: la nanotecnología](#)
6. [Actividades para saber más](#)



## 1. LA HUMANIDAD Y EL USO DE LOS MATERIALES

*A1. Leer y comentad este texto sobre la aparición de los diferentes materiales a lo largo de la historia de la Humanidad*

Desde la época prehistórica, los primitivos humanos comenzaron a proveerse de materiales diversos que tenían a su alcance en su entorno natural de supervivencia. Así, fueron seleccionando aquellos materiales que les resultaban más útiles para la caza, la protección contra el frío o la producción y control del fuego, entre otras necesidades vitales. También recogieron materiales naturales como la piedra, que escogían según su resistencia y facilidad para construir herramientas cortantes, los troncos y las ramas caídas de los árboles, los restos de animales muertos, como huesos, pieles, etc. En una primera época la humanidad se limitó a aprovechar todo el que encontraba a su paso para fabricar las herramientas primordiales de su tecnología incipiente.

Sin duda la piedra fue uno de los primeros materiales propiamente modificados por los homínidos para construir toda clase de utensilios en la llamada edad de piedra, que abarca un período considerable en los albores de la civilización. Ahora bien, llamamos piedra a numerosos tipos de sustancias con propiedades muy variables. De la piedra tal como se encontraba se pasó a la técnica del pulimentado y posteriormente al tallado. Parece ser que en principio se cortaban materiales pétreos como el sílex que, por su resistencia, requerían una técnica apropiada para modificar la forma y adaptarla para convertirla en puntas de flecha o en hachas, al mismo tiempo que la forma de romperse dejaba fragmentos con una punta o corte muy penetrante. Otra clase de rocas se utilizaban en la construcción de túmulos o monumentos megalíticos de índole diversa muy antes de ser empleadas en la construcción de edificios destinados a protegerse de las inclemencias del tiempo, cuando las sociedades de cazadores dejaron paso con el tiempo a la vida sedentaria del neolítico y a la aparición de la agricultura.

Con el dominio del fuego, se dio un paso de gigante en la utilización de nuevos materiales, ya que permitió experimentar las primeras reacciones químicas que modificaban muchos materiales conocidos, principalmente las arcillas, hasta convertirlas en la preciada cerámica, dado que su conocida maleabilidad permitía obtener toda clase de vasijas y recipientes con diversas finalidades (se han encontrado objetos de una antigüedad de unos 28000 aC). Sin duda, de forma accidental, en un principio, y posteriormente mejorando la técnica de obtención, también obtuvieron un material tan interesante como el vidrio que se obtiene básicamente a partir de la arena y la cal, esta última obtenida al calentar la roca calcárea en un horno adecuado. La manipulación del fuego con mayor precisión y seguridad abriría también una importante vía de obtención de materiales revolucionarios como los metales. Los metales se encuentran raramente en forma químicamente libre. Metales nobles como el oro o la plata se pudieron descubrir de forma más o menos casual en minas o ríos que ya los antiguos explotaron, pero metales tan útiles como el hierro o el cobre requerían descubrir una metalurgia apropiada. El cobre se obtuvo a partir de la malaquita hacia el 5500 aC, en Persia. El plomo también era conocido por las civilizaciones antiguas y se utilizaba

como medio para escribir. Mucho tiempo después surgiría la edad del bronce, hacia el 3500 aC, cuando los artesanos del Oriente Próximo obtuvieron el bronce, un metal que permite fabricar herramientas con buenos cortes, a partir de una aleación de cobre y estaño. Un millar de años después, en el Oriente Medio, se descubrió un metal más resistente que el bronce y que dio paso a la edad del hierro.



Por otro lado, la manipulación de diversas sustancias extraídas de las plantas y animales permitió desarrollar industrias artesanales como el papiro que se usaba para la construcción de barcos, como mecha para lámparas y, como es bien sabido, como soporte para la escritura, que antes se marcaba sobre arcilla y piedra. En el 2640 aC, en la China comienza la industria de la seda. A la vez, la ganadería, asociada a los primeros asentamientos de agricultores, permitiría emplear las pieles curtidas o la lana como base para la fabricación de complementos como trajes, muebles, etc.

A lo largo del tiempo estas técnicas se perfeccionaron y se difundieron por las diversas áreas geográficas en contacto o más próximas. A pesar de que algunos materiales como el papiro serán sustituidos por el pergamino o el papel, podemos considerar que con el desarrollo de las principales civilizaciones de la antigüedad no se dio ningún otro paso trascendental en la utilización más o menos directa de todo aquello que nos rodea y puede ser objeto de alguna aplicación.

Los alimentos básicos como el pan, el aceite, la cerveza o el vino, que requieren una elaboración, ya eran conocidos por los antiguos y a su modo también disponían de una farmacopea basada en el uso de remedios naturales, principalmente extraídos de las plantas, para curar heridas y enfermedades diversas. Es decir, durante la mayor parte de la historia de la humanidad hemos acudido a las fuentes naturales para proveernos de todo aquello que nos resultaba imprescindible o simplemente útil, como por otro lado aún ocurre hoy en día en las sociedades más tradicionales o primitivas.

Otros materiales como el carbón o el petróleo eran conocidos antiguamente, aunque no se dará un uso tan masivo como el que comenzó con la Revolución Industrial y, en el caso del petróleo, sobre todo a partir del siglo XX, con el desarrollo del automóvil y las centrales térmicas. El desarrollo de la química permitió obtener metales nuevos como el aluminio y el titanio, entre otros, con nuevas propiedades como la baja densidad y la mayor resistencia a la corrosión, y numerosas aleaciones nuevas.

Ahora bien, en la actualidad se han producido cambios importantes en el uso de los materiales. Por una parte la generalización de los usos, la sobreexplotación en los países más desarrollados y el crecimiento demográfico piden un uso más racional de los diferentes recursos que no acabe por agotar las fuentes, sobre todo las no renovables, a la vez que controlar las consecuencias medioambientales de su utilización. Además, la tecnología química, desarrollada sobre todo a partir del siglo XIX, ha propiciado, por primera vez, la obtención de materiales “artificiales”, en el sentido de ser materiales de síntesis o con una elaboración química muy sofisticada. Así han surgido materiales hoy imprescindibles como los plásticos y toda clase de polímeros orgánicos, al igual que otros muchos otros productos: medicamentos, colorantes, perfumes, detergentes, insecticidas, explosivos, etc., la producción y uso indiscriminado de los cuales ha comenzado a repercutir de forma importante en nuestro entorno.

Hoy aún se investiga en la obtención de materiales nuevos para cubrir las nuevas necesidades de la humanidad, pero a diferencia de las sociedades tradicionales, donde la mayor parte de materiales se reciclaban y su uso tenía un impacto escaso y limitado en el entorno, hoy en día producimos cada vez más cantidad de sustancias muy a menudo peligrosas, que abandonamos en un entorno natural incapaz de asimilarlas y procesarlas, por eso hay que reflexionar sobre la importancia y la necesidad de una producción, uso y reciclaje racional de todos los materiales que son necesarios para nuestra vida. A eso dedicaremos el estudio de este tema.

*C1. A lo largo de la historia se han producido cambios muy importantes tecnológicos en los diferentes materiales utilizados. Comentad qué ventajas ha representado la aparición de nuevos materiales como el carbón o el petróleo.*

*C2. Señalad qué inconvenientes ha representado la aparición de estos materiales.*

*C3. Buscad información sobre la época en la que se obtuvieron por primera vez.*

*C4. Estableced un breve cuadro cronológico con las fechas y épocas en las que se han obtenido los diferentes materiales mencionados en el texto.*

*A2. Leer y comentar este texto sobre el papel, material que revolucionó el mundo de la cultura, sobre todo a raíz del invento de la imprenta:*

## El papel y su consumo

El papel es una lámina constituida por un entramado tridimensional de fibras de celulosa y otras sustancias (minerales, colas, colorantes, etc.), que permiten mejorar sus propiedades y hacerlo apto para el uso al que está destinado.

La celulosa para la fabricación de papel se obtiene principalmente de la madera (55%), de otras fibras vegetales (9%) y del papel recuperado (16%).

Historia del papel:



*Producción de papel en el siglo XVI*

El papel, tal y como lo conocemos actualmente, nació en la China en el siglo II creado por Cai Lun y estaba elaborado a base de ropa escaldada y de fibras de algunos vegetales como el lino, el cáñamo, el bambú y la morera.

Pero los chinos no eran los únicos que conocían la técnica de trabajar las fibras vegetales para escribir. Hace más de 5.000 años los egipcios fabricaban un material para escribir a partir de una planta llamada papiro.

Los artesanos chinos del papel guardaron el secreto durante más de 6 siglos hasta que en el año 751 los árabes lo desvelaron (secuestrando artesanos chinos) y fueron difundiendo la técnica por Asia y el extremo oriente hasta llegar al mundo mediterráneo.

Xàtiva, a orillas del río Cànyols, al ser tierra de cañas y de arroz fue la puerta de entrada del papel en la Península Ibérica el año 1151. De allí se extendió al resto de la península y a Europa.

En Europa, el primer ejemplar escrito en papel es una carta árabe que data del 806 que se conserva en Holanda, en la Biblioteca Universitaria de Leiden. Antes de la aparición del papel, los europeos utilizaban el pergamino.

### Proceso de fabricación del papel:

Los traperos pasaban por los pueblos y recogían paños viejos y los llevaban en carros hasta el molino papelero. La elaboración del papel era manual, lenta y costosa. La materia prima estaba formada por paños viejos, cuerdas, redes, velas de barcos...cualquier elemento hecho de cáñamo, algodón, lino..., materia vegetal fibrosa, al fin y al cabo. Este material se escogía y se clasificaba en el sacudidor, donde era cortado con el filo de las guadañas o del marrazo. Una vez hecha esta operación, se introducía en el torno sacudidor.

Hoy día, la materia prima de la fabricación del papel es un árbol de crecimiento rápido: eucaliptos y pinos. Después de cortar los árboles, se desraman y son transportados a la fábrica de papel. Allí los troncos se descortezan, y con una muela abrasiva son troceados en pequeños trozos llamados "chips" a los que se añade agua. Después la mezcla se pasa por un dispositivo llamado "pulper" que es una especie de batidora que aún hace más pequeños los trozos. Esta mezcla se mezcla con agua en los mezcladores. Seguidamente la mezcla es sometida a tratamientos químicos, cocción con sosa y blanqueantes, agua oxigenada y oxígeno. Todo este proceso permite separar la lignina de la pasta que es sobre todo celulosa. La fabricación del papel, propiamente, comienza haciéndose una lámina delgada de una mezcla de pasta con un 99 % de agua, este proceso se hace en una máquina llamada "caja de entrada". A continuación una máquina llamada "máquina de papel" sacude la lámina para orientar las fibras de la celulosa y para que la mezcla quede repartida y desparramada.

### Variedades de papel:

Se calcula que actualmente hay unas 14.000 variedades de papel. Para clasificarlas se han utilizado unas características diferenciales:

- El tipo de pasta de papel
- El tiempo de trituración
- Los aditivos utilizados
- El proceso de secado
- Los acabados de superficie

Aquí hay una lista de algunos de los tipos de papel:

Alemán, rizado, secante (para secar la tinta), autofotocopiador, biblia, canson, blanco, carbón (que copia a la hoja inferior el que se escribe a arriba), cebolla, contracolado, continuo (usado sobre todo para facturas y faxes), cuché, crepado, cristal, de aluminio (usado por envolver alimentos de manera temporal), de amianto, de armenia, arroz (para la caligrafía china fina), barba, cartas, dibujo, paños, hilo, filtro, macerado, forro, fumar (envuelve los cigarrillos), embalaje, empapelar, esparto, escribir, seda (fino y quebradizo), solfa, estaño, estraza, empapelar, plata, tina, vidrio, china, imprenta, engomados, higiénico, indicador, japon, jaspe, kraft, milimetrado (para hacer gráficos), muselina, parafinado, paja, pergamino, pluma, prensa, cuadriculado, alquitrán, rayado, reactivo, semivegetal, térmico, timbrado, vegetal (para calcar), aterciopelado, verjurado, vitela, pasta de papel, moneda, croquis...

### Aplicaciones

El papel se utiliza en un gran número de ocasiones. Aparte de las más habituales (escritura, imprenta), hay algunos usos curiosos:

Para la papiroflexia.

Puertas. Algunas puertas de baja calidad constan de dos chapas de madera y en el interior tienen unas celdas hechas de papel que les dan consistencia.

Decorativo para la madera.

Papel moneda. Es un papel complicado de fabricar, y muy difícil de imitar. Se fabrica con un gran porcentaje de pasta de algodón. Se le añaden fibras especiales que brillan con la luz ultravioleta, y se le aplican filigranas o marcas al agua.

Para hacer trajes de papel.

El papel de croquis es un tipo de papel muy fino, blanco, mate o satinado, que se utiliza para tomar apuntes gráficos, para anotar medidas y para hacer esbozos y croquis a mano alzada. El formato más habitual es A4.

## Reciclaje

Antecedentes



*Contenedor de papel y cartón para el reciclaje en España*

Aunque antiguamente se obtenía papel de otras plantas (incluido el cáñamo de donde se extrae una celulosa de alta calidad), la mayor parte del papel se fabrica a partir de los árboles. Los árboles y los bosques protegen la frágil capa de suelo y mantienen el equilibrio adecuado de la atmósfera para todas las formas de vida.

Para fabricar 1.000 kg de papel convencional hace falta un estanque de 100.000 litros de agua.

Con papel y cartón se fabrican:

- Bolsas de papel para varios usos
- Cajas de cartulina para diferentes usos
- Cajas de cartón arrugado
- Bandejas de cartón y cartulina para dulces y para packs de bebidas
- Papel para imprentas, oficinas y muchos de otros tipos

En el mundo, la industria consume alrededor de 4.000 millones de árboles cada año, principalmente pino y eucalipto. Las técnicas modernas de fabricación de pastas papeleras usan especies muy específicas de estos árboles.

El consumo de papel y cartón en Argentina llega a 42 kg por persona al año; en Estados Unidos, 300 kg por persona al año, y en China y la India 3 kg por persona al año.

En Chile se producen entre 450 y 500 mil toneladas de papel al año y se recupera cerca del 47%. La industria de la celulosa y el papel utiliza un tercio de la producción nacional de madera.

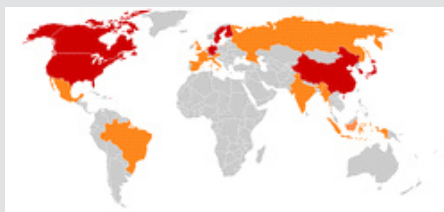
Con el reciclaje se ahorra un 25 % de energía en el proceso de fabricación.

### El reciclaje del papel y el cartón

El papel de desecho puede ser triturado y reciclado varias veces. Al mismo tiempo, en cada ciclo, del 15 al 20 por cien de las fibras se vuelven demasiado pequeñas para ser usadas. La industria papelera recicla los propios residuos y los que recoge de otras empresas, como los fabricantes de envases y embalajes y las imprentas.

El papel y el cartón se recogen, se separan y posteriormente se mezclan con agua para convertirlos en pulpa. La pulpa de menor calidad se utiliza para fabricar cajas de cartón. Las impurezas y algunas tintas se eliminan de la pulpa de mejor calidad para fabricar papel reciclado para impresión y escritura. En otros casos, la fibra reciclada se mezcla con pulpa nueva para elaborar productos de papel con un porcentaje de material reciclado.

### Producción mundial



<i>Los productores de papel y cartón más importantes</i>					
Posición	País	Producción (en Mt)	Posición	País	Producción (en Mt)
1	Estados Unidos	80,8	11	Brasil	7,8
2	China	37,9	12	Indonesia	7
3	Japón	30,5	13	Reino Unido	6,5
4	Canadá	20,1	14	Rusia	6,3
5	Alemania	19,3	15	España	5,4
6	Finlandia	13,1	16	Austria	4,6
7	Suecia	11,1	17	India	4,1
8	Corea del Sur	10,1	18	México	4,1
9	Francia	9,9	19	Tailandia	3,4
10	Italia	9,4	20	Países Bajos	3,3

Fuente : Handelsblatt - *Die Welt in Zahlen* (2005)



*Papel artesanal*

### Consejos a los consumidores

Lo más importante es comprar productos que estén mínimamente envueltos.

Es posible promover la reutilización, la reducción y el reciclaje de las cajas y de otros envases y embalajes, así como incentivar a las organizaciones de las comunidades, a los supermercados, escuelas y tiendas a la instalación de programas de reciclaje de papel y cartón.

