



TEMA 14. EL APARATO RESPIRATORIO

INTRODUCCIÓN:

El término de respiración incluye dos procesos relacionados, pero básicamente diferentes, que conviene aclarar:

La **respiración interna o celular**, que es el conjunto de reacciones de oxidación mediante las cuales las células extraen energía de la materia orgánica (combustibles metabólicos) combinándolos con oxígeno. Todas las células con metabolismo aerobio realizan este proceso.

La **respiración externa**, que es el conjunto de procesos que posibilitan la adquisición de oxígeno por todas las células de un organismo pluricelular, así como la eliminación del anhídrido carbónico formado por las células como resultado del catabolismo (excreción).

La respiración externa, por tanto, es imprescindible para que tenga lugar la interna. Necesitamos respirar ininterrumpidamente para mantenernos vivos, pues algunas células, como las neuronas, son particularmente sensibles a la carencia de oxígeno, y si durante sólo unos minutos se interrumpe su suministro mueren. Al no ser reemplazadas, las consecuencias son muy graves.

Hay dos sistemas que se encargan de suministrar oxígeno a las células y eliminar, al mismo tiempo, el anhídrido carbónico y el agua resultantes del metabolismo celular. Son el aparato respiratorio y el aparato circulatorio sanguíneo, que actúan de forma coordinada aunque el último tenga además otras funciones. (Aunque no se mencione, el sistema nervioso y el hormonal intervienen en el control y buen funcionamiento de todos los aparatos y sistemas del organismo).

En el trabajo de aparatos respiratorios en el mundo animal que deberás presentar (anatomía y fisiología comparadas) verás que existen dos grandes tipos de mecanismos según se precise obtener el oxígeno del aire o del agua.

Busca: Asfixia por dióxido de carbono; intoxicación por monóxido de carbono y envenenamiento por cianuro.

ANATOMÍA DEL APARATO RESPIRATORIO HUMANO.

El aparato respiratorio surgió en los vertebrados hace millones de años como una evaginación o dilatación del tubo digestivo en ciertas especies de peces, semejante al que presentan los peces pulmonados actuales (se trata de dos bolsas que parten de un conducto común que desemboca en el esófago y que pueden llenar de aire, estando sus paredes muy irrigadas por capilares sanguíneos. Estos peces tienen branquias además de pulmones) [Estos peces, obviamente no son antepasados nuestros, pero sin duda tuvimos antepasados muy semejantes a ellos. Este aparato, por evolución, ha alcanzado en el caso de los mamíferos y más aun en las aves una gran complejidad y eficiencia. Veamos las distintas partes que pueden distinguirse en el aparato respiratorio humano:

Fosas nasales: son dos cavidades que se abren al exterior por los orificios o ventanas nasales y que continúan con la cavidad nasal, dividida en dos por un tabique óseo. A la entrada presenta unos pelos largos y robustos llamados vibrissas. Excavados en los huesos circundantes (frontal,



pómulos) se abren los **senos nasales o paranasales** que son un conjunto de cavidades aéreas que se encuentran en los huesos frontales, esfenoides, etmoides y maxilar superior y que comunican con las fosas nasales. Estas cavidades son estructuras que intervienen en la respiración, la fonación, el calentamiento y la olfacción. Existen 8 senos paranasales, 4 a cada lado de la nariz, están cubiertos por una delgada mucosa de epitelio ciliado y tienen salida a la cavidad nasal. Su inflamación debida a infecciones se conoce como *sinusitis*.

Las fosas nasales y los senos paranasales están tapizados interiormente por un epitelio mucoso, la **mucosa nasal**. Este tejido, abundantemente irrigado por vasos sanguíneos, actúa a modo de sistema de calefacción (el aire inspirado se calienta y humedece alcanzando la temperatura corporal). Este calentamiento hace disminuir la alteración del epitelio mucoso del resto de las vías respiratorias, lo cual llevaría a problemas tales como una mayor susceptibilidad a infecciones. Por otra parte, el aire húmedo no deshidrata y mata a las células. El epitelio posee glándulas secretoras de mucus con poder bactericida. Este mucus o moco impide la penetración de gérmenes, que quedan pegados a esta sustancia, y además, las sustancias bactericidas matan a muchos de esos microorganismos. La cavidad nasal, con el fin de aumentar la superficie de calentamiento del aire no es lisa, sino que presenta unas expansiones (huesos cornetes) que en otros mamíferos están enormemente desarrollados (huesos turbinales).

