

Ò. Ciutat, O. Fuertes, M. Goñi
B. Navarro, M. Perpinyà,
L. Ramírez, M. C. Sánchez

190 experiencias de ciencias para la enseñanza secundaria

ÒSCAR CIUTAT - OLGA FUERTES - MARTÍN GOÑI
BENITO NAVARRO - MONTSERRAT PERPINYÀ
LORENZO RAMÍREZ - M. CARMEN SÁNCHEZ

190 EXPERIENCIAS DE CIENCIAS
PARA LA ENSEÑANZA
SECUNDARIA

Editorial

MILENIO

LLEIDA, 2002

© de los autores
© de esta edición: Editorial Milenio
Sant Salvador, 8 - 25005 Lleida
ed.milenio.com
editorial.milenio@cambrescat.es
Diseño de la cubierta: Mercè Trepat
Primera edición: febrero 2002
Depósito legal: L-20-2002
ISBN: 84-9743-023-9
Impreso en Arts Gràfiques Bobalà, S. L.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Introducción | 9 |
| Los trabajos prácticos en ciencias experimentales | 13 |
| 1. Fuerzas y movimiento | 21 |
| 2. Calor y temperatura | 43 |
| 3. Electricidad y magnetismo | 55 |
| 4. Ondas, sonido y óptica | 65 |
| 5. Propiedades características | 81 |
| 6. Estructura de la materia | 89 |
| 7. Líquidos | 97 |
| 8. Gases | 105 |
| 9. La química de los colores | 117 |
| 10. Electricidad y química | 127 |
| 11. Separación de sustancias | 137 |
| 12. Plantas | 147 |
| 13. Microorganismos | 167 |
| 14. Biología animal | 179 |
| 15. Rocas y minerales | 197 |
| 16. Procesos y materiales | 221 |
| 17. Recursos para trabajar mejor | 239 |
| 18. Recursos para saber más | 247 |
| Referencias bibliográficas | 251 |
| Índice general | 253 |
| Índice de trabajos prácticos | 263 |

Este es un libro de trabajos prácticos de ciencias para profesores¹ con alumnado de edades comprendidas entre 12 y 16 años. Cuando decidimos escribirlo pensamos que debíamos elaborar una herramienta que ayudase a la creciente variedad de profesorado del área de ciencias en la preparación de experiencias de laboratorio, en cualquiera de las disciplinas que la componen.

Siempre ha habido profesores noveles que justificasen un libro como este, pero cada vez más, por designios de las administraciones educativas y/o tendencia del propio profesorado a abordar la ciencia de un modo integrado en los primeros años de la enseñanza secundaria, el profesorado educado en una disciplina clásica de la ciencia (física, química, biología o geología) debe adentrarse en un conocimiento más profundo de las otras.

Si ya de por sí el conocimiento experimental de la propia disciplina suele ser escaso al acabar la carrera universitaria correspondiente, por el poco peso que en la realidad se ha dado a los trabajos prácticos en la enseñanza secundaria y universitaria, no digamos qué es lo que puede ocurrir cuando un profesor pretende realizar prácticas de otra disciplina que no sea la suya.

Como este es el caso de los autores del libro, especialistas de las diversas disciplinas, es por lo que nos animamos a escribirlo con la idea de facilitar a sus lectores la tarea que a nosotros nos ha costado años de lecturas, conversaciones con los colegas y trabajo experimental con los alumnos. No es que no haya libros de “prácticas”, que los hay y muy buenos (ver el capítulo de recursos), pero hay contadísimos libros de calidad en lengua castellana que recojan propuestas de trabajos prácticos para la enseñanza de todas las ciencias a la vez.

Es evidente que no están todos los trabajos prácticos posibles y que probablemente sean más de los que se puedan realizar a lo largo de la educación secundaria, pero son los que nosotros utilizamos, funcionan y nos dan buenos resultados educativos.

1. Se ha de entender que cuando aparecen los términos *los profesores* o *los alumnos*, se están utilizando en su doble acepción de los profesores y las profesoras y de los alumnos y las alumnas, y sólo a efecto de simplificar la lectura.

Se presenta, pues, una recopilación de trabajos prácticos sencillos (experiencias, experimentos, prácticas, etc.) realizadas con alumnado de enseñanza secundaria en diferentes centros docentes, dirigidas principalmente a estudiantes de entre 12 y 16 años. Las actividades que se proponen se pueden realizar, en su mayoría, con materiales económicos y fáciles de localizar; y además, de fácil ejecución. Tampoco es necesario disponer de un laboratorio muy equipado.

Las hay de todo tipo. Muchas de las experiencias descritas se pueden realizar en poco tiempo, por lo que se pueden desarrollar varias en una misma sesión, utilizarlas para la introducción de un tema o como demostración durante una explicación teórica. Otras, por el contrario son óptimas para pequeñas investigaciones.

Aunque la gran mayoría de las experiencias son muy sencillas (¡cuando ya se han hecho!) y hemos procurado explicar los detalles y pegas con las que nosotros nos hemos encontrado al realizarlas, recomendamos que el profesorado las realice previamente para comprobar que dispone del material necesario, controlar la duración, etc. (en definitiva para dominar la práctica y no improvisar).

Los trabajos prácticos que describimos están agrupados en grandes bloques temáticos con un contenido afín según la lógica disciplinar. A grandes rasgos, los primeros bloques están dedicados a temas de física, los siguientes a química, a biología y geología. No es un libro de trabajos experimentales interdisciplinares, pero sí que puede ser utilizado como herramienta en este sentido.

No puede ser tampoco un libro de trabajos de campo ya que no hace referencia a una zona determinada pero sí que pretende dar a conocer los materiales básicos de los que está hecha la naturaleza y que se encuentran fácilmente a nuestro alcance. Cada profesor podrá luego contextualizar estas herramientas en sus propios paisajes.

Aunque, si proponemos la realización de los trabajos prácticos que se describen en este libro, es porque consideramos que los riesgos que se asumen al realizarlos son mínimos, no por ello se ha de dejar de estar atento a posibles situaciones imprevistas en el desarrollo del trabajo experimental.

Por esto, debajo del título de algunas experiencias aparecen unos símbolos con los que indicamos algún tipo de peligro potencial, o realizamos alguna sugerencia o indicación. Así por ejemplo, si aparece el símbolo 1, indicamos un peligro genérico que se explicará en el texto de la práctica. El símbolo 2 indica peligro de quemaduras o que alguna de las sustancias a utilizar es inflamable, y el símbolo 3 que es tóxica. Los símbolos 4 y 5 recomiendan utilizar gafas y/o guantes, respectivamente. En cuanto a los números 6 y 7, sugieren que se necesitará instrumental específico para realizar la práctica, o que resulta un poco ardua.

En cualquier caso, si existe un peligro específico, se describen al final de la experiencia las precauciones que hay que tener en la realización de la práctica.