*C1. ¿En qué momento histórico comenzó a ser crucial la producción de papel y qué repercusiones sociales tuvo?*

*C2. ¿Qué materias primas son esenciales para la fabricación del papel? ¿Qué repercusiones medioambientales tienen?*

*C3. A partir de la tabla de producción mundial, hazed un comentario en el que comparéis en qué países es mayor la producción de papel y a qué puede ser debido.*

*C4. ¿Qué propuestas haríais para disminuir el consumo de papel y contribuir a la defensa del medio ambiente?*

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Paper>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Papel>

## 2. LOS NUEVOS METALES, MATERIALES BÁSICOS EN LA INDUSTRIA

### El aluminio y el titanio, dos hitos de la química de los nuevos metales del siglo XIX

El aluminio y el titanio son dos casos interesantes de metales “nuevos”, en el sentido de que fueron descubiertos durante el siglo XIX pero su metalurgia les ha hecho dos metales importantes durante el siglo XX, por el papel de su uso, en un caso a nivel masivo, dado su método de obtención más barato, y en el otro porque se trata de un metal muy abundante y de cualidades muy interesantes a pesar de que el método de obtención lo hace más caro.

*A3. Leed esta información sobre el aluminio y destacad sus propiedades y sus aplicaciones prácticas a partir de las cuestiones que se proponen al final del text:*



**Aluminio:** Elemento metálico, perteneciente al grupo 13 de la tabla periódica, de color blanco de plata, dúctil y muy maleable, de valencia 3.

Friedrich Wöhler lo aisló puro por primera vez el 1827, aunque Ørsted lo había obtenido impuro dos años antes. El aluminio terrestre es constituido exclusivamente por el núclido 27. Constituye el 8,13% de la corteza terrestre y es, por orden de abundancia, el tercero de los elementos y el primero de los metales. No existe en estado nativo, y se encuentra sobre todo en forma de silicatos (arcillas, caolín, aluminio-silicatos), de óxido (alúmina anhidra o hidratada) y de fluoruro doble de aluminio y de sodio (criolita).

El mineral del que es extraído es la bauxita, un óxido impuro hidratado, a partir del que se prepara el óxido anhidro puro. Se obtiene el metal por electrólisis alrededor de 900-950 °C de la alúmina disuelta en criolita fundida, con adición eventual de fluoruro cálcico (procedimiento Hall-Héroult). La celda electrolítica es una caja de hierro forrada interiormente de grafito, que sirve de cátodo, y los ánodos son también de grafito. Dado que la criolita participa en la reacción, todo pasa como si, esencialmente, se electrolizase la alúmina. El aluminio se depone en el cátodo y se recoge al fondo de la caja, de donde es extraído de vez en cuando; el oxígeno oxida el grafito de los ánodos, lo cual provoca un consumo importante. El metal obtenido es de pureza 98-99,5 % y contiene pequeñas cantidades de hierro, silicio y alúmina. Para obtenerlo más puro hay que someterlo a una segunda electrólisis (procedimiento Hoopes), y se consiguen entonces purezas de 99,995 %.

### Propiedades físicas del aluminio



Símbolo	Al
Número atómico	13
Estructura electrónica	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p
Masa atómica	26,98154
Valencia	3
Densidad a 20° C	2,6989 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	660,37° C
Punto de ebullición	2467° C
Conductividad térmica a 25° C	2,37 W/cm·K
Resistividad eléctrica a 20° C	2,6548 μΩ·cm
Radio iónico Al <sup>3+</sup>	0,51 Å
Radio metálico	1,44 Å
Energías de ionización	EI1 5,986 eV EI2 18,828 eV EI3 28,447 eV
Potenciales de oxidación (a 25° C i 1 atm): Al <sup>3+</sup> + 3e → Al H <sub>2</sub> AlO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 2H <sub>2</sub> O + 3e → Al + 4OH <sup>-</sup>	-1,662 V -2,33 V

Todos los intentos de obtener aluminio más económicamente, a partir de la arcilla, han fracasado hasta ahora. Químicamente, el aluminio es un elemento muy reactivo. No se altera

en aire seco, pero en aire húmedo o en contacto con la agua se oxida rápidamente, dado que queda en seguida protegido por una capa de óxido continua, coherente, insoluble en el agua impermeable. A alta temperatura el aluminio arde violentamente con el oxígeno desprendiendo una gran cantidad de calor. Los ácidos, exceptuando el ácido nítrico, lo atacan (con más o menos rapidez, según su naturaleza y según la temperatura), y dan sales de  $\text{Al}^{3+}$ . Los hidróxidos alcalinos le atacan deprisa y dan aluminatos. Las soluciones de sal, y en particular el agua de mar, lo corroen rápidamente. Son bien conocidos, por otro lado, los iones complejos  $[\text{AlX}_4]^-$  (cloro aluminados, bromo aluminados, etc.). En estado puro la resistencia a la tracción del aluminio metal es reducida, pero aumenta muy rápidamente en aleación con cantidades incluso pequeñas de otros metales, de ahí el interés de sus aleaciones. Las aleaciones donde la proporción del aluminio domina (aleaciones ligeras) se benefician de su ligereza, y algunas, de su maleabilidad. Por esta razón son muy utilizadas en la construcción aeronáutica y automovilística y en el material de transporte en general. Los elementos de aleación más importantes y frecuentes son el cobre, el silicio, el magnesio y el cinc. Se suelen distinguir dos grupos principales, que son las aleaciones de amoldamiento y las de forja. En general, las primeras contienen menos aditivos, y en cada grupo se encuentran aleaciones mejorables por tratamientos térmicos y por envejecimiento. Entre las aleaciones de forja destacan las de Al y Cu, con alguno o algunos otros elementos. A ellos pertenecen los duraluminos, que son las aleaciones ligeras de mayor interés histórico y que contribuyeron decisivamente al desarrollo de la construcción aeronáutica. Hay también aleaciones más complejas, tanto de forja como de amoldamiento, que mantienen buenas características mecánicas a altas temperaturas, que son aprovechadas en la construcción de piezas para reactores, turborreactores y similares. Los llamados bronce de aluminio se clasifican entre las aleaciones de cobre. La soldadura del aluminio y de sus aleaciones presenta ciertas dificultades a causa de la formación de una capa de alúmina, que hace necesario un fluido decapante constituido generalmente por cloruros y fluoruros alcalinos. El metal de aportación debe ser en principio el mismo que el metal a soldar.

Las aplicaciones del aluminio metálico y de sus aleaciones son muy importantes y variadas. Puro es utilizado para enseres de cocina, bidones, aparatos para la industria química, instrumentos de precisión, etc. Otras aplicaciones muy importantes son: las del aluminio en polvo, el aluminio pasta y el papel de aluminio; su utilización como conductor eléctrico, ya que si a igual sección es peor conductor que el cobre, a peso igual le resulta superior; en fino, la aluminación del hierro y aleaciones férricas. Las aplicaciones de las aleaciones de aluminio en la industria mecánica, en la industria del automóvil, y en el ramo de la construcción aeronáutica son innumerables.

### El aluminio en la construcción

En construcción, el aluminio es usado actualmente a gran escala para la fabricación seriada de carpintería metálica y de elementos estructurales. El uso del aluminio en este terreno se ha desarrollado gracias al invento del proceso de anodización que alarga bastante de tiempo el buen aspecto del aluminio pulido. Este buen aspecto se junta al de su ligereza para hacer un material muy apto para estas aplicaciones. Últimamente se han construido muchas fachadas enteras de aluminio (muro cortina) porque son ligeras y permiten un grado de prefabricación y de rapidez de colocación que no tienen los materiales tradicionales.

## La producción de aluminio

El aluminio constituye, después del acero, el segundo metal en importancia económica y, como éste, su producción masiva no se inicia hasta la segunda mitad del S XIX (el 1854 Henri Sainte-Claire Deville descubrió el primer método de producción industrial del aluminio). Desde entonces la producción de este metal ha ido creciendo a un ritmo acelerado: pasó de 7.000 t el año 1900 a 688.000 t en 1938 y a 7.150.000 t (sólo de primera fusión) en 1966, a causa de las múltiples aplicaciones de este metal que se descubrió a pesar de la competencia de los materiales plásticos para sustituir al acero y el cobre. La década de los años cincuenta aumentó tan rápidamente el consumo, que originó un crecimiento excesivo que dio lugar al descenso de beneficios del 10% en 1950 hasta el 5% de los sesenta. Después de un descenso en los años setenta, desde la década de los ochenta su consumo se estabilizó alrededor de las 18-20 millones de toneladas por su aprovechamiento en la industria del automóvil, aeronáutica, eléctrica, de construcción, etc. La producción mundial el 1992 fue de 18 400 000 t.

La metalurgia de la bauxita obtiene en primer lugar alúmina. La producción de alúmina se ha ido amoldando a la de bauxita, pero es más diversificada, y el año 1991, a pesar que Australia produjo cerca del 30,5% de la alúmina mundial, Europa ocupó el segundo lugar (23%), seguida de América Latina (20%), América del Norte (17%) y Asia (9%). La primera transformación de bauxita en alúmina tiene lugar cerca de las minas, situadas principalmente en zonas ecuatoriales y subtropicales, lo cual reduce los costes de transportes a la mitad. Las fundiciones de aluminio se concentraron en países con mucha energía hidroeléctrica, como los EE.UU., el Canadá, Rusia y Noruega, donde la energía consumida significa el 15% de los costes. Se establecieron también fundiciones de aluminio en países como Francia, Japón y la RFA con una energía cara, pero que obtienen la alúmina directamente de los países productores prescindiendo, de EE.UU.

alumini						
producció mundial de bauxita per estats (en milers de tones)						
	1968	1973	1974	1979	1983	1992
Austràlia	4 961	17 595	20 065	27 584	24 539	39 746
Guinea	2 118	3 800	7 601	12 199	12 986	15 997
Jamaica	8 757	13 600	15 338	11 505	7 881	11 360
Brasil	362 <sup>1</sup>	849	858	1 642	5 238	9 366
URSS <sup>2</sup>	5 100	6 000	6 000	6 500	6 300	6 100
Xina	350 <sup>3</sup>	580	700	1 500	1 900	6 000
Índia	951	1 285	1 270	1 934	1 849	4 987
Surinam	5 660	6 686	6 853	4 741	2 977	3 160
Grècia	1 767	2 890	2 813	2 915	2 421	2 051
Hongria	1 959	2 599	2 757	2 976	2 917	1 721
Iugoslàvia <sup>4</sup>	2 072	2 167	2 370	3 012	3 500	799
França	2 713	3 312	2 923	1 970	1 662	490 <sup>5</sup>
<b>total mundial</b>	<b>41 256</b>	<b>68 020</b>	<b>76 384</b>	<b>82 812</b>	<b>79 333</b>	<b>108 390</b>

<sup>1</sup> el 1962; <sup>2</sup> el 1992, conjunt d'estats que formaven l'antiga URSS; <sup>3</sup> el 1967; <sup>4</sup> el 1992, conjunt d'estats que formaven l'antiga República Federativa Socialista de Iugoslàvia; <sup>5</sup> el 1990

Esta modificación hace creer en una tendencia a localizar las fundiciones de aluminio en los países consumidores, y las de alúmina en los productores. Las grandes empresas mundiales tienden a la integración bauxita-alúmina-aluminio. En los EE.UU. se encuentran las compañías más fuertes del mundo, ALCOA, Reynolds y Káiser, al lado de Alcan en Canadá que, a pesar de ser uno de los primeros países productores, tiene dificultades de exportación, por lo que su producción aumenta menos rápidamente. Europa ha conseguido su autosuficiencia, con tres grandes productores: Noruega, Alemania, España y Francia. Japón, a pesar de su espectacular crecimiento hasta el 1974 cuando llegó al tercer lugar mundial, ha visto disminuir su producción hasta sólo 32,4 miles de toneladas el 1991. La alúmina y la bauxita constituyen conjuntamente el principal artículo de exportación (la alúmina es más barata de transportar por su volumen reducido) de estados como la República de Guinea, Jamaica, Surinam y Guyana. Entre los países exportadores destacan los EE.UU., el Canadá y Noruega que obtienen barata la hidroelectricidad y donde se observa, como en otros estados desarrollados, un desplazamiento del consumo de aluminio de las baterías de cocina y material de oficina hacia los electrodomésticos y otros aparatos eléctricos y de aquí hacia la construcción, los medio de transporte y el embalaje. Este cierre de mercados puede ir apuntando las direcciones comerciales de bauxita, alúmina, aluminio que van desde el Caribe y América del Sur hacia los EE.UU. y Canadá, de África a Europa y del Extremo Oriente a Japón. En Cataluña la extracción de bauxita se centra en la región de Tarragona (739 t el 1990). Esta bauxita es fundida fuera de los Países Catalanes. Pero si que hay una industria transformadora del aluminio (obtenido a partir de bauxitas extranjeras), localizada en la ciudad de Alicante, con un grupo de pequeñas empresas subsidiarias, que se formaron, originalmente, de dos grandes.



*(Información sacada de la GEC)*

*C1. Vista la abundancia terrestre del aluminio, por qué resulta tan interesante y tiene tantas aplicaciones.*

*C2. Buscad información breve y esquemática sobre el proceso de electrólisis que se emplea para obtener aluminio. ¿Por qué implica tanto consumo de energía?*

C3. A partir de la tabla de producción mundial de bauxita, haced un gráfico que compare el crecimiento mundial de producción de aluminio las últimas décadas.

A4. Leed la siguiente información sobre el titanio y comparad sus características con las del aluminio, a partir de las cuestiones que se proponen al final del texto

**Titanio:** Elemento metálico de la primera serie de transición, de número atómico 22 y símbolo Ti, que pertenece al grupo 4, de la tabla periódica. Fue descubierto el año 1791 por el químico inglés William Gregor y aislado de forma relativamente pura por Lars Fredrik Nilson y Petterson el año 1887.

Es el noveno por orden de abundancia de los elementos presentes en la corteza terrestre, de la que constituye un 0,63% en peso. Por otro lado, es abundante en las estrellas de tipo M y en la Luna. Sus minerales más importantes son la ilmenita (titanato de hierro,  $\text{FeTiO}_3$ ) y el rutilo (dióxido de titanio,  $\text{TiO}_2$ ). El titanio natural está constituido por una mezcla de cinco isótopos estables, con masas 46 (7,93%), 47 (7,28%), 48 (73,96%), 49 (5,51%) y 50 (5,34%), que determinan un peso atómico de 47,887. La obtención del metal es difícil, dada la reactividad del titanio frente al oxígeno, nitrógeno y carbono a temperaturas elevadas. Esto se logra mediante el procedimiento Kroll, en el que el tetracloruro ( $\text{TiCl}_4$ ), obtenido por cloración de los minerales y acrisolado por destilación fraccionada, es reducido mediante magnesio en atmósfera de argón a  $800^\circ\text{C}$ . Se obtiene así una esponja de titanio que se consolida por fusión. El metal es de color blanco plata. Presenta muy buenas propiedades mecánicas: es más duro, más resistente y más ligero que el acero, y es dúctil y maleable. Al mismo tiempo, las mencionadas propiedades mecánicas dependen fuertemente de la pureza del metal.

### Propiedades físicas del titanio



Símbolo	Ti
Número atómico	22
Estructura electrónica	[Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
Masa atómica	47,887
Valencias	2, 3, 4
Densidad a 20° C	4,507 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1668° C
Punto de ebullición	3260° C
Radio metálico	1,54 Å
Radio covalente (TiIV)	1,36 Å
Energías de ionización	EI1 6,83 eV EI2 13,57 eV
Potencial de oxidación en eV: Ti → Ti <sup>2+</sup> + 2e	-1,63

Desde el punto de vista químico, el titanio es un elemento reactivo, especialmente caliente. A baja temperatura presenta una buena resistencia a la corrosión; no es atacado por el oxígeno atmosférico, la humedad, las soluciones alcalinas ni los ácidos diluidos. Alrededor de los  $1.000^{\circ}\text{C}$  se une directamente a la mayoría de los no-metales: se enciende con el oxígeno formando el dióxido ( $\text{TiO}_2$ ), quema en atmósfera de nitrógeno formando el nitruro ( $\text{TiN}$ ), descompone el vapor de agua y reacciona con los halógenos formando los tetrahalogenuros. El titanio actúa, fundamentalmente, en sus compuestos con las valencias 2, 3 y 4. Los compuestos de titanio (II) y titanio (III) son reductores y se transforman con facilidad en Ti (IV), que es el estado de oxidación más estable y común y da lugar a compuestos esencialmente covalentes. Por otro lado, el titanio forma varios óxidos dobles y oxisales.