Busca información acerca de los huesos llamados cornetes, comparándolos con los de otros mamíferos. Infórmate también sobre lo que se da en llamar “vegetaciones”.

Faringe: una vez filtrado, calentado y humedecido, el aire pasa a la faringe (a través de dos aberturas posteriores llamadas coanas). A los lados de la faringe hay tejido linfóide (conjuntivo donde se asientan diferentes tipos de leucocitos) que forma dos abultamientos, las **amígdalas**, que contienen numerosos leucocitos, que actuarán si por cualquier motivo las bacterias que viven en la superficie de la mucosa consiguen penetrar en el medio interno (una simple bebida fría puede ser suficiente para alterar esta capa).

Durante la deglución, el paso del aire a la laringe queda cerrado parcial y momentáneamente por un cartílago elástico, llamado epiglotis, que a modo de tapa evita que penetren alimentos a través de la glotis (entrada de la laringe) y el velo del paladar impide que la comida se nos vaya hacia las fosas nasales.

Laringe: puede considerarse como una dilatación diferenciada de la tráquea. Está formada por un armazón cartilaginoso, perceptible exteriormente en la parte anterior del cuello por un abultamiento que recibe el nombre de nuez o bocado de Adán.

Inferiormente la laringe está tapizada por un epitelio no ciliado que presenta unos repliegues de tejido conjuntivo elástico, unidos al cartílago por tejido muscular, denominados **cuerdas vocales**; al expulsar el aire de los pulmones de forma adecuada, las cuerdas vocales vibran, pudiendo alterarse su tensión mediante la contracción o relajación muscular, emitiendo sonidos que son amplificados y modificados en las cavidades de la laringe, faringe, boca y fosas nasales, órganos que actúan como caja de resonancia. Este proceso de emisión de sonidos se denomina **fonación** (variando la posición de la lengua y de los labios se consigue la articulación de los sonidos que son la base del lenguaje humano: una de las características más notables de nuestra especie). [El diseño del aparato fonador, con una laringe muy baja, es responsable de la gran facilidad que tenemos los humanos para atragantarnos al comer y que puede llevar, incluso, a la muerte por asfixia].

Tráquea, bronquios y bronquiolos: la tráquea es un tubo de unos 13 cm. de longitud que desciende por delante del esófago para dividirse a la altura de la primera costilla en dos tubos



de menor calibre denominados bronquios. Luego, los bronquios se dividen y subdividen como ramas de un árbol (de hecho se habla de “árbol bronquial”), haciéndose cada vez más finos. Las últimas ramificaciones, de aproximadamente 1 mm de diámetro, se llaman bronquiolos y terminan en los conductos alveolares, que desembocan en los **alvéolos**. Los alvéolos son pequeños sacos ciegos cuya superficie se encuentra totalmente recubierta de capilares sanguíneos.

La tráquea y los bronquios mayores se mantienen constantemente abiertos mediante unos anillos cartilaginosos que los rodean, con forma abierta como una C en la tráquea y cerrada en los bronquios. Este diseño otorga a los tubos flexibilidad, ligereza y a la vez una gran resistencia al aplastamiento. Los tejidos que forman la tráquea y los bronquios, son de fuera a dentro, conjuntivo, cartilaginoso, nuevamente conjuntivo y epitelial, no habiendo tejido muscular. Los bronquios menores y los bronquiolos no poseen tejido cartilaginoso pero sí poseen fibras musculares, por lo que pueden modificar su calibre (disminuyen su diámetro al contraerse las fibras).

La totalidad del tracto respiratorio, hasta los conductos alveolares, está tapizada por *epitelio ciliado*. Estos cilios vibran sincronizadamente. Entre las células ciliadas se localizan numerosas células glandulares secretoras de mucus. Las partículas inhaladas son atrapadas por la capa de moco, y los cilios las arrastran hacia la laringe donde, al llegar a este nivel, son expulsadas, siendo tragadas (pasan al esófago) o expectoradas (se expulsan por la boca mediante la tos o el carraspeo).