1



2



3



4



5



6



7

Hemos querido facilitar la consulta de las experiencias que contiene el libro. Para ello, al principio, se presenta un índice en el que se citan los temas de cada una de las ciencias sobre los que se incluyen experiencias, indicando la página inicial del tema. Al final del libro se pueden encontrar dos índices más, el primero de ellos en el que se hace referencia a todas las experiencias en el mismo orden en el que aparecen en el libro. Como todas las experiencias están numeradas correlativamente, se pueden buscar tanto por la página como por su número. El segundo es un índice general de búsqueda alfabética en el que aparecen los conceptos, palabras claves, autores, etc.

El libro está trufado de figuras ilustrativas de los diferentes diseños experimentales que proponemos, lo que esperamos ayude a la interpretación del texto. Muchas de estas figuras han sido realizadas por nosotros salvo los dibujos a mano alzada, que son obra de nuestro colaborador Ignasi Masip. Igualmente queremos agradecer la participación de M. Carmen Saurina, que nos ayudó en las primeras fases de la realización del libro.

Situación actual de los trabajos prácticos (TP)

Dado que la contrastación experimental es una característica fundamental del trabajo científico existe una opinión generalizada entre el profesorado de ciencias sobre la importancia de la experimentación en la educación científica, que desgraciadamente es desmentida demasiado a menudo por la práctica cotidiana en los centros educativos, donde muchos de los y las estudiantes acaban la educación secundaria y el bachillerato con muy poco bagaje experimental.

Sin ánimo de entrar en la polémica de los números, no hay por menos que preguntarse a qué es debida esta situación contradictoria entre la poca presencia de los trabajos prácticos en las aulas y la importancia de la experimentación en la ciencia.

Las repuestas que aporta el profesorado para explicar esta situación (J. Nieda, 1994; J. Payá, 1991) mayoritariamente hacen referencia a factores externos al propio valor de los trabajos prácticos como son la falta de instalaciones y material adecuado, el excesivo número de alumnos por clase o retraso en el desarrollo del temario.

Sin querer minimizar estos condicionantes, creemos que en el contexto educativo español estas razones van perdiendo fuerza cuando en los centros de educación secundaria han mejorado sustancialmente las dotaciones de los laboratorios, se ha doblado el profesorado en las sesiones de laboratorio (o reducido el número de alumnos al bajar la natalidad), o la presión de las pruebas de acceso a la universidad se deja sentir poco en la educación obligatoria, y cuando, por otra parte, como estos condicionantes forman parte de la realidad, no tenemos más remedio que aceptarlos como tales.

Creemos que el problema es más complejo, que en algún caso puede estar relacionado con la poca experiencia propia en la realización de trabajos prácticos y/o con el desconocimiento de la materia, pero más bien apostamos por otras razones que tienen más que ver con la forma en la que habitualmente se realizan los trabajos prácticos, con el valor educativo que se les presupone, y con la forma en la que se evalúan sus resultados.

El aprendizaje de las ciencias y los TP

Para que el profesorado de ciencias se decida a dedicar una parte de su precioso tiempo (tiempo de trabajo personal, pero también tiempo de dedicación de los y las estudiantes en el aula) a trabajo experimental le tiene que compensar, debe percibir que sus alumnos aprenden más y diferentes cosas que si no lo hicieran.

Según indica la investigación educativa el asunto está crudo (O. Barberá y P. Valdés, 1996), ya que parece ser que ni motivan, ni se aprende más ciencia con ellos, ni se mejora la actitud hacia las ciencias, etc., y sin embargo todos seguimos creyendo, incluidos los investigadores (¡y fervientemente!) que el trabajo práctico es imprescindible para un adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje de las disciplinas científicas. En el cuadro núm 1 se apuntan algunas cosas que parece que sí pueden conseguir los trabajos prácticos.

CUADRO NÚM 1

Papel de los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias

Proporcionan experiencia directa sobre los fenómenos, haciendo que los estudiantes aumenten su conocimiento tácito y su confianza acerca de los sucesos y eventos naturales.

Permite contrastar la abstracción científica ya establecida con la realidad que ésta pretende describir (habitualmente mucho más rica y compleja), enfatizándose así la condición problemática del proceso de construcción de conocimientos y haciendo que afloren algunos de los obstáculos epistemológicos que fue necesario superar en la historia del quehacer científico y que, en cambio, suelen ser omitidos en la exposición escolar del conocimiento científico actual.

Produce la familiarización de los estudiantes con importantes elementos de carácter tecnológico, desarrollando su competencia técnica.

Desarrolla el razonamiento práctico, en el sentido que es un comportamiento inherentemente social e interpretativo propio de la condición humana y necesario para la praxis, un tipo de actividad en la que el desarrollo progresivo del entendimiento del propósito que se persigue emerge durante el ejercicio de la propia actividad.

O. Barberá y P. Valdés, 1996.

Quizás debiéramos, por tanto, cambiar un poco nuestro punto de vista respecto a lo que podemos (y queremos) conseguir (A. Caamaño, 1992), y resignarnos a no saber “a ciencia cierta” si lo hemos conseguido. Porque otro de los problemas no

resueltos, sobre todo en el campo de los trabajos prácticos es el de su evaluación (y no digamos de su calificación).

Ahora bien, los autores de este libro somos siete entusiastas “experimentadores” que estamos convencidos que a lo que no nos hemos de resignar de ninguna manera es a no ir al laboratorio con el alumnado, ya que nuestra experiencia al respecto es muy gratificante. ¿Qué es lo que hacemos, pues, y a continuación proponemos?

La incardinación de los TP en el currículum

En primer lugar, en línea con A. Caamaño (1992) realizar trabajos prácticos de los tipos más variados posible (ver cuadro núm. 2). Una muestra son las propuestas de experimentación que proponemos en este libro, donde se puede encontrar la experiencia más sencilla de realizar, el experimento ilustrativo que viene estupendamente para el concepto que estamos trabajando, o la propuesta de pequeña investigación que nos permite en un momento determinado ir más allá.

Es por esto, por lo que a lo largo del libro hablamos indistintamente de trabajos prácticos, experiencias, prácticas, experimentos, etc. No porque los consideremos sinónimos, sino porque hacemos uso de todos ellos.