Las aplicaciones más importantes del titanio derivan de su resistencia a la corrosión, las propiedades mecánicas y la poca densidad. Superadas las dificultades de su metalurgia, su coste es elevado, por lo que su consumo no es aún general. Es empleado fundamentalmente en la industria aeronáutica, en la de armamento y plantas químicas, especialmente para la fabricación de elementos que deben estar en contacto con cloro. Tiene también aplicación en metalurgia, como desoxidante y desnitrurante, y en electrónica como getter. *(Sustancia que se introduce al interior de los tubos electrónicos de vacío que se caracteriza por el hecho de poseer una fuerte afinidad por los gases y es usada para eliminar los residuos de gas que puedan quedar una vez hecho el vacío)*



*(Información extraída de la GEC)*

*C1. Buscad en las webs siguientes, que contienen una tabla periódica en castellano, información visual sobre los elementos Al y Ti y aplicaciones:*

<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica.htm>

<http://profmokeur.ca/química>

C2. Señalad qué ventajas ha representado la aparición de materiales como el titanio y el aluminio y sus aleaciones.

C3. Buscad información sobre las aplicaciones tecnológicas del titanio.

### 3. CONTROL DE LOS RECURSOS

A5. Leed esta información sobre el coltan, mineral estratégico muy codiciado por las multinacionales y los intereses políticos de diferentes países, y comentad el texto a partir de las cuestiones que se proponen al final del texto:

El niobio y el tántalo, la base del coltan, un mineral estratégico para el siglo XXI



La palabra coltan no nombra un mineral propiamente dicho sino que es la abreviatura de dos minerales: columbita, una especie de columbio (nombre antiguo que recibía el niobio), y tantalita, una especie del elemento tántalo. El coltan está formado, pues, por la mezcla de columbita, que está compuesta por óxidos de niobio, hierro y manganeso  $[(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Nb}_2\text{O}_6]$ , y tantalita que está compuesta por óxido de tántalo, hierro y manganeso  $[(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Ta}_2\text{O}_6]$  en cualquier proporción. Estos óxidos constituyen una solución sólida en ambos minerales. El coltan es de color gris metálico oscuro. De él se extrae el metal tántalo.

Son escasos en la naturaleza y representan un claro ejemplo de materiales que han pasado de ser considerados simples curiosidades mineralógicas a cruciales para el avance tecnológico a causa de las nuevas aplicaciones.

*Yacimiento de coltan*



El principal productor de coltan es la República Democrática del Congo con cerca del 80% de las reservas mundiales, a pesar que existen reservas probadas y/o en explotación en el Brasil con el 5% de las reservas, Tailandia con un 5% más y Australia, esta última con el 10% de las reservas mundiales estimadas. Según informes de agencias internacionales y de prensa, la exportación de coltan ha ayudado a financiar diferentes bandos de la Segunda Guerra del Congo, un conflicto que se ha resuelto con un balance aproximado de más de 5 millones de muertes. Ruanda y Uganda están actualmente exportando coltan robado del Congo a occidente (principalmente en Estados Unidos), donde se utiliza casi exclusivamente en la fabricación de condensadores electrolíticos de tántalo. Es utilizado en casi todos los dispositivos electrónicos: teléfonos móviles, GPS, satélites artificiales, armas teledirigidas, televisores de plasma, videoconsolas, ordenadores portátiles, PDAs, MP3, MP4...

### Producción y reservas

La principal producción del tántalo se lleva a cabo en Australia, donde el mayor productor, *Sons of Gwalia*, opera en dos yacimientos. Este mineral también se explota en Canadá, Brasil, China y en la República Democrática del Congo. También se produce en Tailandia y Malasia como subproducto de la minería y de la metalurgia del estaño.

La mayor cantidad de reservas se encuentra a las zonas orientales de la República Democrática del Congo. También se encuentra y, a veces se produce, en Etiopía, Nigeria, Zimbabue, Mozambique, Namibia, Sudáfrica y Egipto.

### Uso y demanda

Se trata de un recurso estratégico, imprescindible en la fabricación de componentes electrónicos avanzados. El tántalo se usa principalmente en la elaboración de condensadores. El condensador electrolítico de tántalo es en la actualidad un tipo bastante común de condensador presente en gran cantidad de dispositivos electrónicos, como en teléfonos móviles, ordenadores, pantallas de plasma, cámaras digitales..., o proyectos de alta tecnología como los satélites artificiales enviados al espacio.



Estos dispositivos son cada vez más pequeños, delgados y fiables gracias, en grande parte, al uso de los condensadores electrolíticos de tántalo que han sustituido progresivamente a los condensadores electrolíticos tradicionales.



Prácticamente todos los dispositivos electrónicos actuales incorporan en mayor o menor cantidad condensadores electrolíticos de tántalo. Aunque la mayoría de los dispositivos electrónicos pueden funcionar con condensadores electrolíticos normales, los condensadores electrolíticos de tántalo tienen valores de capacidad eléctrica más exactos, soportan temperaturas mayores y son mucho más pequeños. Esto los hace ideales para las exigencias actuales de miniaturización de los dispositivos electrónicos que usamos habitualmente.

## Problemas

La República Democrática del Congo posee el 80% de las reservas mundiales estimadas de coltan, este mineral está considerado altamente estratégico y por eso se explica que haya una guerra en el Congo desde el 1998.

Según las Naciones Unidas, el Ejército Patriótico Ruandés ha montado una estructura para supervisar la actividad minera en el Congo y facilitar los contactos con los empresarios y clientes occidentales. Traslada el mineral a Ruanda donde es tratado antes de ser exportado. Los últimos destinatarios son EE UU, Alemania, Holanda, Bélgica y Kazajstán. Esta guerra, directamente relacionada con la explotación inmoral de este mineral, lleva más de 5,5 millones de víctimas, hecho que supone el mayor número de muertes desde la Segunda Guerra Mundial.

Ruanda y Uganda, han sido acusados en diferentes informes internacionales, de la explotación y tráfico de estas riquezas minerales del Congo. Como hay distintos países occidentales entre los principales beneficiarios, la ayuda económica y militar continúa durante el conflicto. Se han firmado planes de ayuda y de cooperación entre Estados Unidos y estos dos países, los cuales, además de enriquecerse con el tráfico del mineral, han visto como

parte de su deuda externa ha sido cancelada y han sido considerados como modelos de desarrollo económico de la región.

Entre las empresas más importantes con intereses en la región está la mencionada American Mineral Fields, en la que George Bush, padre del expresidente norteamericano George W. Bush, tiene grandes intereses. Durante los años transcurridos hasta ahora han disputado la guerra dos bandos: de un lado Ruanda, Uganda y Burundi, apoyados por los EE.UU. y los créditos del FMI y el Banco Mundial, y del otro lado Angola, Namibia, Zimbabwe, Chad y las milicias hutu y Mai Mai.

La explotación del coltan, especialmente en el Congo, ha ocasionado diversas polémicas sobre las posibles consecuencias a nivel social y ambiental. La explotación de este recurso ha alimentado conflictos armados entre facciones locales, apoyadas, en algunos casos, por gobiernos extranjeros como el de Uganda. Esto plantea un dilema moral similar al de la comercialización de diamantes de guerra. Otras preocupaciones derivadas de la extracción del coltan pasan por la explotación laboral de los trabajadores que participan en ella o la destrucción de ecosistemas, ya que los principales yacimientos coinciden con los hábitats de gorilas en peligro de extinción.

La ocupación ruandesa del este del Congo ha significado que la República Democrática del Congo haya sido incapaz de explotar este recurso en beneficio propio. Un informe reciente del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas ha puesto de manifiesto que una gran cantidad de este mineral se esté explotando de forma ilegal y es trasladado de contrabando a través de las fronteras por milicias de las vecinas Uganda, Burundi y Ruanda. Se estima que el ejército ruandés ha tenido un beneficio de al menos 250 millones de dólares en unos 18 meses de venta de coltan. Al mismo tiempo, estas estimaciones son difíciles, dado que Ruanda tiene sus depósitos propios de coltan, lo que hace que el mineral adquirido mediante el contrabando sea difícil de cuantificar.

El contrabando de coltan también supone la mayor fuente de ingresos para la ocupación militar del Congo. A causa de la dificultad de distinguir entre la explotación legítima y la ilegítima, algunos fabricantes de aparatos electrónicos han decidido, por motivos éticos, dejar de lado esta zona del mundo como fuente de coltan, y dirigirse a otras fuentes.

Los tres países identificados por las Naciones Unidas como contrabandistas de coltan han negado estar involucrados. El periodista austriaco Klaus Werner ha documentado los vínculos entre compañías multinacionales y el tráfico ilegal de coltan.

### Incremento de precios y demanda cambiante

Ha habido una caída significativa en la producción y venta de coltan y niobio de las minas africanas desde que hubo un drástico incremento de precios en 2000, a causa de la especulación en las mencionadas empresas “.com” y las grandes demandas. Esto está confirmado en parte por las cifras de la *United States Geological Survey*.

El Centro de Estudio Internacional del Tántalo-Niobio en Bélgica (un país con vínculos tradicionales con el Congo) ha recomendado a los compradores internacionales que eviten el coltan de la región del Congo por motivos éticos.

Una de las mayores empresas que fabrican condensadores de tántalo ha hecho una llamada a los proveedores de coltan para que certifiquen la procedencia de los minerales

con el fin de evitar que provengan de la República Democrática del Congo, acabar con el contrabando ilegal de las regiones de África Central y evitar seguir con la financiación de las guerrillas.

*“Los países centro-africanos de la República Democrática del Congo y Ruanda y sus vecinos solían ser la fuente de suministro de cantidades de toneladas significativas. Pero la guerra civil, con el saqueo de los parques nacionales y la exportación de los minerales, diamantes y otros recursos naturales para financiar las milicias ha obligado al Centro de Estudio Internacional del Tántalo-Niobio a hacer una llamada a sus miembros para que tengan cuidado a la hora de obtener las materias primas de fuentes legales. El daño, o el peligro de provocar un daño, a la población local, la vida animal salvaje o el medio ambiente es inaceptable.”*

Un trabajador congolés normal gana alrededor de 10 \$ mensuales. Un trabajador que trabaja en las minas extrayendo coltan, gana entre 10 \$ y 40 \$ semanales. El kilo de coltan se cotiza en el mercado a 400 \$. El método de extracción es arcaico, muy semejante al método con el que extraían oro antiguamente en EE.UU. Trabajan en condiciones casi de esclavitud. Un buen trabajador puede sacar un kilo de coltan diario. Además de coltan aparecen otros minerales radiactivos con características similares, elementos como el uranio, torio y radio entre otros. A causa de la exposición de los trabajadores a estos minerales, ha habido una gran cantidad de enfermos por radiación.

Al mismo tiempo, también se puede observar un cambio por motivos económicos en vez de éticos, desde fuentes tradicionales como Australia, hacia nuevos proveedores como Egipto. Esto podría haber llevado a la quiebra de uno de los proveedores más grandes del mundo, *Australian's Sons of Gwalia Ltd.*, a pesar de todo la compañía continúa produciendo y exportando mineral.

A nivel económico, hay determinadas multinacionales que, siendo grandes compradoras de este mineral, no están interesadas en que los conflictos sociales derivados de la extracción del mineral sean publicados por los medios de comunicación. Estos últimos, a la vez, se ven condicionados por el temor a perder los importantes ingresos publicitarios.

Hasta hoy día han muerto aproximadamente tres millones y medio de congoleños en las minas.

(Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Coltan> )

C1. Señalad qué ventajas ha representado la aparición de estos materiales.

C2. Indicad qué problemas plantea la explotación de estos materiales.

C3. Buscad información sobre los llamados “diamantes de la guerra”.

C4. ¿Por qué la aparición de materiales estratégicos nuevos genera la codicia de los más poderosos en vez de representar una posible fuente de riqueza y progreso para los países menos desarrollados?

C5. Buscad más información sobre diversos aspectos de la problemática de la explotación del coltan en las webs siguientes:

- C1. Señalad qué ventajas ha representado la aparición de estos materiales.
- C2. Indicad qué problemas plantea la explotación de estos materiales.
- C3. Buscad información sobre los llamados "diamantes de la guerra".
- C4. ¿Por qué la aparición de materiales estratégicos nuevos genera la codicia de los más poderosos en vez de representar una posible fuente de riqueza y progreso para los países menos desarrollados?
- C5. Buscad más información sobre diversos aspectos de la problemática de la explotación del coltan en las webs siguientes:

[http://esunnoparar.blogspot.com/2006\\_05\\_01\\_esunnoparar\\_archive.html](http://esunnoparar.blogspot.com/2006_05_01_esunnoparar_archive.html)

(blog sobre el conflicto en la República Democrática del Congo)

<http://www.afrol.com/es/especiales/13258>

(web sobre la fiebre del coltan y el imperialismo)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Coltan>

(Más información sobre aspectos sociales de la explotación del coltan)

#### 4. NUEVOS MATERIALES: COLORANTES, MEDICAMENTOS Y POLÍMEROS

El desarrollo de la química a lo largo de los siglos XIX y XX dio paso a una serie de nuevos materiales llamados sintéticos, porque no se extraían directamente de menas minerales ni de otros productos sino que se obtenían mediante reacciones químicas. Veremos algunos ejemplos de estos materiales en el origen de la industria de los colorantes, en la obtención por primera vez de medicamentos sintéticos, la famosa aspirina y, posteriormente, en la industria de los polímeros que dio lugar a los plásticos, verdadero ejemplo de nuevo material obtenido a partir de una reacción química muy específica que es la polimerización de moléculas más simples.

*A6. Lee y comenta este texto sobre el origen de la industria de los colorantes*

##### Los colorantes y el desarrollo de la industria química

El siglo XIX vio la aparición de numerosos pigmentos colorantes nuevos, a medida que los químicos avanzaron en el conocimiento de los compuestos y aprendieron a imitar los productos naturales. Paralelamente se produjeron grandes innovaciones en la fabricación de tintes para los tejidos. La gran admiración que hoy día despiertan los grandes avances tecnológicos de la electrónica y la informática entonces fue producida por la incipiente industria de los colorantes.

Pero la industria química de los colorantes no habría sido posible sin los avances en el desarrollo de la química orgánica. La difusión de los métodos de tinción por toda Europa provocó al mismo tiempo que se extendieran los nuevos principios químicos. En la tarea de profundización de la química de los colorantes debemos mencionar la iniciativa de tres jóvenes emprendedores: Perkin, Levinstein y Caro.

William Perkin (1838-1907) tenía 18 años cuando inició los trabajos que le condujeron a la síntesis de un colorante a partir de la anilina. Su profesor de química en el Royal College de Londres, August Hofmann, le alentó a sintetizar la quinina, producto natural que curaba la malaria. A partir de la destilación del alquitrán ensayó la obtención de quinina sin mucho éxito. Entonces probó a partir de una muestra más purificada, que contenía básicamente anilina (fenilamina) y la reacción produjo una sustancia de color púrpura que tampoco era quinina. En vista del fracaso, y como el color púrpura estaba de moda, dirigió la investigación a verificar si aquel colorante servía como tinte de la ropa. Así logró patentar el primer colorante artificial de la historia y, con la ayuda de su padre y su hermano, se dedicó a su fabricación industrial. El proceso que finalmente patentó comenzaba con la obtención de benceno por destilación del alquitrán, la nitración del benceno y la reducción del nitrobenzeno a fenilamina, que al oxidarse producía la púrpura de anilina. El éxito de su método revolucionó el mundo de la moda y su colorante experimentó una fuerte demanda, que al mismo tiempo extendería la búsqueda de colorantes artificiales de otros colores.

Otro estudiante, el alemán Ivan Levinstein (1845-1916), inició a la Gewerbe Akademie de Berlín en la búsqueda de nuevos colorantes basados en la anilina. El 1864 comenzó a fabricar el verde de anilina a nivel industrial. Trasladado a Manchester, uno de los centros de la industria textil inglesa, obtuvo otro colorante, la rojo de anilina. Años más tarde, en 1926, la compañía que había fundado se integró en las incipientes Imperial Chemical Industries (ICI), que se transformó en uno de los grupos industriales más importantes de la época.

También fue decisiva la intervención de otro joven alemán, Heinrich Caro (1834-1910), que vio en la fabricación de tintes un enorme potencial económico y, después de trabajar durante 7 años como gerente de una fábrica de colorantes en Manchester, regresó a Alemania donde se unió a la recientemente constituida Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF), otra de las industrias químicas de primer rango que aún hoy persiste.

*(Adaptado de Salters Advanced Chemistry Storylines, p. 213-215).*

*C1. Buscad información sobre diferentes sustancias naturales que tradicionalmente se han usado como colorantes y tintes.*

*C2. Escribid las reacciones que conducen a la obtención de anilina a partir del benceno y explica de qué tipos de reacciones se trata en cada caso.*

*C3. En el texto hemos visto un caso histórico de influencia de la ciencia y la técnica que ha sido fructífera para el progreso mutuo. Exponed otros casos de influencia mutua que conozcas.*

*A7. Leed y comentad este texto sobre el origen de algunos medicamentos*

## Las medicinas naturales

La farmacia moderna tiene sus orígenes en la cultura popular y la historia de la medicina está llena de herbolarios y remedios caseros. Muchos de ellos se explican en el lenguaje científico actual y la industria farmacéutica moderna busca en las antiguas recetas de la abuela por ver si descubren nuevas medicinas.