La inhalación del humo del tabaco paraliza el movimiento ciliar y acaba por destruir los cilios. La tos matutina del fumador, no es más que un intento de realizar lo que no pueden hacer sus cilios: eliminar la mucosidad acumulada a lo largo de la noche. Por esto, los fumadores están más expuestos a infecciones bronquiales, faringitis y bronquitis crónicas (pero esto es un mal menor comparado con el enfisema o el cáncer de pulmón que a la larga suele desarrollarse).

A veces, la musculatura lisa de los bronquios más finos sufre espasmos (contracciones intensas) por acción del sistema parasimpático (control nervioso involuntario). Las causas pueden ser múltiples: estímulos emocionales, alergias, brusca exposición al frío, etc. Estos espasmos producen **asma**, cuyos ataques se caracterizan porque al paciente le cuesta trabajo tomar y expulsar el aire, produciéndose un largo pitido. Un ataque de asma puede llegar a colapsar totalmente los conductos y producir asfixia.

Los fumadores habituales también pueden desarrollar un tipo de lesión que se llama **enfisema** que lleva a una insuficiencia respiratoria. Las sustancias del humo del tabaco y la tos crónica actúan sobre los alvéolos, que se hinchan hasta alcanzar un tamaño anormal o se rompen y quedan comunicados unos con otros. El resultado es una notable disminución de la superficie de intercambio gaseoso, y el paciente respira cada vez con más dificultad.

La **pulmonía** o **neumonía** es una infección aguda que produce una respuesta exagerada del organismo: se forma gran cantidad de exudado del plasma que llena los alveolos, bronquiolos y bronquios, impidiendo el intercambio de gases, lo que puede originar la muerte por asfixia. Este encharcamiento o **edema pulmonar** también se produce cuando la mucosa se irrita al respirar gases tóxicos, como el cloro. (Un exudado es un líquido filtrado desde los capilares al exterior de los mismos).



Los pulmones: Son dos órganos extraordinariamente elásticos y esponjosos situados en la caja torácica, que es un armazón flexible formado por las costillas, el esternón y la columna vertebral y limitado en su base por una membrana muscular llamada diafragma.

Los pulmones son, en realidad, todo el conjunto de tubos de diferentes calibres, incluidos los alvéolos, y excluyendo los bronquios y la tráquea (que se sitúan fuera de los mismos). Estos conductos se hallan inmersos en un tejido conjuntivo en el que predominan las **fibras de elastina** sobre el resto de los componentes. El pulmón derecho está subdividido en tres lóbulos y el izquierdo en dos, siendo de menor tamaño para dejar sitio al corazón. Cada lóbulo se divide en una serie de pequeñas secciones llamadas segmentos.

Los pulmones **no presentan tejido muscular**, por lo que no se mueven de modo activo.

Los pulmones **no están sujetos** a los músculos o a los huesos o al diafragma de la caja torácica. Esta cavidad está tapizada por una fina membrana de tejido conjuntivo llamada **pleura externa**, y los pulmones están forrados por una capa igual, la **pleura interna**. Entre ambas láminas se encuentra el **líquido pleural**, producido por las células de las pleuras. Su función es actuar de lubricante para disminuir el rozamiento de los pulmones durante la respiración. La inflamación de las pleuras, que puede llevar a un exceso de líquido pleural o a su desecación, se denomina pleuresía.

Dentro del pulmón los bronquios se ramifican y subdividen, originando bronquiolos, caracterizados por tener las paredes más finas, por no presentar recubrimiento cartilaginoso y por sustituir el epitelio ciliado por una delgada capa de células planas. Las últimas ramificaciones de los bronquiolos se dilatan como burbujas, formando los alvéolos pulmonares. La alveolización proporciona a los pulmones una superficie cercana a los **120m²**. Esta amplia superficie es necesaria para un intercambio de gases rápido y eficaz y permite un margen para condiciones extremas (se verá más adelante).

Junto a los alvéolos se encuentra un conjunto de **macrófagos** (glóbulos blancos componentes del propio tejido conjuntivo) que ingieren y destruyen polvo y otras partículas extrañas, y constituyen la defensa principal contra las bacterias aéreas (los pulmones de los fumadores, y de los mineros, son de color negro frente al color rosado de los pulmones “normales”, la razón está en las partículas de carbón y alquitranes enquistadas en las inmediaciones de los alvéolos y que es muy difícil eliminar). También existe un líquido, llamado surfactante pulmonar, que impide que las paredes alveolares se junten o colapsen, lo que interrumpiría el intercambio de gases. [→ surfactante en recién nacidos].