CUADRO NÚM. 2

Tipos de trabajos prácticos

1. **Experiencias.** Son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva de los fenómenos. Por ejemplo: sentir la fuerza de una goma elástica cuando la estiramos, ver el cambio de color de una reacción química, oler un gas, observar y manipular organismos vivos, hacer crecer una planta, etc.
2. **Experimentos ilustrativos.** Son actividades para ejemplificar principios, comprobar leyes o mejorar la comprensión de determinados conceptos operativos. Por ejemplo: apreciar que las substancias tienen diferente capacidad de aumentar su temperatura cuando reciben calor, comprobar la dependencia de la intensidad de corriente con la diferencia de potencial, comprobar la relación entre la presión y el volumen de un gas a temperatura constante, etc.
3. **Ejercicios prácticos.** Actividades diseñadas para desarrollar específicamente: habilidades prácticas (medida, manipulación de aparatos, etc.) estrategias de investigación (repetición de medidas, tratamiento de datos, diseño de experimentos, control de variables, realización de un experimento, etc.), habilidades de comunicación (saber seguir instrucciones para utilizar un aparato, comunicar los resultados oralmente y por escrito, a través de un informe, etc.).

procesos cognitivos en un contexto científico (observación, clasificación, inferencia, emisión de hipótesis, interpretación en el marco de modelos teóricos, aplicación de conceptos, etc.)

Por ejemplo: uso de la balanza y del material volumétrico, separación de sustancias, preparación de una disolución, determinación de propiedades características, montaje de un circuito eléctrico a partir de un diagrama, descripción de la combustión de una vela, observación y dibujo de la flora, utilización de claves dicotómicas, clasificación de sólidos según sus propiedades, estimación de las dimensiones de objetos familiares, representación gráfica de los datos obtenidos en un experimento, planificación de una investigación, interpretación de unos datos experimentales, redacción de un informe sobre los resultados de una investigación, etc.

4. Experimentos para contrastar hipótesis. Experimentos para contrastar hipótesis establecidas por los alumnos o por el profesorado para la interpretación de fenómenos. Por ejemplo: diseñar un experimento para confirmar que tiempo de caída de un cuerpo no depende de su masa, o que la oxidación de un metal necesita de la presencia de aire, etc.

5. Investigaciones. Actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos o los tecnólogos en la resolución de problemas. Pueden ser:

Investigaciones teóricas, encaminadas a la resolución de un problema teórico (por ejemplo, encontrar la carga eléctrica de un ión o establecer la relación entre la presión y el volumen de un gas).

Investigaciones prácticas, encaminadas a resolver un problema práctico (por ejemplo, determinar qué material de un conjunto determinado abriga más, cuál es el mejor detergente, cómo se podría reducir la contaminación de las aguas, cómo construir un avión de papel que vuele más lejos, etc.).

A. Caamaño, 1992.

En segundo lugar, apostamos con A. Gené (1986), J. Payá (1991) y D. Gil y P. Valdés (1996), para intentar elevar el nivel de investigación (cuadro núm. 3) de la actividad experimental, y por tanto de exigencia, siempre que sea posible, procurando reconvertir las prácticas de receta en trabajos prácticos como actividades de investigación (“pequeñas investigaciones”).

Nos parece evidente que hay que guardar un equilibrio en el tiempo que se dedica a las diversas tareas de la enseñanza y aprendizaje científico, pero, por esto mismo, porque las urgencias del tiempo siempre tienden a que se abandone aquello que cuesta más (en esfuerzo, pero sobre todo en tiempo), creemos que es absolutamente necesario

tener como meta la máxima exigencia intelectual el mayor tiempo posible. Y aquí entran en juego los trabajos prácticos como pequeñas investigaciones.

CUADRO NÚM. 3

Cuadro para analizar el nivel de investigación en un trabajo práctico

| <i>Nivel de la investigación</i> | <i>Quién proporciona el problema</i> | <i>Quién propone el método experimental</i> | <i>Quién lo lleva a cabo</i> |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| 0 | Profesorado Libro de texto | Profesorado Libro de texto | Profesorado Libro de texto |
| 1 | Profesorado Libro de texto | Profesorado Libro de texto | Alumnado |
| 2 | Profesorado Libro de texto | Alumnado | Alumnado |
| 3 | Alumnado | Alumnado | Alumnado |

P. Tamir, 1989.

Por último, lo más esencial de todo lo que estamos diciendo: se ha de incardinarn el trabajo experimental en el desarrollo normal del currículum, olvidando para siempre la separación de las clases de ciencias en clases de teoría, de problemas y de laboratorio (D. Gil y otros, 1999).

Nos parece que se ha de abordar la realización de las clases siguiendo un hilo conductor a través de un programa (programa-guía) de actividades de todo tipo (teóricas, de resolución de problemas de lápiz y papel, y de laboratorio) enlazadas unas con otras sin solución de continuidad.

Esto último entra en contradicción, por ejemplo, con la estructura horaria en los centros de secundaria, que propone un día fijo a la semana para ir al laboratorio. Ya sabemos que para las autoridades educativas hoy toca laboratorio y mañana no, pero también nos plantean otras cosas igualmente absurdas, que hemos aprendido a torear.

Aunque nuestra idea es, pues, la de un tratamiento conjunto de todos los aspectos involucrados en el aprendizaje de las ciencias y debiéramos hablar, por tanto, de estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación dirigida, no nos podemos resistir a incluir un cuadro (tomado de D. Gil y P. Valdés, 1996), que concreta qué puede significar realizar pequeñas investigaciones cuando nos estamos refiriendo expresamente al caso de los trabajos prácticos.

Los aspectos que contempla el cuadro núm. 4 no constituyen ningún algoritmo, ningún intento de ahormar la actividad científica en unos «pasos» o «etapas», sino un recordatorio de la riqueza del trabajo científico. Una riqueza que debe estar pre-

sente en los intentos de transformar toda la enseñanza de las ciencias y no sólo las prácticas. De hecho, la orientación propuesta cuestiona la idea de «práctica de laboratorio» como actividad autónoma, puesto que la investigación científica abarca mucho más que el trabajo experimental y éste no tiene sentido tomado aisladamente.

CUADRO NÚM. 4

Los TP como pequeñas investigaciones

1. Presentar *situaciones problemáticas abiertas* de un nivel de dificultad adecuado (correspondiente a la *zona de desarrollo potencial* de los y las estudiantes) con objeto de que puedan tomar decisiones para precisarlas y entrenarse así en la transformación de situaciones problemáticas abiertas en problemas precisos (ver punto 3).
2. Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia y el posible *interés de las situaciones propuestas*, que dé sentido a su estudio (considerando las posibles aplicaciones CTS, etc.) y evite un estudio descontextualizado, socialmente neutro.
3. Potenciar los *análisis cualitativos*, significativos, que ayuden a comprender y acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema, etc.) y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.

Se trata de salir al paso de operativismos ciegos sin negar, muy al contrario, el *papel esencial de las matemáticas como instrumento de investigación*, que interviene en todo el proceso, desde el enunciado mismo de problemas precisos (con la necesaria formulación de preguntas operativas, etc.) hasta el análisis de los resultados.

4. Plantear la *emisión de hipótesis* como actividad central de la investigación científica, susceptible de orientar el tratamiento de las situaciones y de hacer explícitas, funcionalmente, las preconcepciones de los estudiantes.