Una de esas viejas historias se llama la Doctrina de las Sintonías que propone que las enfermedades a menudo se pueden curar si usamos plantas que estén relacionadas. Un ejemplo sencillo es el uso de hojas de romaza, hierba que crece cerca de las ortigas, para curar el picor de la ortiga. Al mismo tiempo no se ha encontrado que eso tenga ningún valor científico.

Se pensaba que los terrenos pantanosos producían fiebres, por eso la corteza y las hojas del sauce a menudo se utilizaban como remedio contra la fiebre.

Hacia el 400 aC Hipócrates recomendaba un brebaje de hojas de sauce para curar el dolor del parto. El año 1763 un clérigo inglés llamado Edmund Stone usaba la corteza del sauce para rebajar la fiebre. Basándose en la Doctrina de las Sintonías argumentaba: “Como este árbol crece muy bien en terrenos húmedos o mojados, donde abundan las fiebres malarias, nada más podía aplicar la máxima general que muchos remedios no se encuentran demasiado lejos de sus causas”.

La Doctrina de las Sintonías no es una teoría actual de la farmacia, pero sabemos que la corteza y las hojas de sauce tienen un compuesto que tiene efectos en la curación de las fiebres.

El siglo XVII en Inglaterra se hizo famoso el herbario de Nicholas Culpeper (1616-1654) en plena moda de la botánica astrológica. Creía que las plantas pertenecían a ciertos planetas y estrellas. También creía que los objetos celestes causaban las enfermedades y que éstas se podían curar administrando las plantas poseídas por cuerpos contrarios, o a veces, por cuerpos afines. Su herbario, publicado a partir del año 1640 con diferentes nombres, contiene muchas referencias del poder curativo del sauce. Según Culpeper las hojas estrujadas con pimienta negra y bebidas con vino, ayudan a curar las flatulencias. El sauce pertenece a la luna y tiene numerosos efectos curativos, contra las hemorragias y los vómitos.

Actualmente sabemos que la corteza de sauce es el origen del principio activo a partir del cual se obtiene la aspirina.

(Adaptado de Salters Advanced Chemistry Storylines, p. 101-102).

*C1. Averiguad el nombre científico del sauce y aclara el origen del nombre de su principio activo y de la aspirina.*

*C2. Escribid las fórmulas químicas del principio activo del sauce y de la aspirina e identifica sus principales grupos funcionales.*

*C3. Buscad información sobre otros medicamentos modernos que tengan su origen en algún remedio casero.*

*A8. Leed y comentad este texto sobre la importancia de la obtención y difusión de los materiales llamados plásticos*

## Los plásticos inician la era de los nuevos materiales

Hoy día la investigación química se dirige a la obtención de nuevas sustancias sintéticas, es decir, inexistentes en la naturaleza, que poseen propiedades interesantes que de momento encontramos en materiales diferentes. Uno de los nuevos materiales que ahora se investiga es la obtención de plásticos que sean buenos conductores de la corriente eléctrica. Pero esto no sería posible sin el camino llevado a cabo desde comienzos del siglo XX en la producción creciente de estos materiales artificiales.

Con el nombre de plásticos identificamos un grupo de sustancias diferentes (más de 60.000) con propiedades físicas y químicas características diversas pero con una coincidencia: se trata en todos los casos de sustancias polímeras, es decir, formadas por grandes moléculas que contienen una unidad básica repetida miles de veces y que se obtienen por síntesis en reacciones especiales llamadas polimerizaciones.

En la naturaleza también hay polímeros como la celulosa, el algodón, las gomas, o el caucho y los plásticos se han llegado a obtener por imitación de alguna de estas sustancias. El primer plástico producido de forma industrial fue el celuloide. El impresor John Hyatt lo obtuvo el año 1869, a partir de la nitrocelulosa o algodón-pólvora, pero era muy inflamable. La motivación fue una recompensa de 10.000 dólares ofrecida para encontrar un sustituto del marfil en la fabricación de bolas de billar, pero es evidente que el invento no resultaba práctico. Más tarde se obtuvo la galatita (1897) a partir de la caseína de la leche, pero el primer polímero que imitaba mejor la naturaleza lo obtendría Leo Hendrik Baekeland el año 1909 y le llamó baquelita. Se obtuvo a partir de la polimerización del formaldehído. Desde entonces la carrera por obtener nuevos polímeros no ha parado: en 1915 se obtuvo el acetato de celulosa, en 1921 las resinas ureicas, en 1928 las resinas acrílicas, en 1930 los poliestirenos, en 1932 el poliacetato de vinilo y el policloruro de vinilo, en 1938 la buna, las poliamidas y los poliuretanos, en 1940 el polietileno de baja densidad, en 1943 el acronitrilo, en 1945 las siliconas, en 1954 el polietileno de alta densidad y en 1956 el polipropileno. Como orientación, la producción anual de plásticos en EE.UU. desde el 1935 a 1985 se multiplicó por 500.

Actualmente la mayor parte de materiales que se fabrican con plásticos son de uno de estos seis productos: polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, PVC (policloruro de vinilo), poliestireno, polipropileno y tereftalato de polietileno (PET). La fuente actual de la mayoría de ellos es el petróleo o el gas natural.

*C1. Tratad de imaginaros si en vuestra habitación de repente desaparecieran todas las sustancias que están formadas por plásticos y haced una breve descripción de los cambios que se producirían.*

*C2. Recoged algunos objetos de plástico que tengáis por casa, como bolsas, envases de bebidas, bolígrafos, etc. y haced una lista con las propiedades macroscópicas más llamativas: color, transparencia, flexibilidad, elasticidad, dureza, resistencia al estiramiento, etc. y tratad de identificar qué objetos pueden estar hechos del mismo material.*

*C3. Escoged uno de los seis grandes plásticos que actualmente se fabrican y haced un pequeño informe sobre su obtención, sus propiedades y principales aplicaciones.*

## 5. NUEVAS TECNOLOGÍAS: LA NANOTECNOLOGÍA

Los materiales más innovadores obtenidos hasta ahora corresponden a variedades alotrópicas del elemento carbono. Desde antiguo son conocidas las formas llamadas grafito y diamante, dos sustancias con propiedades completamente diferentes. Más recientemente se han obtenido moléculas de muchos átomos de carbono, los llamados fulerenos, entre ellos el de 60 átomos de carbono, el buckminsterfulereno, que tiene forma de pelota de fútbol, pero esta exótica molécula parece que no es más que el principio de toda una serie de estructuras moleculares formadas por un número variado de átomos de carbono que adoptan formas fibrilares y son la base de una nueva tecnología. Se llaman nanotubos de carbono, por el orden de magnitud, el nanómetro ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), que adoptan los diámetros de estas estructuras. La tecnología basada en los nanotubos de carbono y otras estructuras moleculares semejantes se llama nanotecnología.

*A9. Leed y comentad este texto sobre la nanotecnología y sus aplicaciones*

### La nanotecnología: un rápido panorama

La mayoría de la gente que escucha por primera vez el término "nanotecnología" cree que se habla de las técnicas incluidas en el término "microtecnología", la tecnología usada en la microelectrónica y que ha transformado enormemente la sociedad en las últimas décadas. La relación no es del todo incorrecta, pero no es exacta.

La microtecnología es la tecnología que nos permite fabricar cosas en la escala de la micra. Una micra es una millonésima de un metro, o, para darse una idea más clara, la milésima parte de un milímetro. Todos sabemos cuánto es un metro: más o menos la distancia entre nuestra nariz y la punta de nuestros dedos cuando extendemos del todo un brazo hacia un costado de nuestro cuerpo. Si tomamos una milésima parte de esta longitud, tenemos un milímetro. Un milímetro es muy pequeño, pero todavía podemos verlo. Ahora imaginemos que tomamos un extremo de este milímetro, lo apoyamos en nuestra nariz y lo estiramos hasta que llegue al extremo de los dedos de la mano que se encuentra en el brazo que hemos extendido. Ahora volvemos a dividir en mil partes. Tenemos una milésima de la milésima parte de un metro, una longitud llamada micra. Esta es la escala en la que se trabaja cuando se construyen dispositivos tales como memorias, circuitos lógicos y de computación.



Los dispositivos de memoria y de lógica en venta en 1985 tenían estructuras con componentes de aproximadamente una micra de ancho. Para 1995, momento de la aparición del Pentium, se habían alcanzado tamaños de más o menos un tercio de micra, 350 nanómetros. Se trabaja ya en estructuras de 100 nanómetros, es decir, de un décimo de lo que se había logrado en 1985.

Un nanómetro es la medida que se obtiene si uno toma una micra, aplica un extremo sobre la punta de la nariz, lo estira hasta el extremo de los dedos del brazo extendido y lo divide en mil partes. Es una milésima de una millonésima de metro, es decir, una milmillonésima de metro.

El nanómetro marca el límite de reducción a que podemos llegar cuando hablamos de objetos materiales. En un nanómetro caben entre tres y cinco átomos. Aunque en el universo hay cosas más pequeñas que los átomos, se trata ya de cosas que no se pueden manipular. En nuestra vida cotidiana, los átomos son los ladrillos de construcción más pequeños que podemos utilizar.

Ahora que estamos pensando en términos de átomos, echemos una mirada a un objeto producido por microtecnología. Aunque la estructura tiene una millonésima de metro de ancho, sigue siendo muy grande. Hay miles de átomos en la superficie de este objeto y miles de millones en su interior. Es un trozo del macromundo. En el interior de este macroobjeto del tamaño de una micra existe la posibilidad de hacer miles de divisiones para obtener un nivel mayor de detalle. Si logramos llegar a un nivel de detalle del orden del nanómetro y trabajamos con una precisión de nivel atómico, el poder de nuestra capacidad para controlar el comportamiento de este objeto puede hacerse inmenso.

El ejemplo más grandioso de esta potencia se presenta en cada ser viviente. Se requiere un entorno de agua —el elixir de la vida—, y por esto se le suele llamar "el lado húmedo de la nanotecnología". Las formas de vida que conocemos están hechas de células rellenas con agua, pequeñas bolsas de vida que típicamente tienen tamaños de varias micras, como en el caso de los glóbulos blancos de la sangre humana.

Cada una de estas "bolsas" está repleta de miles de pequeñas máquinas que se mueven por el mundo líquido de la célula, ocupándose de la industria de la vida —enzimas, hormonas, RNA y ADN—, todas esas cosas que uno oye nombrar en los nuevos textos de medicina, biotecnología e ingeniería genética. Esas pequeñas máquinas son moléculas. Tienen un rango de tamaño de entre uno y varias decenas de nanómetros. ¡Son nanomáquinas! Están formadas por entre miles y decenas de miles de átomos. Y cada uno de esos miles de átomos tiene una ubicación exacta, definida con precisión por un diseño de ingeniería, de modo que el conjunto de esa nanomaquinaria pueda funcionar correctamente.

El ejemplo más impresionante son las enzimas. Cada una de ellas es una factoría química completa reducida a una escala de nanómetros. Estas enzimas han evolucionado durante miles de millones de años para lograr una fabricación cada vez más perfecta de sus productos químicos. En la mayoría de los casos han alcanzado los límites de la perfección. Son los catalizadores finales y fundamentales para esa reacción química que es su trabajo vital. Estas nanomáquinas moleculares son las que hacen que la vida funcione, no sólo para ellas mismas, sino en cada planta, pájaro o entidad que se arrastra o ha arrastrado sobre la superficie de nuestro planeta.

Esta nanotecnología húmeda es increíblemente poderosa. De hecho, cuanto más se sabe sobre ella más se comprende lo mucho que queda por saber. Pensemos en la hermosura de una joven, o de una flor, o qué increíble es que un ojo humano pueda ver o que un cerebro pueda pensar. Y entonces uno piensa: este lado húmedo de la nanotecnología (que la mayoría de la gente llama biotecnología) lo puede hacer todo.

Pero a pesar de este increíble poder, hay varias cosas que no se pueden hacer y que nunca se podrán hacer en el lado húmedo. Una de las más importantes es conducir electricidad como un hilo metálico, como una conexión dentro de una computadora o incluso en un semiconductor. Nunca se logrará —las razones son largas para describirlas aquí— con esta biotecnología. De hecho, la mayor parte de la revolución industrial que impulsa la sociedad moderna no es un tributo de la biotecnología, es producto del desarrollo de máquinas de vapor, motores a nafta y todo tipo de artefactos eléctricos, como radios, televisores, teléfonos y computadoras, todos ellos producidos por la tecnología del otro lado, el lado "seco", un área que parecería apuntar a ser la de mayor desarrollo potencial.

Imagínense lo que podría llegar a ser nuestro mundo si se pudiesen fabricar en el lado seco, sin agua ni células vivas, objetos con el grado de perfección atómica que la vida logra rutinariamente en el lado húmedo. Imagínense por un momento el poder que tendría el lado seco de la nanotecnología. La lista de cosas que se podría lograr con una tecnología así parece algo así como la lista de deseos navideños de nuestra civilización.

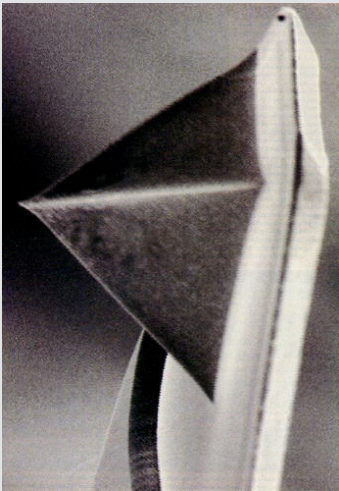
Veamos algunas

#### Una nanomáquina de escribir

En 1989, unos físicos del Centro de Investigación de Almaden de la empresa IBM, ubicado en San José, California, sorprendieron al mundo científico al usar un microscopio de sonda vibrátil para mover una serie de átomos de xenón sobre una superficie de níquel, escribiendo una versión microscópica del logo de IBM. Aunque el experimento demostró que se podían construir cosas a nanoescala, no dejaba de ser una experiencia exótica y única, que requería un microscopio fabricado a propósito, una habitación especial a prueba de vibraciones y un ambiente de temperaturas alrededor de los -270 grados centígrados, sólo unos grados por encima del cero absoluto.

Pero sólo diez años después se ha creado el AFM, sigla de Atomic Force Microscope. Este instrumento está cambiando la manera en que los científicos interactúan con la materia en pequeña escala.

Dentro de la cámara del AFM, de un modo invisible al ojo normal, los extremos de unas delgadísimas agujas se introducen en un substrato de moléculas orgánicas, luego estas agujas, afiladas hasta tener sólo unos átomos de ancho en la punta, escriben palabras de sólo una decena de nanómetros de ancho. El proceso funciona basándose en que las moléculas orgánicas, tal como la tinta en un lápiz fuente, fluyen desde el extremo de la aguja a la superficie de escritura, hecha de oro. Incluso tienen la posibilidad de usar distinto tipos de "tintas" y de cambiarlas en un momento. Para tener una idea de la escala de la escritura resultante digamos que, con la ampliación óptica que se necesita para leer esas letras, una línea escrita por un bolígrafo se vería de más de un kilómetro de ancho.



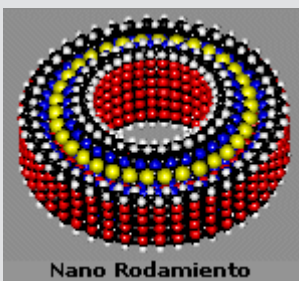
Para dar un poco de espectáculo, que para los norteamericanos nunca viene mal, usaron un AFM provisto con un conjunto de ocho agujas para escribir en menos de 10 minutos una página completa de un famoso texto que el físico Richard Feynman concibió en 1960, en un impresionante y certero acto de predicción, sobre las posibilidades de la nanotecnología.

Y todo eso a temperatura ambiente.

Esa fue sólo una prueba. El sistema no está pensado para escribir, por lo menos no en el sentido convencional que le damos a la palabra. Este sistema de litografía puede convertirse en una rápida solución para manufacturar nanocomponentes, desde microelectrónica a chips ADN (usados en genética) más rápidos y densos. Puede ser en la manera de producir nanoestructuras de manera masiva. Y puede ser el primer paso en la evolución de las herramientas que se necesitarán para fabricar nanomáquinas que luego sean capaces de hacer copias de sí mismas y construir otras: los nano robots.