Sin que sirva de precedente, en este caso el artículo de Wikipedia es el más completo sobre una grave enfermedad pulmonar: la silicosis <http://es.wikipedia.org/wiki/Silicosis>

INTERCAMBIO GASEOSO

El intercambio gaseoso entre el aire inspirado y la sangre tiene lugar a través de la mucosa microscópica de los alvéolos (están formados por una sola capa de células epiteliales) y la pared de los delgados capilares que se disponen alrededor formando una red (los capilares también están formados por una sola capa de células, aunque presentan entre ellas poros microscópicos). Los capilares son tan estrechos que sólo permiten el paso de los eritrocitos uno a uno (“en fila india”). El intercambio de oxígeno y anhídrido carbónico a través de esta doble barrera (alveolar-capilar) se completa en una fracción de segundo.

El oxígeno se difunde en el torrente sanguíneo y es captado por la hemoglobina de los hematíes, transformándose en oxihemoglobina, lo que hace que adopten un color rojo brillante.



Al mismo tiempo se libera el anhídrido carbónico (producto del catabolismo celular) que la sangre había recogido de los tejidos y se encontraba en los mismos eritrocitos y disuelto en el plasma. El intercambio de gases tiene lugar por **difusión simple**: los gases van desde donde hay más concentración a donde hay menos (se dice también “a favor de gradiente de concentración”) y además atraviesan las membranas celulares sin dificultad. La unión de oxígeno y hemoglobina (oxihemoglobina) o del dióxido de carbono y la hemoglobina es una **unión lábil**, de modo que si las condiciones de concentración son las adecuadas esa molécula capta con gran facilidad una molécula de oxígeno, esto es, tiene una gran afinidad por este gas. Pero en cuanto haya una baja proporción de oxígeno alrededor de los glóbulos rojos, esa molécula se desprende con la misma facilidad con la que fue captada (lábil no es lo mismo que débil sino que significa unión no permanente). No sucede así con el CO (monóxido de carbono), una sustancia muy peligrosa por cuanto que se une permanentemente a la hemoglobina y no se desprende de ella, inutilizándola puesto que impide el transporte de oxígeno y pudiendo llegar a producir la muerte por anoxia (es lo que sucede cuando alguien se “atufa” con un brasero de picón). Todos los años hay noticias de fallecimientos por braseros de picón, estufas de leña o calentadores de gas con mala combustión. La razón de que puedan suceder casos así es que no tenemos “detectores” para este gas. Sencillamente vamos perdiendo la conciencia conforme nuestro transporte de oxígeno queda fuera de servicio –es la muerte dulce–.

El dióxido de carbono producido en las células como residuo de la respiración (es un producto de excreción) se disuelve muy bien en el plasma sanguíneo, pero una proporción importante se une a la hemoglobina tal y como lo hace el oxígeno (unión lábil y gran afinidad), basándose en el mismo principio de difusión simple (hay más dióxido de carbono en los tejidos que en los glóbulos rojos –sube a ellos- y hay más en estas células que en los alvéolos –se baja de ellos-).

A la vez que se desprende dióxido de carbono hacia los alvéolos, también lo hace una cierta cantidad de agua en forma de vapor. Según las condiciones ambientales se puede llegar a perder un litro diario. En los días fríos, este vapor se condensa y forma el vaho. También se desprenden, procedentes de la sangre otras sustancias volátiles como el alcohol (la prueba de soplar por el alcoholímetro da a la guardia civil un índice de alcohol en sangre o *alcoholemia* muy aproximado). Otros productos procedentes de la sangre y evacuados por los pulmones son, por ejemplo, ciertas sustancias contenidas en los ajos (por mucho que te laves los dientes, si has comido ajo o has bebido alcohol se nota).

Ventilación pulmonar

La ventilación consiste en la renovación constante del aire que está en contacto con las paredes alveolares. Se produce mediante dos movimientos opuestos: la inspiración y la espiración.

Durante la **inspiración** el diafragma se contrae, disminuye su convexidad (se aplana) y empuja las vísceras abdominales hacia abajo y hacia afuera. Esto hace aumentar el volumen de la caja torácica. Al mismo tiempo, los músculos intercostales externos y los esternocleidomastoideos elevan las costillas, que efectúan un giro sobre las vértebras a las que están unidas a modo de bisagra. Este movimiento también produce un aumento de la capacidad torácica.