Insistir en la necesidad de fundamentar dichas hipótesis y prestar atención, en ese sentido, a la *actualización de los conocimientos que constituyan prerrequisitos para el estudio emprendido*.

Reclamar una cuidadosa *operativización de las hipótesis*, es decir, la derivación de consecuencias contrastables, prestando la debida atención al control de variables, etc.

5. Conceder toda su importancia a la *elaboración de diseños* y a la planificación de la actividad experimental por los propios estudiantes.

Potenciar, allí donde sea posible, la incorporación de la tecnología actual a los diseños experimentales (ordenadores, electrónica, automatización ...) con objeto de favorecer una visión más correcta de la actividad científico-técnica contemporánea.

6. Plantear el *análisis detenido de los resultados* (su interpretación física, fiabilidad, etc.) a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas y de los resultados de «otros investigadores» (otros equipos de estudiantes).

Favorecer, a la luz de los resultados, las necesarias revisiones de los diseños, de las hipótesis o, incluso, del planteamiento del problema. Prestar una particular atención, en su caso, a *los conflictos* entre los resultados y las concepciones iniciales, facilitando así, de una forma funcional, los cambios conceptuales.

7. Plantear la consideración de posibles *perspectivas* (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados...) y contemplar, en particular, las *implicaciones CTS* del estudio realizado (posibles aplicaciones, repercusiones negativas ...).

8. Pedir *un esfuerzo de integración* que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, así como las posibles aplicaciones en otros campos de conocimientos.

9. Conceder una especial importancia a la elaboración de *memorias científicas* que reflejen el trabajo realizado y puedan servir de base para resaltar el papel de la comunicación y el debate en la actividad científica.

10. Potenciar la *dimensión colectiva del trabajo científico* organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre cada equipo y la comunidad científica, representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido (recogido en los textos), el profesor como experto...

Hacer ver, en particular, que los resultados de una sola persona o de un solo equipo no pueden bastar para verificar o falsear una hipótesis y que el cuerpo de conocimientos constituye la cristalización del trabajo realizado por la comunidad científica y la expresión del consenso alcanzado en un determinado momento.

D. Gil y P. Valdés, 1996.

1. Ley de Hooke. Relación entre la fuerza aplicada y el alargamiento de un muelle

Los muelles son objetos elásticos, se deforman al someterlos a una fuerza pero recuperan su forma inicial al cesar esta. Se puede aprovechar esta propiedad para estudiar la ley de Hooke, comprobando que el alargamiento (Δl) que sufre un muelle es directamente proporcional a la fuerza aplicada $F = k \cdot \Delta l$, siendo k la constante de elasticidad. En esta experiencia se determinara el valor de k , que es característica para cada muelle.

Procedimiento

Se cuelga un muelle de un soporte. Se coloca una regla vertical paralela al muelle como se indica en la figura. Se cuelgan del extremo del muelle diferentes pesas de masa conocida. Si el muelle es muy elástico se colocarán pesas de poca masa y si el muelle es poco elástico de más masa. Se realizará un mínimo de cinco medidas.

Para determinar la fuerza que actúa sobre el muelle, se tiene que calcular el peso de los objetos que se han colgado, a partir de su masa medida en una balanza. Se debe tener en cuenta que la fuerza con que la Tierra atrae a la masa de 1 gramo es igual a $0,0098 \text{ N} \approx 0,01 \text{ N}$. El alargamiento del muelle lo mediremos con la regla vertical.

Se puede pedir al alumnado que construya una tabla como esta y la complete:

| | <i>nº de la experiencia</i> | <i>masa de la pesa (g)</i> | <i>Fuerza (N)</i> | <i>Alargamiento (m)</i> | <i>Fuerza/Alargamiento</i> |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| | 1 | | | | |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 4 | | | | |
| | 5 | | | | |

FIGURA 1
Alargamiento de un muelle

El cociente $F/\Delta l$ en todas las experiencias tiene que ser prácticamente igual, lo cual demostrará que Δl y F son magnitudes directamente proporcionales, y que tiene un valor diferente para cada muelle.

Sugerencias

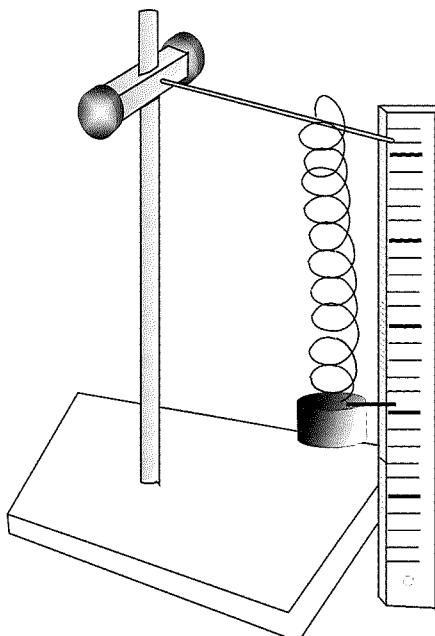
Es conveniente representar gráficamente la relación entre la fuerza aplicada y el alargamiento producido para visualizar mejor la relación y darse cuenta que para pequeños y grandes alargamientos la pendiente no es una línea recta. Además, tomando la pendiente del tramo recto se obtendrá un valor mejor de la constante elástica del muelle, que si promediamos todos los valores de la tabla.

También es interesante que diferentes grupos de estudiantes utilicen distintos muelles con diferente k .

Si la representación gráfica no se ajusta a una recta en su tramo final nos indicará que hemos sobrepasado el límite de elasticidad del muelle que coincidirá con el punto de inflexión. En este momento, se ha producido una deformación del muelle y éste ya no volverá exactamente a su posición inicial.

2. Construcción de un dinamómetro

Los dinamómetros son aparatos que sirven para medir fuerzas basándose en la ley de Hooke. Están formados por un muelle que lleva adosada una escala graduada. Cuando el muelle es sometido a una fuerza, se estira y en la escala graduada se lee directamente el valor de la fuerza aplicada.



Se coloca un muelle colgando de un soporte. En la parte posterior se coloca un papel paralelo al muelle. En el extremo libre del muelle se coloca un señalizador. Con el muelle sin estirar se marca el punto 0 sobre el papel.

Para construir un dinamómetro de 2N se cuelga en el extremo una masa de 200 g (aproximadamente 2N) y se hace una señal en el papel y de esta manera tenemos marcados los dos extremos.

Para obtener puntos intermedios se pueden colgar masas de 100 g (1 N) y 150 g (1,5 N). Si se quiere, se pueden marcar más puntos añadiendo más pesas o bien dividiendo la escala, ya que como se ha comprobado en la actividad anterior la relación entre la fuerza y el alargamiento en un muelle es directamente proporcional.