### Los nano robots

Los nano robots ya han sido explotados en la Ciencia Ficción y las aplicaciones propuestas pasan por ítems difíciles de imaginar unas décadas atrás: Mantenimiento del cuerpo por dentro, reparación y recableado de tejido cerebral a control remoto, reparaciones corporales (arterias, cristalino, oído, órganos internos, tumores) sin necesidad de operación.

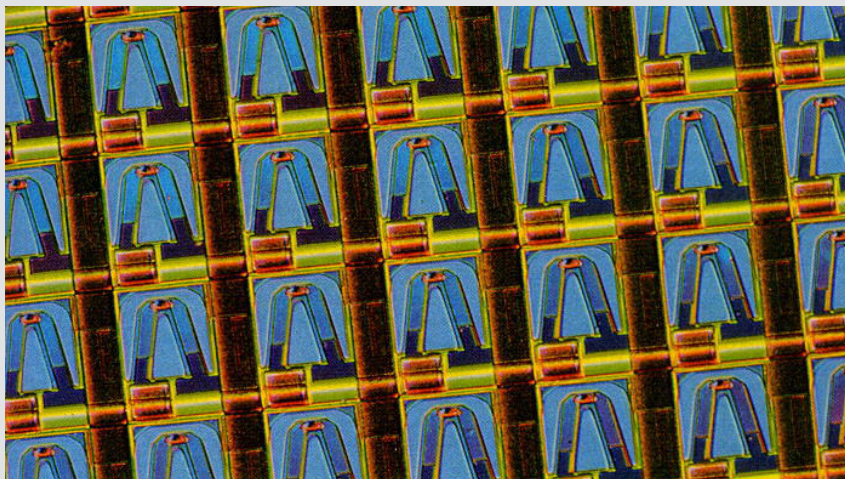


La tecnología aún está lejos de producirlos, pero, como en el campo de la Inteligencia Artificial, es una cuestión tan complicada y tan difícil que se avanza en diversos frentes. Una de las áreas sería la tratada en el bloque anterior: las herramientas; ya dimos una idea de cómo es una de las propuestas más concretas. Pero con carrocería solamente no se puede

## Memoria

En un laboratorio de IBM en Zurich, uno de los que ayudaron en la invención de aquel microscopio AFM de 1986, se trabaja en la miniaturización a nivel nanómetro del registro de datos. El sistema de almacenamiento se basa en un conjunto de 1024 agujas de AFM en una matriz cuadrada que pueden escribir bits de información de no más de 50 nanómetros de diámetro. El mismo conjunto es capaz luego de leer la información e incluso reescribirla.

La capacidad de guardar información a esa escala es una gran noticia para el mercado, pues multiplica inmensamente la cantidad de información que se puede almacenar en un área determinada. El mejor sistema actual de registro, basado en la memoria magnética, puede guardar alrededor de dos gigabytes por centímetro cuadrado; los físicos creen que el límite físico de la capacidad de este sistema —no alcanzado aún— es de alrededor de 12 gigabytes por centímetro cuadrado. El sistema de matriz de agujas descrito más arriba, bautizado "Millipede" (Miriápodo, por tener mil patas), ofrece 35 gigabytes por centímetro cuadrado (y hasta 80 gigabytes si se utiliza una aguja única) y es capaz de hacerlo a la velocidad de los artefactos magnéticos actuales. Con unidades de almacenamiento provistas de matrices gigantescas, con millones de agujas, se puede lograr un almacenamiento en el orden de los terabites, algo así como 40 veces lo que está disponible hoy comercialmente.



### Computadoras ubicuas:

La miniaturización a nivel nanométrico apunta a la inserción de potentes computadoras en relojes de pulsera y teléfonos celulares que posean algo que hoy no tienen: un disco rígido. Se supone que la tecnología del "Miriápodo" proveerá de discos rígidos de una capacidad en el orden de los gigabytes y de un tamaño de un centímetro cuadrado. Una de las cosas más importantes es que este nanodrive de tecnología AFM requerirá mucho menos energía para su operación que los de tecnología magnética, un factor extremadamente crítico en los productos portátiles.

### Exploración espacial: sondas autorreproductoras

Si bien los logros en el campo de la autoconstrucción son mínimos, algunos laboratorios han demostrado, por ejemplo, que, cubriendo la superficie de una placa de base (hoy se usa oro) con una pegajosa capa de material orgánico, se logra, bajo las condiciones

apropiadas, que miles de estas placas se acomoden por sí solas para formar estructuras tridimensionales. Esto parece caótico y anárquico por definición, sin embargo, en la Universidad de Harvard han logrado crear un circuito electrónico relativamente funcional usando una técnica similar.

En la Universidad de Texas en Austin, un científico ha buscado, entre millones de proteínas, aquellas capaces de reconocer y unir diferentes tipos de materiales inorgánicos. Se ha fundado ya una compañía, Semzyme, que busca crear una "biblioteca" de bloques de construcción mediados por proteínas.

En la Universidad de California, en la Universidad de Yale, en la Universidad Rice y en Hewlett-Packard se avanza en el desarrollo de computadoras moleculares autoconstruidas.

En la Web se puede encontrar un proyecto de la NASA relativo a las sondas basadas en sistemas autorreproductores. Es un plan que se lanzó hace más de veinte años para lograr que, en lugar de enviar la totalidad del equipamiento necesario para una exploración desde la Tierra, lo cual significa muchas toneladas puestas en el espacio, se envíen solamente ciertos robots capaces de construir el resto del equipamiento a partir de la materia prima extraída del lugar de aterrizaje. La NASA no pensó concretamente en nanotecnología, pero los científicos de esta área creen que será la única tecnología capaz de superar los problemas que presenta el proyecto, especialmente el de conseguir, reconocer y extraer los materiales necesarios para la construcción.

#### Medicina:

En la industria de medicamentos se busca lograr, por medio de nanotecnología, lo que logra en cada instante nuestro cuerpo y el de millones de seres vivos sobre el mundo, pero en condiciones controladas de laboratorio: la construcción átomo a átomo de moléculas complejas que hacen las funciones primordiales de la vida (como la insulina, por dar un ejemplo). El logro de este objetivo sería un inmenso avance para la medicina, pues simplificaría los procesos necesarios para obtener las complejas drogas que componen hoy los medicamentos y pondría al alcance de la ciencia una enormidad de proyectos hoy imposibles.

#### Aprovechamiento máximo de la energía solar

En Texas, estado de EEUU donde tienen el problema de que consumen gran cantidad de energía, proponen construir por medio de nanotecnología ciertos artefactos (que no se describen) capaces de atrapar cada fotón que les llega y así lograr un aprovechamiento muy eficiente de la energía solar. Estos colectores solares serían capaces de atrapar los fotones en unas nanoestructuras de escala menor que la longitud de onda de la luz solar, que es de entre 400 y 1000 nanómetros. El sistema de almacenaje funcionará como un condensador (que almacena electrones), pero que retendrá en su interior a los fotones.

#### Conclusiones:

La nanotecnología es, evidentemente, por lo que se puede mostrar, un área en la que se está aún en pañales. Pero los que leemos material de tecnología sabemos que, cuando se empieza a saber a nivel de divulgación de proyectos como los descritos en este artículo,

suele haber muchos más en las sombras que no se dan a conocer por razones de protección industrial, por resguardo de las ideas y por razones estratégicas de estado. La Ciencia Ficción nos ha mostrado la nanotecnología en las dos últimas décadas —aunque algunos pioneros lo hicieron antes— como una especie de magia moderna del futuro, aunque lo mágico es que en la mayoría de los casos las ideas que los escritores presentaron fueron analizadas y pensadas con total racionalidad. Y son posibles. Es decir, no es la magia de un libro de fantasía, porque han imaginado los mecanismos por los que serían capaces de lograr esas cosas, aunque la tecnología aún no sea capaz de fabricarlos. Una actitud típica de la más rancia Ciencia Ficción aunque los resultados de estas especulaciones son a veces dignos de un Merlín, o un Gandalf, o del viejo y conocido Mandrake de la cultura popular, sorprendidos en el mejor de sus momentos.

Extraído de la página web siguiente del autor Eduardo J. Carletti:

<http://axxon.com.ar/rev/110/c-110Nanotecnologia.htm>

*C1. Buscad información en la Web sobre los nanotubos de carbono y sus aplicaciones:*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Nanotubos>

*C2. Imaginad posibles aplicaciones futuras de la nanotecnología.*

*C3. ¿Qué riesgos puede desentrañar el uso de dispositivos de tamaño tan pequeño?*

<http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm>

## 6. ACTIVIDADES PARA SABER MÁS

*A10. Leed y comentad este texto sobre la historia de los metales*

### El uso de los metales en la historia

Se han encontrado artículos de cobre, plata y oro entre los restos de las civilizaciones más antiguas, ya que éstos son de los pocos metales que se encuentran libres en la naturaleza. Otros metales no resultaron accesibles hasta que los pueblos no aprendieron los procedimientos adecuados para extraerlos de sus menas. Parece probable que la formación de un metal se observó por primera vez al encender fuego sobre un lecho de piedras que contuviera algunos trozos de mineral (el cobre se obtenía a partir de unas piedras azules). La abundancia del cobre propició que se utilizara para la fabricación de herramientas. Hacia el año 3000 antes de la nuestra era, y quizá porque las menas de cobre y estaño se presentan a menudo asociadas, hubo pueblos que descubrieron que el cobre se podía endurecer al alearlo con estaño.

El resultado de esta aleación se llama bronce y a partir de él se podían fabricar cacharros, herramientas y armas tan superiores a las entonces conocidas que este hallazgo produjo una auténtica revolución tecnológica y dio comienzo el período conocido como Edad del Bronce. El acontecimiento más importante de esta época fue la guerra de Troya, en la que los soldados usaron armas y corazas de ésta aleación.

El hierro era escaso y por eso no se utilizaba en la fabricación de armaduras, era necesaria una cantidad de energía mayor que en el caso del cobre para obtenerlo a partir del mineral apropiado. Hacia el año 1500 aC el pueblo Hitita, que había construido un gran imperio en Asia Menor (la actual Turquía), fue el primero en usar de forma sistemática el hierro en sus herramientas. El hallazgo de que una herramienta de hierro mejoraba al añadirle algo de carbón vegetal (acero) marca el punto crucial de la metalurgia del hierro (Edad del Hierro). El ascenso y caída de las civilizaciones antiguas estuvo relacionada con los progresos y descubrimientos en el campo de la metalurgia.

El pueblo dorio, equipado con armas de hierro, invadió la península del Peloponeso hacia el 1100 antes de la nuestra era y acabó con la civilización micénica, que sólo disponía de armamento de bronce.

Ya hemos visto como los pueblos habían aprendido a preparar y usar algunos metales (Fe, Cu, Ag, Sn, Au,...), al mismo tiempo que desconocían la naturaleza de los procesos implicados en su obtención a partir de sus menas. Eso alentó la creencia en la posibilidad de transformar un metal en otro y trajo los intentos alquimistas de convertir el plomo en oro.

*C1. En la época moderna la obtención de nuevos metales ha provocado cambios muy importantes en la tecnología. Comentad qué ventajas ha representado la aparición de nuevos metales como el platino o el aluminio y buscad información sobre la época en que se obtuvieron por primera vez.*

*A11. Leed y comentad este texto original de los hermanos José y Fausto Elhuyar, químicos españoles del siglo XVIII que aislaron e identificaron el wolframio (1783)*

## Aislamiento e identificación de un metal nuevo: el wolfram

“Este metal presenta varias propiedades que lo distinguen de todos los demás que se conocen, como son: primero, su pesadez específica que es 1:17,6; segundo, los vidrios que forma con los fundentes; tercero, la dificultad en fundirse, que es mayor que la de la alabandina; cuarto, el color amarillo de la cal que da por calcinación, la cual no hemos podido llegar a fundir; quinto, las aligaciones con los demás metales, distintas de las que forman éstos entre si; sexto, su insolubilidad a lo menos directa en los ácidos vitriólico, marino y nitroso, y en el agua regia, y el color amarillo que toma con éstos dos últimos; séptimo, la facilidad con que en este estado de cal se combina con los álcalis y las sales que resultan

de estas combinaciones; octavo, la emulsión que forma su cal triturándola con agua, aún cuando tiene cierta cantidad de flogisto; noveno, la insolubilidad de esta cal en los ácidos vitriólico, nítrico, marino y acetoso, y el color azul que toma con este último. Todas estas diferencias son bastante notables, para que podamos mirar esta materia metálica como un metal sui generis, distinto de todos los demás”.

“Daremos a este nuevo metal el nombre de wolfram, tomándolo del de la materia de la cual lo hemos sacado, y miraremos éste como una mina, en que este metal está combinado con el hierro, y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungsteno o tungsteno que pudiéramos darle en atención a haber sido la tungstene, o piedra pesada, la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el wolfram un mineral que se conocía mucho antes que la piedra pesada, a lo menos, más generalmente entre mineralogistas, y que el término wolfram está ya aceptado en casi todos los idiomas de Europa, aún en el mismo sueco. Mudamos su terminación m en n para acomodar mejor al genio de nuestra lengua las denominaciones de las sales que se formen con esta sustancia, llamándolas volfránicas”.

(Citado por Marco, B. *Historia de la ciencia (II)*. IEPS. Madrid. 1984)

**A12.** *Leed y comentad este texto del químico inglés Sir Humphry Davy (1778-1829), sacado de una comunicación que hizo a la Royal Society de Londres el año 1807, en la que relata la experiencia de obtención del metal alcalino potasio por electrolisis de su hidróxido*

### Aislamiento e identificación de un metal nuevo: el potasio

Puse un fragmento pequeño de potasa ligeramente húmeda sobre un disco de platino, en conexión con el lado negativo de una batería eléctrica de 250 placas (cobre y cinc) en plena actividad. Un hilo de platino que conectaba con el lado positivo lo puse en contacto con la parte superior de la potasa. Todo el aparato funcionaba al aire libre. En estas circunstancias se manifestó una acción muy viva: la potasa comenzó a fundirse por los dos puntos de electrificación. En la parte superior (positiva) apareció una violenta efervescencia, provocada por la liberación de un fluido elástico (oxígeno); en la parte inferior (negativa), no se liberó ningún fluido elástico (pero aparecieron pequeños glóbulos con brillo metálico, exactamente semejantes a los glóbulos de mercurio). Algunos de estos glóbulos (de potasio), a medida que se formaban iban ardiendo con explosión y una llama brillante; otros perdían poco a poco el brillo y posteriormente se recubrían de una costra blanca. Estos glóbulos formaban la sustancia que yo buscaba: era un principio combustible particular, era la base de la potasa (el potasio).

(De Davy (1807), citado por Massain, *Chimie et chimistes*. Magnard. París. 1982)

**A13.** *Leed y comentad este texto sobre las consecuencias del uso de los CFC y su papel en el deterioro de la capa de ozono*



## Mario Molina, los CFC y el agujero de la capa de ozono

Mario Molina nació en México el 1943, se licenció como ingeniero químico en 1965, y se doctoró en Física-Química en 1972 por la Universidad de California en Berkeley.



Profesor de la Universidad de California en Irvine desde 1973 al 1982, se trasladó ese año al laboratorio de Jet Propulsion de Caltech donde trabajó hasta 1989. Desde entonces, es profesor en el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT).

Comenzó el estudio sobre el destino de ciertos productos químicos industriales muy inertes —los clorofluorocarburos (CFCs) — que se habían ido acumulando en la atmósfera, y que no parecían tener entonces ningún efecto significativo en el medio ambiente. La publicación que hizo en 1974 en la revista Nature de los resultados de sus trabajos sobre el efecto de los compuestos clorofluorocarburos que se usaban en los sprays sobre la capa de ozono inició una profunda transformación social.

Los compuestos clorofluorocarburos como el  $\text{CFCl}_3$  y  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (llamados, en general, freones, CFC), inventados por Thomas Midgley (que también inventó el aditivo de Pb para la gasolina), se utilizan extensamente como disolventes en circuitos electrónicos integrados, en aerosoles y como refrigerantes en los frigoríficos. Los CFC se descomponen fotoquímicamente y dan átomos de cloro, que catalizan la destrucción del ozono mucho mejor que los óxidos de nitrógeno. Una vez liberados a la atmósfera los CFC tardan entre 10 y 15 años en llegar a la estratosfera (velocidad de difusión lenta) y tienen una vida media que supera los 100 años, es decir, el efecto de estos vertidos se produce con retraso pero podría compararse con la de una bomba con efecto retardado, ya que ésta es su repercusión: una sola molécula de CFC destruye 100.000 moléculas de ozono.

Recibió el premio Nobel de Química en 1995, junto a su compañero de investigación Sherry Rowland, por su trabajo en química atmosférica, muy especialmente por sus estudios sobre el ciclo de formación y descomposición del ozono, trabajo que ha facilitado la comprensión del efecto de las conductas humanas sobre la capa de ozono en la estratosfera.