El aumento de volumen de la caja torácica crea un vacío y el aire es succionado hacia los pulmones, a través del tracto respiratorio, hasta que se igualan las presiones (ocurre como cuando tiramos del émbolo de una jeringuilla y ésta se llena de aire).

La **espiración** es normalmente un proceso que no requiere esfuerzo. Es un movimiento pasivo causado por la relajación de los músculos que habían intervenido en la inspiración (intercostales, esternocleidomastoideos y diafragma): descienden las costillas, el diafragma recupera su convexidad inicial y al disminuir el volumen de la caja torácica, el aire se ve obligado a salir hacia el exterior. Una espiración forzada sí implica un movimiento activo. Con ella eliminamos mayor cantidad de aire al disminuir aún más el volumen de la caja torácica, contrayendo los músculos intercostales internos y los abdominales. También podemos hacer una inspiración forzada (contrayendo más los músculos implicados) con lo que se incrementa el volumen de la caja torácica y en consecuencia el de los pulmones.

Los pulmones, fuera de la caja torácica ocupan un volumen que es la mitad del que presentan dentro de ella. La razón es que las fibras de elastina los mantienen contraídos. Por otra parte, se ha dicho que los pulmones no están anclados a la caja torácica; así pues, el que se encuentren expandidos se debe a que entre las dos pleuras, existe una presión negativa o vacío que los mantiene “pegados” a las paredes (igual que un envase de embutido o un paquete de café “al vacío”). De este modo, los movimientos de inspiración y espiración arrastran a estos órganos forzando al aire a entrar o salir alternativamente. [

Busca información sobre neumotórax; pulmón de acero.

La cantidad de aire que penetra en el pulmón en cada inspiración, estando el individuo en reposo, es de medio litro aproximadamente y se denomina volumen basal. La frecuencia respiratoria del adulto en reposo es de unas 14 veces por minuto. Por tanto, la **ventilación pulmonar**, es decir, la cantidad de aire que pasa por los pulmones en un minuto, será de unos 7 litros.

Cuando se realiza un esfuerzo físico, el requerimiento de oxígeno por parte de las células se incrementa y en consecuencia, el aparato circulatorio y el respiratorio aumentan su ritmo. En el caso que nos ocupa, la ventilación aumenta en su frecuencia (40-50 veces/minuto) y las inspiraciones y espiraciones se hacen más forzadas, por lo que en cada ventilación pueden entrar y salir hasta 3 litros de aire (en vez de medio litro). Como vemos, nuestro organismo cuenta con un gran margen para casos extraordinarios (40 inspiraciones por minuto a 3 litros por inspiración son 120 litros de aire por minuto: de ahí que los pulmones presenten esa superficie de intercambio de más de 120 m²).

El aire espirado contiene todavía una proporción importante de oxígeno y, por el diseño de los pulmones, (sacos ciegos) hemos de tener en cuenta que estos siempre quedarán con una cierta cantidad de aire que no puede ser expulsado (aire residual). (→ gráfica de volúmenes y capacidades)

FORMAS INUSUALES DE RESPIRACIÓN [sólo leer]

La **disnea** es una manifestación caracterizada por una respiración muy rápida (80-90 movimientos respiratorios por minuto). Aparece cuando hay deficiencias de oxígeno, bien por la altura, por obstrucción bronquial, insuficiencia cardiaca, etc.

La **tos** es la respuesta a la presencia en las vías bajas (faringe, laringe, tráquea o bronquios) de partículas irritantes, tales como polvo, o un exceso de moco producido como reacción ante infecciones, humos o gases irritantes. Una serie de músculos, entre los que se halla el diafragma, producen la expulsión violenta del aire, de modo que pueden hacer salir las sustancias irritantes.



El **estornudo** se produce como respuesta a la irritación de la mucosa nasal, ya sea por partículas de polvo o de olores intensos y penetrantes. En este caso, se produce una inspiración forzada, y se cierra la epiglotis; seguidamente, los músculos correspondientes hacen disminuir bruscamente el volumen de la caja torácica y a la vez se abre la epiglotis, se estrecha la faringe y baja el velo del paladar. El resultado es la salida del aire a gran velocidad por las fosas nasales arrastrando cuanto encuentra a su paso. Curiosamente, también se cierran los ojos durante el estornudo. (Es una respuesta a irritaciones de las vías altas). Tos y estornudo se generan en centros nerviosos del bulbo raquídeo.