Se puede utilizar el dinamómetro construido para medir pesos de diferentes objetos y compararlos con los valores que proporcionen los de los otros compañeros. Este mismo sistema se puede utilizar para calibrar los dinamómetros comerciales de que se disponga.

3. Principio de la inercia. Primera ley de Newton

Los cuerpos obedecen el principio de la inercia, es decir, si están en reposo tienden a continuar en reposo y, si están en movimiento tienden a continuar moviéndose con la misma velocidad, a no ser que actúe una fuerza sobre ellos (primer principio de la dinámica).

Sobre un vaso se coloca una cartulina, y encima de la cartulina una moneda grande. Se tira secamente de la cartulina (lateralmente) y la moneda cae dentro del vaso. Lo mismo puede hacerse sin el vaso, es decir directamente encima de una mesa.

¿Qué sucede? Al estirar, la fuerza se realiza sobre la cartulina, no sobre la moneda, por lo tanto la moneda tiende a quedarse como está y cae al retirar el papel, ya que se necesita la acción de una fuerza aplicada sobre el objeto para cambiar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

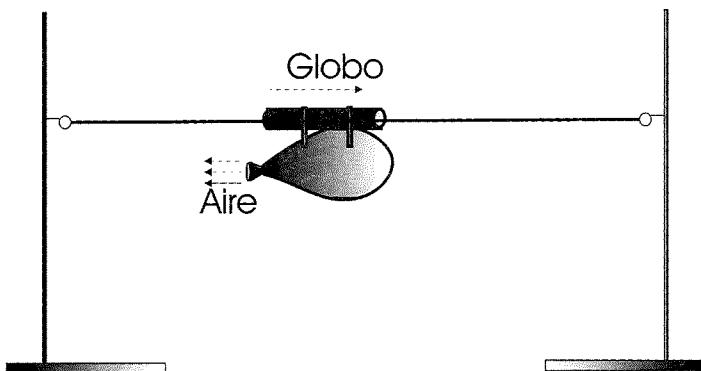
4. El principio de acción y reacción

En la interacción de dos objetos cualesquiera, el primer objeto ejerce una fuerza sobre el segundo, y al mismo tiempo el segundo sobre el primero. Estas fuerzas tienen la misma intensidad y dirección pero sentidos opuestos, estando aplicadas cada una de ellas en cada uno de los cuerpos.

Para su comprobación, se enganchan dos dinamómetros entre sí y se tira de uno de ellos. Los dos dinamómetros marcarán el mismo valor. También se puede enganchar un dinamómetro en la pared y tirar del otro.

FIGURA 2

Principio de acción y reacción



Otra posibilidad es construir un cohete hecho con un globo. Se pasa un hilo fuerte por el interior de una pajita de refresco. Se ata el hilo por los dos extremos en objetos diferentes de forma que el hilo quede tensado. Se hincha un globo y se pone una pinza en el extremo. Se une el globo con la pajita con cinta adhesiva de manera que no quede muy ajustado el globo a la pajita. Se coloca el montaje en un extremo del hilo y se suelta la pinza.

¿Qué sucede? El globo y el gas que contiene en su interior forman un sistema, el globo expulsa el gas ya que hace una fuerza sobre él, al salir el gas del globo hace una fuerza sobre el globo exactamente igual pero de sentido contrario, haciéndole avanzar. Este es el principio en el que se basan los cohetes y aviones a reacción, que se pueden mover incluso en el vacío.

5. Equilibrio de fuerzas paralelas

Se cuelga un dinamómetro de un soporte. Se toma una varilla con varios agujeros y se encaja por uno de los orificios centrales al extremo del dinamómetro colgado. Se cuelgan sendos dinamómetros en los extremos de la varilla. Se tira en dirección al suelo de los dos dinamómetros colgados de la varilla. La fuerza del primer dinamómetro anula las fuerzas de los otros dos dinamómetros.

¿Qué sucede? La fuerza del primer dinamómetro es igual a la suma de las fuerzas de los otros dos dinamómetros ya que en este caso la dirección de aplicación de las fuerzas es la misma.

6. Equilibrio de tres fuerzas concurrentes

Se sujetan con una mano dos dinamómetros unidos por un extremo a un aro. Se une un tercer dinamómetro al aro y se estira de él con la otra mano.

¿Qué sucede? La fuerza ejercida por el tercer dinamómetro es igual a la suma de las fuerzas ejercidas por los dos dinamómetros iniciales, pero de sentido contrario y por tanto la resultante de las tres fuerzas será cero.

A no ser que se coloquen los dos primeros dinamómetros paralelos, uno junto al otro, las dos fuerzas que realizan no están en la misma dirección, por lo que si se suman los números que marcan los dos dinamómetros iniciales se ve que no coincide con el que marca el tercero dado que las fuerzas se suman como vectores y se ha de considerar la dirección, además del módulo.

FIGURA 3

Dinamómetros en equilibrio

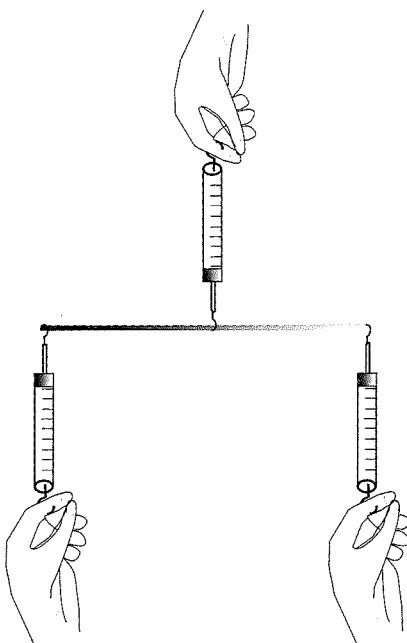
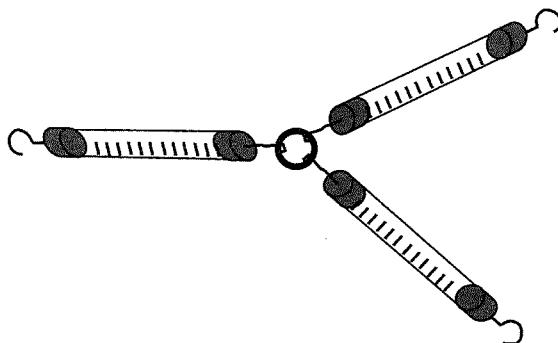