*C1. Buscad información sobre el papel que juega la capa de ozono en el origen y preservación de la vida.*

*C2. ¿Cómo protege el O3 de las radiaciones UV?*

*C3. ¿Qué efectos tienen los CFC y qué consecuencias sobre el medio ambiente y la salud? Señalar qué medidas se pueden tomar para resolver el problema. C1. Buscad información sobre el papel que juega la capa de ozono en el origen y preservación de la vida.*

*C4. Buscad información sobre los premios Nobel concedidos a temas ambientales o a hispanoparlantes. ¿Por qué ocurre eso?*

*C5. Investigad qué otros científicos de países que no son grandes potencias científicas han recibido un Premio Nobel.*

*C6. La conferencia internacional sobre sustancias destructoras de la capa de ozono acordó paralizar la producción de CFC en 2000. ¿Qué efectos se han logrado?*

*A14. Leed y comentad este texto sobre las consecuencias del uso de los pesticidas químicos y el deterioro ambiental*

## Los pesticidas químicos y el deterioro ambiental

Los libros de Rachel Carson contribuyeron a despertar la conciencia ambiental de muchas personas, profesionales de la ciencia y del 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 nuestra debilidad medio ambiente. Además cuestionaba el derecho de la sociedad industrial a contaminar a placer, sin tener en cuenta los efectos en el medio ambiente.

Su trabajo, que en la industria química y algunas agencias del gobierno de Estados Unidos intentaron descalificar acusándola de alarmista, originó, pocos años después de su publicación, la regulación de la manufactura y del uso de los pesticidas químicos, así como la eliminación de los residuos. Hacia el 1970, el uso del 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 alimentaria, y aumentan su concentración al pasar de un nivel trófico al siguiente.

C1. Buscad información sobre la biografía de Rachel Carson.

C2. ¿Por qué la industria química y algunas agencias del gobierno de Estados Unidos intentaron desacreditar el libro "Primavera silenciosa", así como su valor científica?

C3. ¿Creéis que hoy en día, 40 años después, la industria y los gobiernos aún ignoran los problemas ambientales denunciados por los movimientos ecologistas?

C4. Valorad las contribuciones científicas de Rachel Carson a las ciencias ambientales y su vigencia actual.

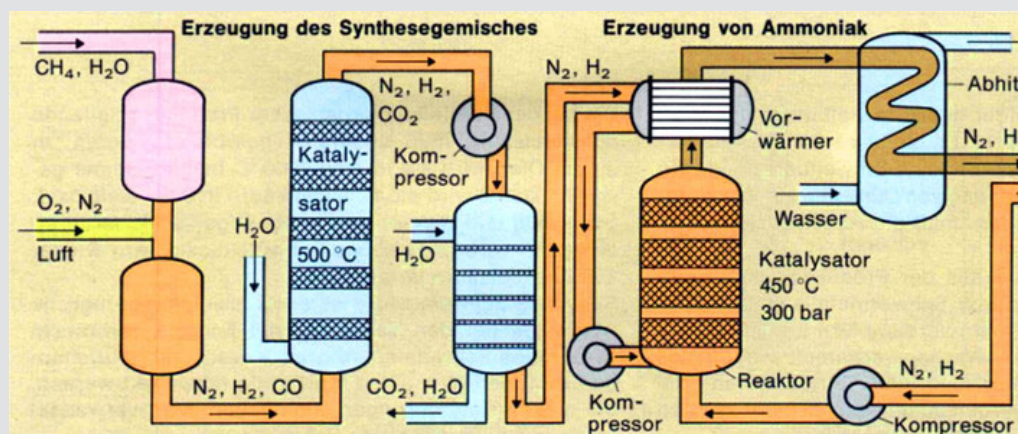
A15. Leed y comentad este texto sobre las consecuencias de la obtención de amoníaco por el proceso de Haber-Bosch y comentad este texto sobre las consecuencias del uso de los pesticidas químicos y el deterioro ambiental

## Algunas consecuencias sociales del proceso Haber-Bosch

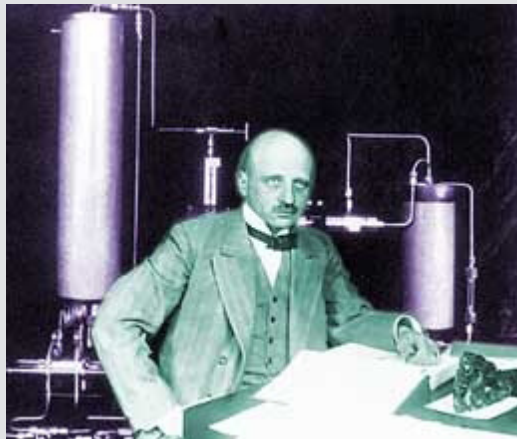
Una planta piloto con el proceso Haber funcionó por primera vez el año 1910 en Alemania. Gran Bretaña y sus aliados tenían el control sobre las rutas marítimas por donde se enviaba el nitrato de Chile y el estiércol peruano.

Alemania y las potencias centrales quedaron aisladas de esta fuente de nitrógeno fijado para la agricultura y los explosivos y se vieron abocados a innovar o a quebrar.

Con la llegada de la I Guerra Mundial el 1914 se amplió la capacidad de la primera planta y se construyó una planta de mayor importancia.



L. F. Haber, hijo de Fritz Haber, en su libro *El problema del nitrógeno*, indicaba que una de las razones por las que Alemania perdió la guerra no fue por la escasez de explosivos sino porque el ejército utilizó tan gran cantidad de compuestos nitrogenados que no quedaron suficientes para los agricultores. Las cosechas del 1917 y 1918 fueron desastrosas y provocaron el hambre y el colapso.



Entre las consecuencias sociales de la síntesis de Haber-Bosch podemos mencionar:

- La prolongación de la I Guerra Mundial un año o dos.
- La gran expansión desde la I Guerra Mundial, de la producción de nitrógeno fijado para fertilizantes. Así podemos ver cómo través de aplicaciones a gran escala, la ciencia puede resolver uno de los mayores problemas humanos: la desnutrición.
- Desarrollo de industrias relacionadas con fibras sintéticas como el nailon, plásticos, drogas medicinales, explosivos y colorantes.
- Problemas de contaminación: una de las formas por las que se pierde nitrógeno del ciclo es por medio de los compuestos nitrogenados que se van a los ríos y al mar. Los fertilizantes nitrogenados estimulan el crecimiento de las plantas verdes en el agua, igual como pasó en la tierra. Se aplica el concepto de eutrofización al proceso de enriquecimiento del agua con nutrientes, especialmente aquéllos que pueden fertilizar el crecimiento de las plantas acuáticas y las algas. Los efectos que producen pueden ser de tres tipos: crecimiento excesivo de algas, de hierbas y el carácter tóxico de los nitratos para los bebés alimentados con biberón. Quizá el efecto más dramático es el crecimiento excesivo de las algas. Las algas se multiplican de tal manera que la luz solar sólo puede penetrar unos pocos centímetros dentro de la agua. Como no llega oxígeno, las algas se mueren y se descomponen. El oxígeno disuelto en agua es totalmente absorbido y los peces se mueren. Eventualmente, en condiciones extremas, “el lago se muere”. El ejemplo más espectacular de esta situación la tenemos en el lago Eire en EEUU.

*C1. Buscad información sobre la biografía de Rachel Carson.*

*C2. ¿Cuáles fueron los objetivos sociales buscados en la iniciación de las aplicaciones a gran escala de las técnicas de fijación del nitrógeno?*

*C3. Indicar brevemente el contexto socioeconómico en que se produjo la síntesis de Haber-Bosch.*

*C4. ¿Qué desventajas comporta la producción actual de fertilizantes nitrogenados?*

## Tema 7

# LA ALDEA GLOBAL. DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN A LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

---

### ÍNDICE

- [1. Introducción](#)
- [2. Fundamentos científicos de las TIC](#)
- [3. Digitalización de la información: bits y bytes](#)
- [4. Informática y ordenadores](#)
- [5. Internet y sus implicaciones sociales](#)

### 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de las Tecnologías de la información y la comunicación es tal que algunos denominan nuestra época era de la información, lo que permitiría resolver la contradicción.

*A.1. ¿Cuáles son los nombres de las eras o edades a lo largo de la historia?*

*A.2. Enumera las TIC que conozcas.*

*A.3. ¿Qué descubrimientos o avances científicos han hecho posible el desarrollo de las TIC?*

*A.4. ¿Qué estructura tienen las TIC?*

**Comentarios A.4.** Tienen una estructura de red, con nudos (los ordenadores, los teléfonos móviles) y conexiones (ondas electromagnéticas, fibras ópticas, cables) y una gran capacidad de integrar redes ya existentes, actualmente las telefónicas, la red eléctrica y la de receptores de TV cuando se digitalicen las emisiones.

## 2. FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LAS TIC

### 2.1. Las ondas electromagnéticas

Maxwell predijo que las cargas aceleradas (en giro o vibración) emiten ondas electromagnéticas que se propagan con la velocidad de la luz. La comprobación experimental de esta predicción planteó serias dificultades técnicas ya que la frecuencia de las ondas electromagnéticas debía coincidir con la de vibración de las cargas y, por ejemplo, para la luz visible debía ser muy elevada ( $4 \cdot 10^{14}$  Hz).

*A.5. Menciona los distintos tipos de OEM que conozcas. ¿Qué diferencias hay entre ellas?*

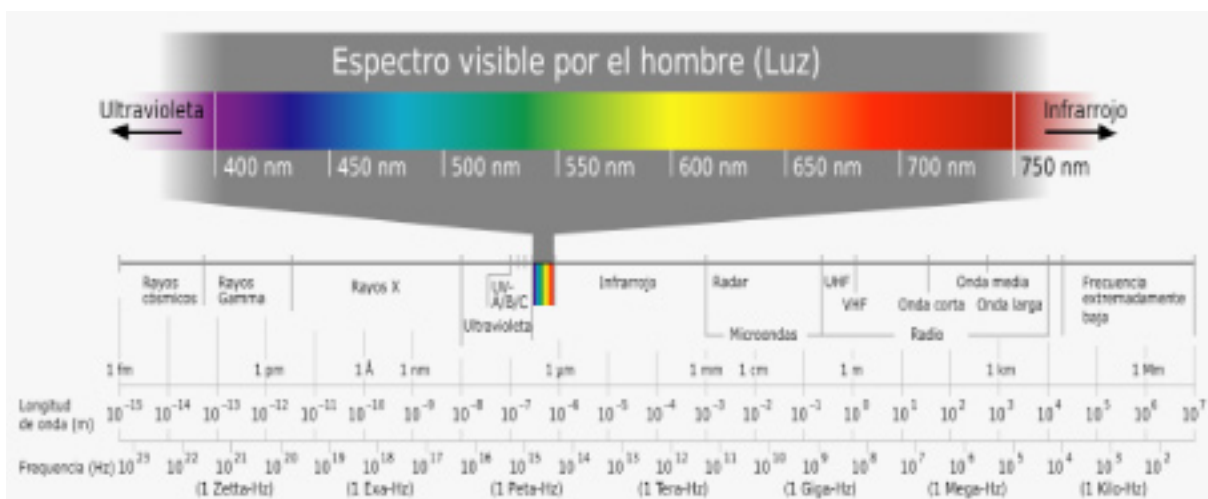


Imagen 1: Espectro electromagnético [agaudi.wordpress.com/2008/06/05/](http://agaudi.wordpress.com/2008/06/05/)

*A.6. ¿Qué aplicaciones de los distintos tipos de OEM conoces? ¿En qué importantes fenómenos ambientales se ven implicadas? Busca información al respecto.*

*A.7. ¿Qué relación existe entre el tamaño de las antenas de TV y teléfonos móviles y las ondas que utilizan? ¿Y entre los objetos que vemos y la luz visible?*

*A.8. En el dibujo adjunto puedes ver una onda armónica (portadora) que no transmite información por su carácter periódico y otra, la señal, que sí. ¿Qué magnitudes características de la onda armónica se modifican para darle contenido informativo? Este proceso se denomina modulación. ¿Qué ondas moduladas conoces?*

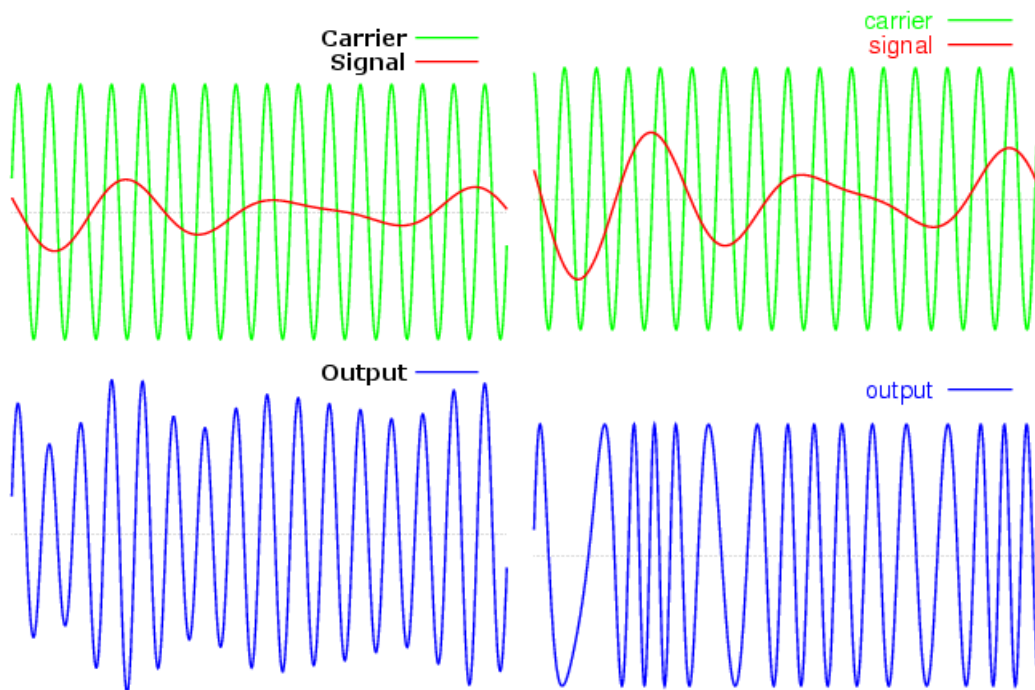


Imagen 2. Modulación de amplitud y de frecuencia. [nacc.upc.es](http://nacc.upc.es)

A.9. *¿De qué depende el impacto en la salud de las OEM?*

A.10. *Realizad un debate sobre los impactos de la telefonía móvil*

## 2.2. LA ELECTRÓNICA Y SUS APLICACIONES

A.11. *Lee el texto siguiente y contesta las cuestiones que siguen. Qué aplicaciones de los distintos tipos de OEM conoces? ¿En qué importantes fenómenos ambientales se ven implicadas? Busca información al respecto.*

Posiblemente, la electrónica sea una tecnología tan importante para la evolución de la humanidad como lo fue la máquina de vapor y recientemente se han celebrado los aniversarios del descubrimiento y del invento que la originan. El primero es el descubrimiento del electrón por Thomson en 1897 y el segundo la invención del transistor en 1947. Nos ayudarán a comprender algunas dificultades de los descubrimientos científicos. Así muchos piensan que los descubrimientos comienzan con la observación, pero en realidad el que hay al inicio es un problema, un programa de investigación. En el primer caso se trataba del estudio de la conductividad de los gases, empezado por Plücker y Geissler en 1858, después del éxito en el estudio de la conductividad de los metales por Ohm y de los electrolitos por Faraday. En un tubo de vidrio, en el que se había hecho el vacío, y que llevaba en cada extremo una placa metálica, encontraron que, cuando aplicaban una diferencia de potencial a las placas del tubo, era atravesado por un rayo luminoso,



los llamados rayos catódicos. Este tubo es el antecedente de las pantallas de nuestros televisores. Los trabajos de muchos otros científicos (Hittorf, Crookes, Perrin y, en especial, Thomson) pusieron de manifiesto que los rayos catódicos eran electrones.

La existencia de una partícula menor que el átomo implicaba que éste no era indivisible, como se había pensado hasta ese momento; en otras palabras, los átomos no eran los constituyentes últimos de la materia. En ese sentido se considera que el electrón fue el primer descubrimiento de partículas más fundamentales que el átomo, es decir, la primera de una larga serie que vendría después (el fotón, el protón, el positrón, el neutrón y un largo etc.), y que desembocó en la constitución de una nueva rama de la ciencia, la física de partículas elementales.