El **hipo** resulta de una súbita y aguda contracción del diafragma por estimulación del nervio vago, que también está relacionado con la digestión. Ciertos estímulos pueden desencadenar el ataque de hipo. El CO₂ en alta concentración suprime el hipo (de ahí el método común de aguantar la respiración el máximo tiempo posible para que aumente la cantidad de CO₂ en la sangre).

El **bostezo** es un fenómeno difícil de explicar. Se ha sugerido que podría ser una forma de aumentar el suministro de sangre al cerebro, puesto que se incrementa momentáneamente el ritmo cardíaco; pero también es una expresión de un sentimiento, pues bostezamos cuando tenemos sueño o estamos aburridos.

El **suspiro** también es un fenómeno complejo, es lo contrario del bostezo, pues expulsamos aire en lugar de absorberlo. En algunos casos, una respiración con profundos suspiros puede ser síntoma de una deficiente oxigenación causada por una anemia, por ejemplo.

La **apnea** es la ausencia de respiración (es lo que se hace cuando se bucea a “pulmón libre”). Lógicamente la apnea puede mantenerse durante un corto periodo de tiempo. La apnea se da de forma involuntaria entre personas mayores durante el sueño. Es un fenómeno relativamente frecuente y que conviene controlar.

CONTROL DE LA RESPIRACIÓN

La respiración es una actividad involuntaria, pero dentro de ciertos límites puede controlarse voluntariamente. En el **bulbo raquídeo** existe un grupo de células llamado **centro respiratorio**, que se encuentra en conexión con los centros encefálicos superiores y la médula espinal. El cerebro y, por tanto, la voluntad pueden intervenir modificando la amplitud y la frecuencia de la respiración, pero no podemos dejar de respirar más de un cierto tiempo: cuando empieza a haber un riesgo para el individuo, se pone en marcha el dispositivo automático. Este centro envía los impulsos necesarios a los diferentes músculos que intervienen en la ventilación, para que los movimientos de inspiración y espiración se produzcan rítmicamente y con la frecuencia que sea necesaria en cada caso. Ante esfuerzos físicos, las células expulsan mayores cantidades de dióxido de carbono a la sangre. Es esta sustancia la que excita a unos receptores (quimiorreceptores) situados en las arterias próximas al centro respiratorio, que al recibir las señales, envía la orden de aumentar el ritmo ventilatorio [es curioso que no se detecta la falta de oxígeno sino el exceso de dióxido de carbono].

Ciertas drogas, sobre todo los derivados del opio, como la morfina o la heroína, cuando se administran en dosis excesivas, llegan a deprimir el centro respiratorio y producen la muerte por parálisis respiratoria. Ésta es la causa de la muerte por sobredosis que con demasiada frecuencia ocurre entre aquellos que consumen este tipo de drogas.

Cuando alguien se “parte el cuello” en realidad se daña el centro respiratorio, que se encuentra justo a la salida del cráneo (final del cerebelo y comienzo de la médula espinal) y



junto al centro cardíaco. La “puntilla” que se da a los toros para rematarlos es una incisión entre las primeras vértebras del cuello con el fin de destruir los centros respiratorio y cardíaco. En ambos casos la muerte se produce por *parada cardiorrespiratoria*.

Enfermedades de las vías respiratorias: pulmonía; neumonía; pleuresía; neumotórax; tuberculosis; faringitis; laringitis; nódulos en las cuerdas vocales; cáncer de laringe, cáncer de pulmón; bronquitis; asma; enfisema; difteria.

Busca: ¿Por qué los submarinistas tienen que hacer “descompresión” tras haber buceado?

Trabajo de anatomía comparada: aparatos respiratorios en diferentes grupos animales excepto vertebrados: resumen de todos ellos.

Descripción y funcionamiento del aparato respiratorio en las aves.

Descripción y funcionamiento del aparato respiratorio en los peces.

Descripción del aparato respiratorio de los moluscos bivalvos: la doble función del mismo.

Hay que hacer el primero de ellos obligatoriamente y elige además uno de los otros tres trabajos. (La información sobre el primero de ellos puede encontrarse en los libros de texto; para los otros hay que buscar otras fuentes).