FIGURA 4

Dinamómetros en estrella



7. Segunda ley de Newton

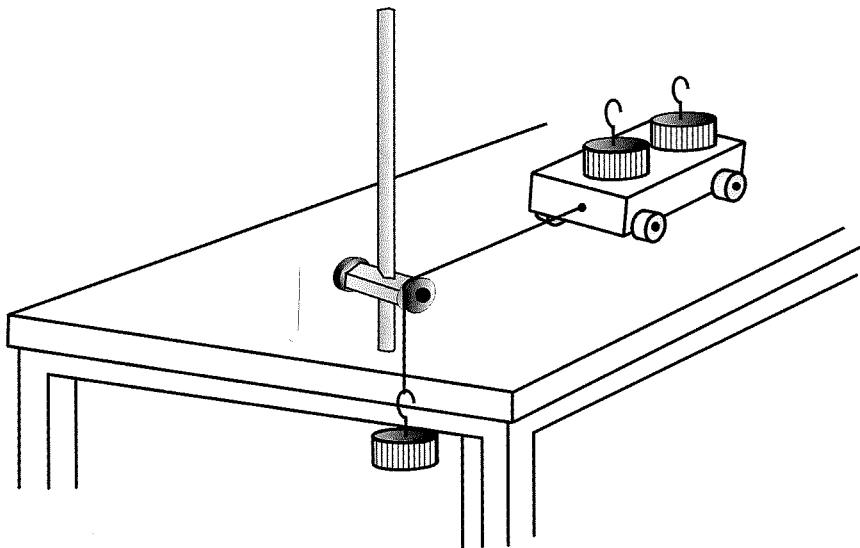
La segunda ley de Newton ($F = m \cdot a$) proporciona una cuantificación de la fuerza e introduce el concepto de masa inerte. Newton demostró que la fuerza que se aplica sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que este adquiere. La constante de proporcionalidad “m” es característica del cuerpo y se denomina masa inercial, ya que representa la inercia del cuerpo sobre el cual actúa la fuerza.

Procedimiento

Se marca sobre la mesa con cinta adhesiva dos señales a la distancia de un metro, una de ellas cerca de la polea. Se coloca el carrito con las pesas (primero 50 g, después 100 g y así sucesivamente) en la señal mas alejada y, colgando del hilo en el otro extremo la pesa de 1 gramo (posteriormente se puede utilizar una de 2 gramos). Se suelta el carrito pulsando al mismo tiempo un cronómetro y se mide el tiempo que tarda en llegar a la señal cercana a la polea. Se repite la experiencia colocando sucesivamente en el carrito 1, 2 y 3 pesas. Se anota en cada caso el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre las dos señales.

FIGURA 5

Segunda ley de Newton



¿Qué sucede? La fuerza que se le aplica al carrito es siempre la misma, en el primer caso la que hace la masa de 1 gramo (en el segundo la de 2 gramos), pero la masa del carrito varía. Al aumentar la masa del carrito el tiempo también aumentará dado que la aceleración (que no podemos calcular directamente) disminuye. En este caso se puede calcular la aceleración mediante la ecuación: $a = 2e/t^2$ siendo $e = 1$ m y el tiempo, el medido.

Otra posibilidad es estudiar en rigor la segunda ley de Newton, es decir, la relación entre la fuerza aplicada y la aceleración producida. Para ello no debe variar la masa total del sistema. En este caso se empieza como en el anterior pero con todas las pesas encima del carrito, y en lo sucesivo se van transfiriendo pesas del carro al extremo del hilo que cuelga.

Sugerencias

Si no se quieren conseguir aceleraciones elevadas que supongan grandes errores en la medida del tiempo y desbaraten el trabajo, es conveniente colocar inicialmente una masa elevada en el carro (por ejemplo 500 g), de la que formen parte media docena de pesas pequeñas (por ejemplo de 1 g), que son las que se irán transfiriendo.

En todo caso, se ha de tener en cuenta que, por bueno que sea el carrito, siempre se producen rozamientos en las ruedas y en la polea, y que parte de la fuerza se emplea en vencer estas resistencias, por lo que el peso de las pesas mínimas para conseguir que el sistema se ponga en movimiento se debería considerar a la hora de realizar los cálculos.

8. Movimiento uniforme

El movimiento rectilíneo uniforme se caracteriza porque el espacio recorrido y el tiempo son directamente proporcionales. La magnitud que permite conocer el espacio recorrido en cada unidad de tiempo es la velocidad y en un movimiento uniforme este valor es constante.

Procedimiento

Elegido el movimiento real a estudiar, el procedimiento general para el estudio de cualquier movimiento consiste en marcar distancias iguales sobre la trayectoria que realizará el objeto y, una vez puesto en marcha el móvil, medir los tiempos que tarda en recorrer las diferentes distancias. Se recogen los valores en una tabla de datos y a continuación se construye una gráfica de la posición o bien de la distancia recorrida frente al tiempo.

El tiempo se puede calcular por diferencia entre el tiempo inicial y el tiempo que tarda en pasar por una señal determinada, o bien será el tiempo del cronómetro si se comienza a contar en el momento que el móvil pasa por la posición inicial.

La representación gráfica se puede realizar en papel milimetrado o mediante una hoja de cálculo. En cualquier caso se representan los valores de los espacios (en m, cm, etc.) el eje de ordenadas (0Y) y los valores del tiempo (en s) en el eje de abscisas (OX). La gráfica obtenida será una recta que pasará por la posición inicial ya que en un movimiento uniforme ambas magnitudes son directamente proporcionales.

Si se obtiene el valor de la pendiente de la recta en cualquier punto, dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo utilizado, se obtiene un valor constante que será la velocidad de avance del móvil.

Sugerencias

¿Qué movimientos reales se pueden tomar como uniformes?

- a) **Una persona caminando:** Se colocan alumnos cada cinco metros, por ejemplo, y miden el tiempo transcurrido al paso de la persona que camina. Si la persona es el profesor entrenado, sale estupendo.
- b) **Una bola rodando en el suelo:** Una bola que rueda en el suelo o en otra superficie horizontal, como una mesa, en realidad lleva un movimiento uniformemente desacelerado, y, por tanto, se puede utilizar para estudiar este tipo de movimiento. Pero si la bola tiene suficiente densidad, como las de acero, y la distancia que se recorre es corta (sobre 2 metros), prácticamente la celeridad se mantiene constante. Hay que comprobar con un nivel que la superficie sobre la que rueda la bola es horizontal.

Para poder tomar diferentes valores de tiempo se ha de poder repetir la experiencia en las mismas condiciones y, por tanto, la bola ha de llevar en todos los casos la misma velocidad. Para conseguirlo los estudiantes pueden proponer diversas soluciones, pero una muy sencilla y eficaz consiste en utilizar una cuña y dejar caer la bola siempre desde la misma posición. Cuando la bola se encuentre moviéndose en la horizontal ya se pueden empezar a tomar valores.