Pero también el descubrimiento del electrón ha sido la base del desarrollo de la electrónica. Añadiendo más placas metálicas al tubo de rayos catódicos, Fleming inventó el diodo en 1904 y de Forest el tríodo en 1906. El primero rectificaba la corriente eléctrica, el segundo la amplificaba. La primera aplicación fue la radio hacia 1912. Todas las personas mayores pueden recordar las grandes radios de válvulas. Esa técnica electrónica duró hasta bien entrados los años 50 y con ella se construyen los primeros televisores en blanco y negro hacia 1930 y pasados 10 años ya se habían comercializado en los EE.UU. La televisión comercial en color se inició hacia 1950.

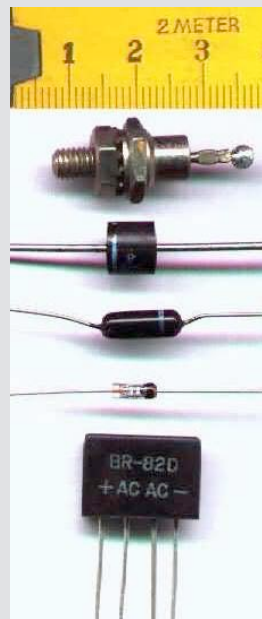


Imagen 3: válvula de vacío <http://www.guitarristas.info/foro/f13/componentes-electronicos-diodos-468/>

Imagen 4: diodo <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diode-photo.JPG>

Pero el actual desarrollo de la electrónica se produce cuando la antigua electrónica de válvulas es reemplazada por la electrónica de estado sólido. Ambas se basan en el control del comportamiento de los electrones mediante campos eléctricos, primero en el vacío y, actualmente, en los semiconductores. El comportamiento de los electrones en los semiconductores se explica a través de la teoría cuántica, mediante la denominada teoría de bandas.

Aunque inicialmente la tecnología de válvulas era superior a la de semiconductores, el gran impulso económico de los militares estadounidenses a estos últimos, a partir del proyecto de desarrollo del radar en la II Guerra Mundial, permitió el desarrollo de la microelectrónica. Ésta se inicia en 1947 con la invención del transistor de contacto por J. Bardeen, W. Brattain y W. Shockley, por el que recibieron el premio Nobel de Física en 1956.

Las ventajas de los transistores sobre las válvulas triodo residen en la miniaturización de los primeros y, en consecuencia, en el aumento de velocidad y la disminución del consumo energético. Esto ha favorecido una extraordinaria difusión de la microelectrónica que se ha convertido en la tecnología básica de la actual revolución científico-tecnológica.

*C1. ¿Qué implicaciones tuvo el descubrimiento del electrón?*

*C2. ¿Qué es un tubo de rayos catódicos? ¿Qué aplicaciones tiene?*

*C3. ¿Has visto una radio de válvulas? (En caso contrario pregunta a tus padres o abuelos). ¿Qué tamaño tenían comparado con los actuales? ¿Por qué?*

*C4. ¿Qué es un transistor? ¿Qué funciones puede desempeñar?*

*A. 12. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas.*

Otro de los descubrimientos importantes de la electrónica de semiconductores ha sido la invención del circuito integrado, en 1958, por Kilby, que lo patentó en 1959 y, ese mismo año, Noyce realiza la misma patente, pero con la actual tecnología planar. En 1970 Ted Hoff y la empresa Intel desarrollan el primer microprocesador (chip).

Un circuito integrado conecta varios dispositivos electrónicos en un solo chip de silicio. Se fabrica a partir de lingotes de silicio policristalino puro de 20 cm de diámetro, que se cortan en obleas de 0,7 mm de espesor. Se hace una máscara que no tape las áreas que van a ser semiconductor p y se difunden sobre ellas átomos de galio (u otro elemento del grupo III). A continuación se hace una segunda máscara que no tape las áreas que serán semiconductor tipo n y se difunden sobre ellas átomos de arsénico (o cualquier elemento del grupo V). Por último se hace una nueva máscara para tapar todo excepto las regiones en las que se desea poner los contactos metálicos y se hace una difusión de vapor de aluminio sobre estas regiones. De esta forma se obtienen resistencias, diodos y transistores conectados de la forma en que se han diseñado las máscaras.

Dichas máscaras, complejas como el plano de una ciudad, se elaboran por ordenador y se obtienen por reducciones fotográficas sucesivas. Para transferirlas a la oblea se depositan en ella finas capas de polímeros sensibles a la radiación UV y mediante sucesivas fotolitografías se replican las máscaras fotográficas de las distintas

partes del circuito en dichas capas, que después son eliminadas con disolventes. También se proyectan los iones dopantes sobre la superficie con un acelerador.

Estas operaciones se realizan en salas blancas (con 30 partículas por m<sup>3</sup> de aire, cuando lo normal son 530 millones). Posteriormente, se rompe la oblea en pequeños rectángulos, cada uno de los cuales, con un tamaño inferior al cm<sup>2</sup>, contiene un circuito integrado completo. Los transistores obtenidos tienen un tamaño de 350 nm (unos 1.800 átomos), por lo que cada circuito puede tener de 2 a 8 millones de transistores. Gordon Moore, cofundador de Intel, observó que cada 18 meses se duplicaba el número de transistores en los circuitos integrados, es decir, tenían un crecimiento exponencial con una tasa del 4,6 %.

Por ello, en un corto plazo, se acercarán a sus límites físicos, es decir, pocos átomos, con lo cual las fluctuaciones cuánticas impedirán el comportamiento de los transistores como puertas lógicas. Por ello se está investigando en nuevas tecnologías sustitutivas con dispositivos cuánticos, moleculares, ópticos, etc.

Los circuitos integrados se diferencian en circuitos lógicos, que estudiaremos más adelante, y en circuitos de memoria. Los microprocesadores agrupan estas dos funciones. Los circuitos integrados de aplicación específica y microcontroladores son procesadores simplificados que se incluyen en todas las máquinas, desde las lavadoras hasta el reloj. Los procesadores de tratamiento de señal, multiplican fácilmente los números y sirven para el tratamiento de la voz (teléfono móvil) y de la imagen (televisión digital). Las memorias son conjuntos de celdas que contienen un bit cada una. Se distinguen las RAM, cuyas celdas están formadas por un transistor que carga un condensador y las ROM, compuestas solamente por un transistor.

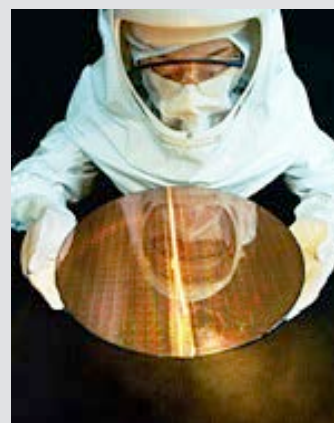
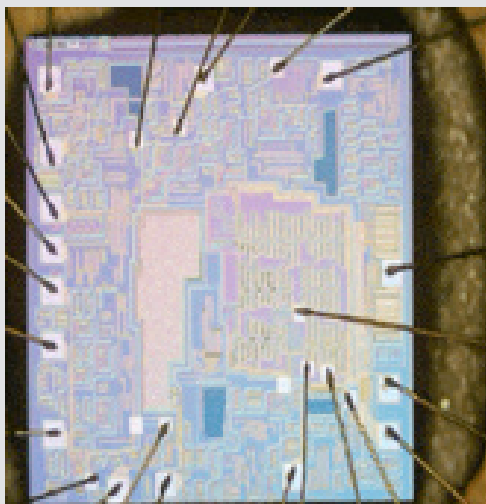


Imagen 5: Microprocesador <http://guindo.pntic.mec.es/~pold0000/trabajosASI/asi104/Micros.htm>

Imagen 6. Trabajador de sala blanca con oblea de silicio <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/hardware/2005/03/17/140483.php>

C1. A partir del texto y las fotos, ¿cómo se fabrica un circuito integrado?

C2. ¿Es contaminante el proceso?

C3. ¿Qué problemas está planteando la gran miniaturización de los chips?

C4. ¿En qué avances científicos se basan las memorias RAM y ROM?

C5. ¿Qué es un pendrive?

A. 13. Profundiza, mediante consultas bibliográficas o en Internet, en las implicaciones de la microelectrónica en la tecnología actual.

A. 14. Valora críticamente, sopesando ventajas e inconvenientes, su papel en la vida de las personas.

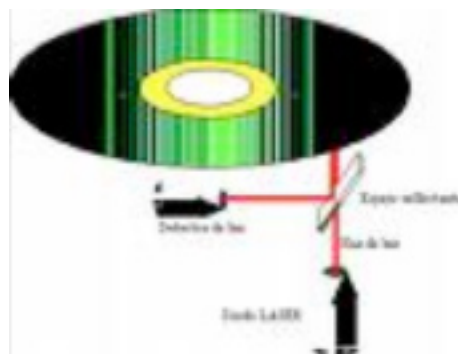


Imagen 7: Disco duro <http://informaticaxp.net/consejos-practicos-para-la-reparacion-y-optimizacion-del-disco-duro>

Imagen 8: Lectura mediante Laser de CD ROM <http://manitaselectricidadfacil.blogspot.com/2009/02/diodo-laser-lector-de-discos-compactos.html>

A. 15. ¿Qué dispositivos magnéticos de memoria conoces? ¿Qué capacidad tienen? ¿En qué avances científicos se basan?

A. 16. ¿Qué dispositivos ópticos de memoria conoces? ¿Qué capacidad tienen? ¿En qué avances científicos se basan?

A. 17. ¿Qué es la fibra óptica? ¿Qué aplicaciones tiene?

### 3. DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN: BITS Y BYTES

A.18. *¿Señala aparatos analógicos o digitales de nuestro entorno*

A.19. *Explica si las siguientes magnitudes se representan de forma analógica o digital:*

- a) *La velocidad que indica el velocímetro de un coche.*
- b) *El tiempo medido por un reloj de agujas.*
- c) *La intensidad del sonido de un amplificador cuando se mueve el mando del volumen.*
- d) *El número de libros que hay en una biblioteca.*

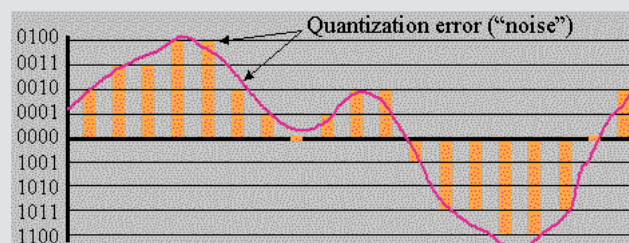
A.20. *¿Qué tipo de números se pueden manipular y transmitir fácilmente con ordenadores?*

A.21. *Expresa en binario los primeros 9 dígitos.*

A.22. *Un conjunto de 8 bits se denomina 1 byte y cada uno de ellos codifica un carácter. ¿Cuántos caracteres se pueden codificar?*

#### 3.1. DIGITALIZACIÓN DEL SONIDO

A.23. *Lee el siguiente texto y contesta las preguntas que se plantean.*

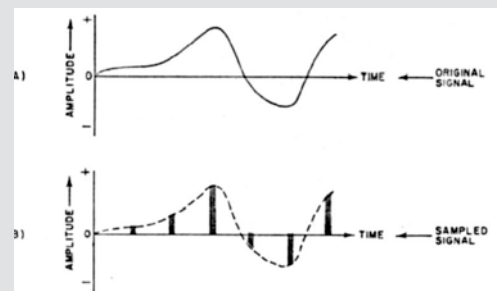


En primer lugar, la señal acústica se transforma en eléctrica por medio de un micrófono. Se obtiene una curva como la que aparece en la figura. En el eje de ordenadas aparecen los valores de la tensión y en el de abscisas, los del tiempo. Se observa que la variación de tensión eléctrica es continua. Por tanto, se trata de una señal analógica.

A continuación se convierte la señal analógica en digital. Para ello se realizan dos operaciones:

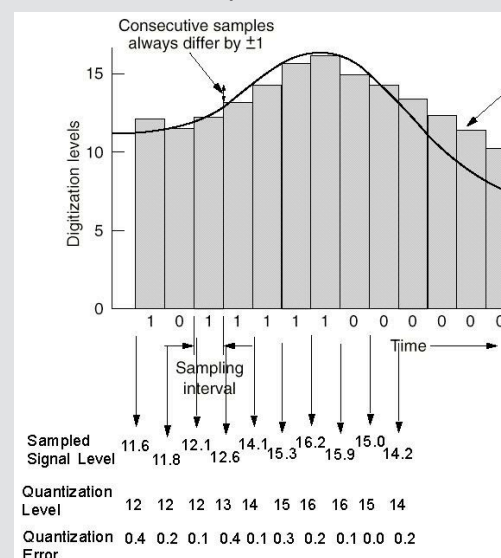
- el muestreo
- la cuantización

Cuando se mide la amplitud de una onda a intervalos regulares de tiempo, se dice que se ha realizado el *muestreo* de la señal analógica. De esta forma, se produce una primera digitalización del sonido dado que se ha pasado de un conjunto continuo de valores de la amplitud a un conjunto discreto. En la figura adjunta aparece el proceso de muestreo.



La frecuencia a la que se realiza el muestreo viene determinada por el teorema de *Nyquist-Shannon*. De acuerdo con el mismo, una señal analógica que ha sido muestreada puede ser reconstruida perfectamente si la frecuencia de muestreo es superior al doble de la máxima frecuencia de la señal analógica original. La máxima frecuencia que percibe el oído humano es de 20.000 Hz. Por tanto, la frecuencia de muestreo que se debe utilizar en la digitalización de las ondas sonoras debe ser superior a  $2 \cdot 20.000 = 40.000$  Hz. Normalmente se utiliza una frecuencia de muestreo de 44.000 Hz, es decir, 44 kHz.

Después de efectuar el muestreo de una señal de sonido, se tiene un conjunto discreto de valores de la amplitud de la onda. Estos valores se expresan por números que varían de forma continua. Por tanto, es preciso asignar un valor discreto a cada uno de los valores obtenidos. Se ha de realizar una segunda digitalización. Por ejemplo, en la figura se observan algunos valores de amplitud de la onda obtenidos en el proceso de muestreo: 12,1, 14,1, 15,3, etc. Estos valores se han cuantizado a 12, 14, 15, etc. Para ello se utiliza un procedimiento denominado PCM (abreviatura en inglés de Pulse-Code Modulation, Modulación por impulsos codificados). A continuación, los valores cuantizados se convierten en dígitos binarios. En el caso de la figura, se tendrían los bytes: 0000 1100; 0000 1110; 0000 1111.



Como se observa en la figura, en el proceso de cuantización se cometen errores. En los valores considerados de 12,1, 14,1, 15,3, los errores producidos serían 0,1, 0,1 y 0,3 respectivamente. Para disminuir dichos errores es necesario utilizar un *nivel de cuantización* (*quantization level*) mayor. Como se vio anteriormente, si se toman dos bits, se pueden formar  $2^2$  números binarios, con tres bits,  $2^3 = 8$ , etc. De esta forma, cuanto mayor sea el número de bits asignados a cada valor obtenido en el proceso de muestreo, mayor será el número de valores posibles que se tendrán y, por tanto, mejor se ajustará el valor obtenido en el proceso de muestreo al asignado en la cuantización. En el sonido se utiliza un nivel de cuantización de 16 bits que da lugar a  $2^{16} = 65.536$  posibles valores.

El tamaño en bits de un archivo digital de sonido puede calcularse multiplicando la duración en segundos por la frecuencia de muestreo por el nivel de cuantización por 2 (si es estéreo). Si el resultado se quiere obtener en bytes, el número obtenido se ha de dividir por 8. Por ejemplo, un archivo de sonido estéreo que dura 1 minuto digitalizado con una frecuencia de muestreo de 44 kHz con un nivel de cuantización de 16 bits ocupará  $1 \cdot 60 \cdot 44 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 2 / 8 = 10.560.000$  bytes.

*C1. ¿Cuál es la idea principal de este texto?*

*C2. ¿Cómo se puede digitalizar una señal de audio?*

*C3. ¿Cómo se disminuyen los errores de muestreo?*

*C4. Busca información sobre Shannon.*

### 3.2. DIGITALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES



*A.24. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas que se plantean al finalizar el mismo.*

Si se amplía una imagen digital se comprueba que está formada por pequeños cuadrados o rectángulos llamados píxeles. La palabra píxel es una abreviatura de las palabras inglesas *picture element*.

Para digitalizar una imagen se divide en pequeños cuadrados o rectángulos. A cada uno de ellos se le asigna un valor tonal expresado en el sistema de numeración binario. Como las imágenes pueden estar representadas en blanco y negro, en escala de grises o en color, el valor tonal se refiere a estas características.

Si la imagen es en blanco y negro, a cada píxel se le asigna un 1 o un 0. El primer número corresponde al blanco y el segundo al negro como se muestra en la imagen.