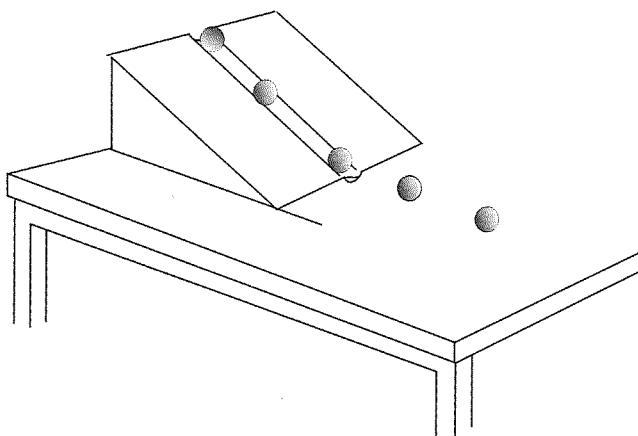
La medida del tiempo se realiza más fácilmente si en la distancia a la que se desea medir el tiempo se coloca una barra metálica contra la que choca la bola haciendo ruido.

- c) **Movimiento en el seno de un líquido:** En todos los casos se necesita un tubo recto transparente (de vidrio o de plástico) de por lo menos un metro de largo. Se puede estudiar el movimiento de gotas de aceite en el tubo lleno de agua, o bien la caída de esferas sólidas (canicas o bolas de rodamiento pequeñas) en el tubo lleno de aceite vegetal. En los dos casos, recorridos unos cinco centímetros

por la gota o la bola en el seno del líquido, el movimiento ya ha alcanzado la velocidad límite y se puede considerar uniforme. Todo consiste, pues, en empezar a marcar las distancias en el tubo más allá de los 5 cm de recorrido inicial.

FIGURA 6

Movimiento en el plano horizontal



¿Qué sucede? Cualquier objeto que se mueve en el seno de un fluido experimenta una fuerza de rozamiento contraria al movimiento que es directamente proporcional, entre otras cosas, a la velocidad relativa del objeto respecto al líquido. En el caso de la bola que cae en el aceite, rápidamente la fuerza de rozamiento iguala al peso de la bola y a partir de aquí la aceleración es nula.

d) Velocidad de vaciado de una botella: Se coge una botella de plástico con un tapón que ajuste perfectamente, se marca en la parte superior de la botella el cero (origen) y se hacen marcas con una regla cada 0,5 cm.

Se practica un agujero en el centro del tapón, y se introduce en él un tubo de vidrio delgado de forma que sobresalga unos 2 cm por un lado y por el otro casi la longitud de la botella. Se sella el tubo al tapón para evitar la entrada de aire por la juntura, por ejemplo con plastilina, cera o un pegamento.

Se hace un agujero pequeño, con una aguja o con una punta fina en la base de la botella y se coloca debajo un recipiente de boca ancha (puede ser una botella de plástico cortada por la mitad).

Se llena la botella de agua por encima del cero (origen) y se comprueba si sale por el orificio de forma constante un chorro fino. Si sale a borbotones se hace un agujero más grueso hasta que salga de forma continua.

Se cierra la botella con el tapón que se ha preparado y se comprueba que quede bien ajustado y que el extremo inferior del trozo largo del tubo quede a unos 3 cm del fondo de la botella.

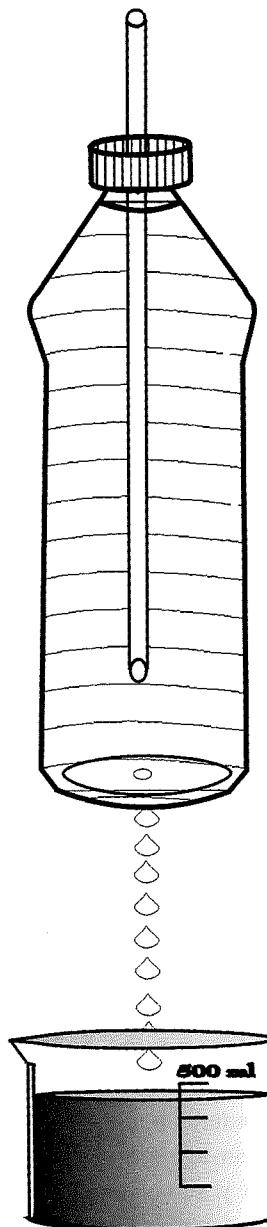
Cuando el agua llegue al cero se comienza contar el tiempo. Se deja caer el agua y se anota el tiempo cuando pasa por cada una de las señales. Es conveniente realizar 5 o 6 medidas.

¿Qué sucede? Debido al montaje realizado la presión en el fondo del líquido no depende de su altura en la botella sino de la altura a la que se encuentra el extremo del tubo de vidrio, que es por donde entra el aire, y que siempre es el mismo. Por lo tanto, la velocidad de salida del líquido por el agujero será la misma hasta que el nivel del agua quede por debajo del extremo del tubo.

9. Caída de cuerpos en el vacío

Con esta práctica se puede demostrar que la caída de los cuerpos no depende de la masa. Todos los cuerpos caen con la misma aceleración, que en la Tierra es $g=9,8 \text{ m/s}^2$.

FIGURA 7
Vaciado de una botella



Procedimiento

Se coge un tubo de Newton (un tubo de vidrio o de plástico rígido de un metro de largo y de un diámetro de unos 5 cm), se coloca dentro del tubo dos objetos de diferente masa, por ejemplo un trozo de pluma y una bola pequeña de madera. Se cierra el tubo y se hace el vacío en el tubo con una bomba de vacío (se ha de conseguir hacer bien el vacío), se gira el tubo y se verá que los dos objetos caen más o menos a la misma velocidad.

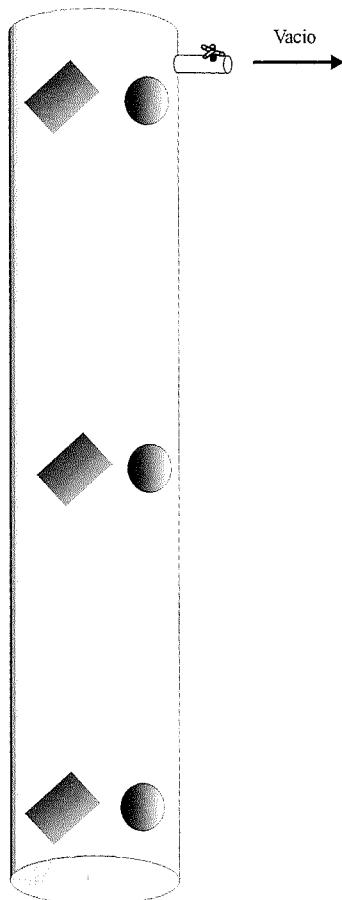
¿Qué sucede? Al hacer el vacío, no existen fuerzas de rozamiento y la única fuerza que actúa es el peso y por lo tanto todos los cuerpos caen con la misma aceleración.