El número de bits utilizados en cada píxel determina la *profundidad de bits*. En el caso anterior a cada píxel se le asigna un 1 o un 0. Por tanto, la profundidad de bits sería 1. Si se utilizaran dos bits, se tendrían cuatro posibles valores para asignar a cada píxel: 00, 01, 10 y 11. De esta forma cada número binario formado por dos bits podría representar los valores tonales indicados en la tabla:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Valor tonal
00	Blanco
01	Gris claro
10	Gris oscuro
11	Negro

En el caso de que se utilizaran tres bits para cada píxel, se tendrían  $2^3 = 8$  valores diferentes. Para cuatro bits,  $2^4 = 16$  valores, etc. En las imágenes en escala de grises, se utiliza una profundidad de bits comprendida entre 2 y 8.

Cuando las imágenes son en color, la profundidad de bits varía entre 8 y 24. Esto implica que el número de posibles colores que se podría asignar a cada píxel estaría comprendido entre  $2^8 = 256$  y  $2^{24} = 16.777.216$ . El color de cada píxel se obtiene calculando la proporción de cada uno de los tres colores primarios (rojo, verde y azul) cuya mezcla daría lugar al color considerado. Si la profundidad de bit es 24, se asignan 8 bits al color rojo, 8 al verde y 8 al azul. En las imágenes siguientes se aprecia el efecto cuando disminuye el número de colores. En la primera imagen se ha utilizado una profundidad de bits de 8 que corresponde a 256 colores. En las siguientes, la profundidad de bits es 4 (16 colores), 2 (4 colores) y 1 (2 colores: blanco y negro).



A medida que aumenta el número de píxeles de una imagen, aumenta su *resolución*, es decir, la capacidad de apreciar los detalles pequeños que aparecen en ella. En las imágenes siguientes se muestra esta propiedad.





La resolución de una imagen se expresa como el número de píxeles por pulgada que existen en ella. Este número corresponde a la frecuencia de muestreo. El concepto anterior se abrevia con las letras dpi (dots per inch, puntos por pulgada) o ppi (pixels per inch, píxeles por pulgada) que son equivalentes.

Si una fotografía tiene unas dimensiones de 5 pulgadas x 8 pulgadas y se escanea a 300 ppi, el número de píxeles que contendría sería 1.500 x 2.400 dado que 5 pulgadas · 300 ppi = 1.500 píxeles y 8 pulgadas · 300 ppi = 2.400 píxeles.

Para calcular el tamaño en bytes de una imagen cuando se guarda en un ordenador, se multiplican las dimensiones de la imagen (largo x ancho) por la profundidad de bits y se divide por 8. Por ejemplo, una imagen de 2 x 4 pulgadas escaneada a 300 ppi y con una profundidad de bits de 24 tendrá un tamaño de  $2 \cdot 4 \cdot 300 \cdot 24 / 8 = 7.200$  bytes.

*C1. ¿Cómo se puede digitalizar una imagen?*

*C2. ¿Qué diferencias hay entre las imágenes en blanco y negro y en color?*

*C3. ¿Qué es la resolución de la imagen y cómo se puede aumentar?*

## 4. INFORMÁTICA Y ORDENADORES

*A.25. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas que se plantean al finalizar el mismo.*

Desde el punto de vista histórico, la palabra informática surge en Francia, en los años sesenta del siglo XX, como contracción de INFORMación autoMÁTICA. Como su nombre indica, se ocupa de proporcionar ayuda en tareas en las que predomina el manejo de información.

La utilización de métodos de ayuda en la realización de cálculos se remonta a más de 4.000 años, cuando se empezaron a utilizar muescas en trozos de madera o de piedra para llevar la contabilidad en el intercambio de productos. Una de las máquinas calculadoras

más antiguas que se conoce es el ábaco, empleado por los romanos en el siglo IV a.C., aunque los chinos ya utilizaban un contador a base de bolas hacia el siglo IX a.C.

En el siglo XVII, varios matemáticos diseñaron e incluso llegaron a construir máquinas que realizaban operaciones aritméticas elementales, inspiradas en los mecanismos de relojería. El matemático B. Pascal desarrolló en 1645 su máquina aritmética, que realizaba las mismas funciones por procedimientos más complejos. Treinta años después Leibniz ideó otra máquina similar.

La primera aparición de una máquina programable de carácter práctico data de 1801, año en que el francés Joseph-Marie Jacquard desarrolló un telar automático que funcionaba a base de largas tiras de cartón con perforaciones que indicaban los patrones a realizar. En 1833, el británico Ch. Babbage diseñó, y a lo largo de los siguientes años trató de construir, una máquina, a la que llamó máquina analítica, que debía permitir realizar las cuatro operaciones fundamentales sobre 1.000 números de 50 cifras contenidos en una memoria, según las indicaciones de un programa de cálculo registrado en una tira de papel perforado, siguiendo una técnica parecida a la desarrollada por Jacquard. Aunque por razones puramente técnicas nunca llegó a funcionar, su diseño alcanzó gran fama debido a que Babbage estableció cuáles debían ser los elementos fundamentales de un sistema automático.

Entre 1936 y 1946 se producen los principales desarrollos, en los que se pasa de las calculadoras mecánicas (con ruedas dentadas y tarjetas perforadas) a las electromecánicas (constituidas por interruptores eléctricos o relés, dispositivos digitales en los que la circulación de corriente representaba el 1 y la interrupción del flujo 0). Este tipo de máquinas es considerablemente más rápido que las de tipo mecánico y también más fiable. Por último, se inician las electrónicas (de válvulas), 1000 veces más rápidas que las electromecánicas, que se clasifican en las siguientes generaciones:

- 1ª generación: Turing, Newman y Wynn-Williams, finalizaron para los servicios secretos ingleses en 1943 el Colossus, la primera calculadora electrónica con 1500 válvulas.
- ENIAC (1946), con 18.000 válvulas, que pesaba 30 toneladas y que consumía 174 kw, reprogramada.
- EDVAC (1951), diseñada por von Neumann, con las características de los ordenadores actuales: almacenamiento de programas en una memoria física y recorrido secuencial de las instrucciones almacenadas.
- 2ª generación (1952-1964), transistores sustituyen a válvulas de vacío, memorias de ferritas. Primeros ordenadores comerciales con programación previa (sistema operativo).
- 3ª generación (1964-1971), circuito integrado como soporte de información, se reduce tamaño y coste de los ordenadores, aumenta velocidad y prestaciones, lenguajes Fortran y Cobol.

- 4ª generación (1971-1990), circuito microprocesador, que integra todos los circuitos básicos del ordenador en un sólo circuito. Aparición en 1977 del 1er. ordenador personal o PC Apple II de Wozniak y Jobs. Aparición en 1981 del IBM-PC. Lenguajes Logo, Pascal, Basic
- 5ª generación (a partir de 1990), avance en la escala de integración continúa de forma progresiva. Los circuitos integrados VLSI alcanzan cifras del orden de millones de transistores que ocupan un espacio menor que 1 cm<sup>2</sup>. Mayor énfasis a la comunicación usuario-ordenador, en un intento de aproximar cada vez más el lenguaje del ordenador a la forma de comunicación natural de las personas y al lenguaje convencional.

*C1. Busca información sobre la historia de la informática, que complete la anterior.*

*C2. ¿Coinciden las generaciones en diferentes textos? ¿Qué criterios las definen?*

*C3. Valora si es más adecuado clasificar a partir del “hardware”, del “software” o de ambos.*

## 5. INTERNET Y LAS TIC

Internet: Red informática de ordenadores que se encuentran interconectados entre sí en todo el mundo y pone a disposición del usuario información variada y servicios.

Tiene su origen en 1969, cuando la Agencia de defensa de EE.UU. creó Arpanet, red informática descentralizada con un lenguaje universal de comunicaciones, y que garantiza el intercambio de datos en circunstancias extremas (destrucción parcial de la red tras un bombardeo).

La nueva red se convirtió en elemento aglutinador de multitud de redes independientes que decidieron utilizarla como núcleo troncal para intercambiar información.

En 1972 nace el correo electrónico que en 1973 produce el 75 % del tránsito.

En 1983 el conjunto de todas estas redes pasó a denominarse Internet.

Actualmente, Internet agrupa más de 30.000 redes internacionales y el número de ordenadores conectados la misma se acerca en la actualidad a los 1.000 millones.

En 1989 Tim Berners-Lee desarrolla un sistema en red de recursos multimedia en formato de hipertexto para el CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), la World Wide Web, para facilitar la localización, acceso y consulta de la información requerida por el usuario en cada momento.

A.26. Amplia la información del texto sobre el origen de Internet.

A.27. ¿Qué opinión te merece la actitud de Tim Berners Lee de no haber utilizado para su beneficio económico la creación de la Web?

A.28. ¿Conoces algún ejemplo más de altruismo científico?

A.29. Busca información sobre el CERN y los otros premiados R. Kahn y V. Cerf, para ver cuáles fueron sus contribuciones.

## 5.1. INTERNET Y SUS IMPLICACIONES SOCIALES

A.30. Lee el siguiente texto, adaptado de “Les empremtes de la ciència” de Jordi Solbes y realizad un debate sobre las preguntas que se plantean al finalizar el mismo.

La globalización, según el FMI, es la interdependencia económica creciente del conjunto de los países del mundo, provocada por el aumento del volumen y la variedad de las transacciones transfronterizas de bienes y servicios, así como de los flujos internacionales de capitales, al mismo tiempo que la difusión acelerada y garantizada de la tecnología. Esta definición, como todas, oculta algunas cosas, por ejemplo, que se trata de una globalización tan sólo del sistema económico y que no se trata de una tendencia actual, dado que el capitalismo desde sus orígenes tiende a la mundialización de los mercados y al desarrollo de la tecnología para incrementar el beneficio privado. Y esto se traduce, como ya señalara Marx hace más de un siglo, en una concentración de riqueza y en un incremento de la desigualdad constantes. También se traduce en la destrucción del medio ambiente y el agotamiento de los recursos a nivel también global, aspectos que no pudo señalar dicho autor, porque vivió en los inicios del capitalismo.

A nivel económico, las TIC permiten la movilización de capitales casi instantánea (las caídas de las bolsas repercuten en pocas horas en las otras bolsas del mundo). En palabras de Castells (1997), esta nueva economía “es capaz, por primera vez en la historia, de funcionar como una unidad en tiempo real a escala planetaria, en virtud de la nueva infraestructura proporcionada por las TIC”. A nivel *cultural*, las redes comunicativas mundiales permiten saber al día que pasa en la otra parte del mundo (aldea global), lo que favorece la homogeneización cultural, tomando como modelo la forma de vida americana. Los grandes medios de comunicación, que son grandes multinacionales (como Time Warner CNN, Disney/ABC, Bertelsman o Murdoch) interesadas en el sostenimiento de un status que les beneficia, esconden la información crítica y alternativa, y además, tienen mucha importancia en la deformación de la opinión, con publicidad masiva (no sólo explícita, también implícita: “quien ve películas americanas compra productos americanos”), culto a la violencia e ilusiones de éxito, que son éxitos de audiencia.

Esa globalización crea en los ciudadanos una situación de incertidumbre, de miedo, de indefensa, de lejanía. En el primer mundo, se pasa de la aspiración a dejar un trabajo alienado a la necesidad de encontrar un trabajo debido al paro estructural producido por las nuevas tecnologías (automática, robótica) y, sobre todo, por el traslado de empresas a países con costes laborales más bajos. En el tercer mundo a situaciones de miseria insostenibles fruto de las nuevas formas económicas (deuda externa) y tecnológicas de colonialismo. Por todo eso el individuo se siente frágil y con pérdida de identidad frente a esas grandes fuerzas que le dominan y se producen los fenómenos de los nacionalismos, los integristas y fundamentalismos religiosos.

Ahora bien, esto no es una simple crítica de la globalización, sino de una globalización tan sólo del sistema económico, realizada según postulados neoliberales, que olvida la globalización política (más poder para una ONU sin derecho de veto de algunos estados privilegiados) y la social (de los derechos humanos).

La informática y, especialmente, Internet, desde que las grandes potencias económicas (EE.UU., UE, Japón) apuestan por su desarrollo ha recibido elogios continuamente. Se habla de su papel en la modernización de toda clase de empresas mediante la informática (agrícolas e industriales, los servicios bancarios, bursátiles, la administración, los transportes y comunicaciones). Pero también en el desarrollo de una nueva economía, caracterizada por las nuevas empresas y nuevas ocupaciones ligadas a la informática e Internet y por la movilización de capitales casi instantánea. Se habla, así mismo, del crecimiento exponencial del número de teléfonos, de ordenadores y de los conectados en Internet. También se mencionan grandes cifras de creación de empleo. Así, en el año 2000 había en España medio millón de expertos en TIC.

Ahora bien, todo crecimiento exponencial es insostenible. Está limitado por la riqueza de los países y, así encontramos que más del 96 % de los ordenadores conectados en Internet se encuentran en los países más ricos donde sólo vive el 15% de la población. En Finlandia hay más ordenadores conectados que en todo el continente africano. También está limitado por la distribución interior de la riqueza en cada país. Así, en España un 90% de las consultas a Internet son realizadas por las clases media y alta de la sociedad, las únicas capaces de realizar la inversión mínima (adquisición de ordenador, conexión telefónica) y de tener una preparación suficiente. Pero el problema no es sólo si las TIC reproducen las desigualdades existentes sino, lo que es más grave, si las aumentan, como sucede en la actual globalización.

Otro problema es el de las transferencias de tecnología a los países del tercer mundo, donde abunda la mano de obra y escasea el capital, porque a veces se transfieren tecnologías obsoletas (por ejemplo, cadenas de montaje, ordenadores o vehículos que ya no se utilizan en el primer mundo) o porque dichos países están aislados de la red de fibra, que sólo conecta los EE.UU. con Europa y con Japón o Corea del Sur y por la que se transmite el 90% de la información. Por ello, los satélites geostacionarios continúan siendo esenciales para los países sin buena conexión por fibra, aunque en la actualidad solo transmiten un 10% de la información. Por último, la velocidad de transmisión siempre está limitada por la capacidad de los últimos metros de la conexión.

En los países avanzados hay otros problemas relacionados con las TIC. En los inicios, los propios ordenadores fueron usados como medio de discriminación social y así, los colegios

privados de EE.UU. empezaron a ofrecerlos a principios de los 80 como medio para competir en el mercado de alumnos de familias de clase alta. Ahora se plantea como un gran problema el control de la intimidad que permite la informática. En la sociedad hay múltiples bases de datos: personales (censo), fiscales (hacienda), sanitarios, bancarios, policíacos, etc. Si algún organismo del Estado o empresa las cruzara todas conseguiría un gran control sobre la vida de los ciudadanos. Se dice que la ley de protección de datos prohíbe que datos privados puedan ser divulgados sin el conocimiento de los interesados. No obstante, a pesar de la ley, se reciben cartas de empresas privadas que incluyen datos personales (nombre, domicilio, profesión, número de hijos, etc.). Esto es debido a que hay personas que los venden, que acceden ilegalmente a ellos o instituciones que utilizan los datos con un fin que no es el declarado. También se puede controlar la información que circula por la red, así como las páginas Web o correo electrónico de un usuario.

En cuanto a Internet las grandes empresas van marcando las tendencias sobre formas y contenidos, convirtiéndola en un gigantesco sistema de entretenimiento, de publicidad y de consumo, sin desarrollar su potencial por mejorar la política, la educación, la salud y la cultura, cosa que queda en manos de iniciativas particulares con muchos menos recursos. Por ejemplo, en los inicios de la red se hablaba de sus posibilidades por favorecer una democracia más participativa (con la posibilidad de intervenir en las discusiones y decisiones importantes para los ciudadanos), pero el que realmente se ha desarrollado en ese campo es el de las páginas Web de propaganda de instituciones y partidos políticos. Además Internet permite grandes flujos de información, pero no de conocimiento, ya que gran parte de la información es irrelevante, la gente no está enseñada a tratarla y el resto está muy controlado (las decisiones empresariales, los documentos clasificados y un grande etc., es decir, la información que realmente supone poder) o no se difunde (la existencia de alternativas políticas a nivel global o local).

*C1. ¿Qué entiendes por globalización? ¿Cómo contribuyen las TIC a la globalización?*

*C2. ¿Las TIC han dado lugar a nuevas profesiones y nuevos negocios para los jóvenes? Enuméralas. ¿Crees que las TIC hacen que los jóvenes tengan menos puestos de trabajo? ¿Por qué?*

*C3. ¿Promocionan las TIC las desigualdades sociales? ¿Cómo?*

*C4. ¿Conoces algún organismo que controle Internet? ¿Pueden conocer lo que tú chateas o comunicas por e-mail a otras personas?*

*C5. ¿Cómo pueden mejorar las TIC la educación, la democracia, el ocio?*