Sugerencias

- Si no se dispone del equipo anterior se puede realizar la misma experiencia con un trozo de papel y una moneda. Se coge una moneda y se coloca encima de la moneda un trozo pequeño de papel (más pequeño que la moneda), para que la moneda al bajar no empuje al papel pero sí le aparte el aire. Se deja caer la moneda con el papel encima y los dos caerán a la vez.
- Se puede comprobar que la fuerza de rozamiento existe y que la velocidad de caída de los cuerpos depende de ésta. Se coge dos hojas de papel, se hace una bola con una de ellas y se dejan caer las dos desde la misma altura. El papel en forma de bola caerá más rápido (a pesar de tener la misma masa) porque tiene menos superficie de rozamiento.
- Medida del tiempo de reacción. Esta experiencia consiste en averiguar cuánto es el tiempo de reacción de una persona, utilizando las ecuaciones del movimiento

FIGURA 8

Tubo de Newton



rectilíneo uniformemente acelerado. Para realizarla únicamente se necesita una regla de una longitud aproximada de 50 cm y la colaboración de otra persona.

- Una persona tiene que sostener la regla tal como se indica en la figura 9 y dejarla caer sin previo aviso. Otra persona coloca los dedos por debajo, a la altura del cero de la regla, y cuando ve que la regla empieza a caer cierra los dedos sobre ella para atraparla.

- Se anota la distancia que ha recorrido la regla en la caída, que vendrá dada directamente por la lectura de la escala.

- Se repite la experiencia varias veces. Se calcula un recorrido medio, despreciando las medidas que queden muy dispersas.

¿Qué sucede? La distancia recorrida por la regla depende del tiempo que se tarda en reaccionar. Por tanto, si no se tiene en cuenta el rozamiento con el aire, se trata del estudio de la caída libre de un cuerpo que parte de una situación de reposo. Para calcular el tiempo de reacción se aplica la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

d: distancia recorrida

$$d = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \quad g: \text{aceleración de la gravedad (9,8 m/s}^2\text{)}$$

t: tiempo que tarda en caer

10. Movimiento en el plano inclinado

Los objetos que caen deslizando o rodando por un plano inclinado lo hacen con un movimiento uniformemente acelerado.

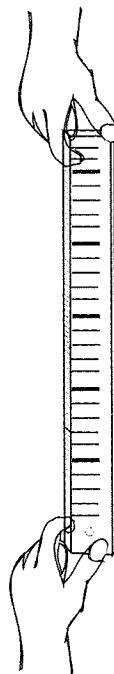
Procedimiento

El procedimiento de toma de datos es el mismo que el descrito en el caso de los movimientos uniformes.

El plano inclinado se puede conseguir simplemente inclinando una mesa, pero resulta conveniente disponer de longitudes más grandes ya que se alcanzan rápidamente celeridades grandes y, por tanto, los tiempos a medir se acortarían demasiado, para, en distancias pequeñas, medirse bien.

FIGURA 9

Tiempo de reacción



Una solución consiste en utilizar una guía de aluminio o acero en U de, por ejemplo, 3 metros de longitud y colocarla en el suelo con una pequeña inclinación (menor de 10 grados). Ahora se puede dejar caer una bola rodando por encima del perfil o una pieza metálica deslizando por dentro.

Otra posibilidad consiste en tensar un alambre entre dos paredes de la clase con una pequeña inclinación respecto a la horizontal. Se cuelga una pesa del alambre mediante un clip y se suelta.

En el caso del movimiento uniformemente acelerado, cuando se representan los valores de distancia recorrida y tiempo en una gráfica, aparece una línea curva; pero, ¿cómo saber si corresponde a una parábola?. La solución pasa por representar a continuación la distancia recorrida en función del tiempo al cuadrado. Si aparece una línea recta es un movimiento uniformemente acelerado.

¿Qué sucede? La ecuación de un mrua con celeridad inicial cero es: $s = \frac{1}{2} a t^2$, es decir, la ecuación de una parábola. Ahora bien, si se sustituye t^2 por x la ecuación que resulta es: $s = \frac{1}{2} a \cdot x$, es decir, una línea recta.

11. El péndulo

El movimiento de un péndulo es un ejemplo de un movimiento periódico. Su estudio puede resultar interesante para la determinación del valor de g , o como instrumento de medida del tiempo. También se utiliza con frecuencia para iniciar a los estudiantes en el manejo de variables en el trabajo experimental. Asimismo es uno de los mejores ejemplos de conservación de la energía mecánica.

Procedimiento

Se construye un péndulo con una bola metálica suspendida de un hilo inextensible y con un peso despreciable frente a la masa de la bola. Se sujetó el extremo del hilo en un soporte de forma que la bola pueda oscilar libremente.

El periodo (tiempo que tarda en realizar una oscilación completa, ir y venir) de un péndulo simple ideal depende de la longitud del péndulo y de g a través de la expresión para ángulos de oscilación pequeños ($<10^\circ$).

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

La longitud del péndulo (medida desde el punto de suspensión al centro de la esfera) ha de ser tal que permita realizar fácilmente la medida del periodo, para ello se aconseja que sea larga (2m). Si la longitud del péndulo es pequeña se puede calcular

el tiempo que tarda en realizar un número mayor de oscilaciones y, posteriormente, para calcular el periodo se divide el tiempo por el número de oscilaciones completas. Sabiendo la longitud del péndulo y el periodo se puede determinar la g .

¿Qué sucede? Cuando un péndulo se separa de la vertical la resultante del peso (que tira hacia abajo) y la tensión del hilo (que tira en dirección al punto de suspensión) hace que la masa describa un arco (trayectoria circular) y vuelva a la posición original. Pero, cuando llega a la parte más baja de la trayectoria, la inercia hace que continúe moviéndose hasta llegar a una posición simétrica a la inicial, entonces se para y vuelve hacia detrás. Este proceso se repite una y otra vez, y, si no fuera por el rozamiento, el péndulo oscilaría indefinidamente.

Sugerencias

Si el ángulo de oscilación no es muy grande las pérdidas energéticas son pequeñas y durante las primeras oscilaciones se puede comprobar que la bola asciende la misma altura por los dos lados.

Si se quiere utilizar la experiencia para introducir a los alumnos en el manejo de variables, se ha de tener en consideración que el periodo del péndulo simple descrito arriba (una bola colgada de un hilo) sí que depende de la masa de la bola, ya que el rozamiento con el aire se manifiesta en bolas poco densas, y que también depende del ángulo de oscilación en cuanto se empieza a probar con ángulos de 20° , 30° , o más. No es una dependencia como en el caso de la longitud, pero no hay que sorprenderse cuando a los alumnos les varía el periodo con el ángulo, por ejemplo.

12. Péndulo de Foucault

El péndulo de Foucault es un péndulo simple con una bola muy masiva colgada de un hilo muy largo que permita la oscilación ininterrumpida durante mucho tiempo, de forma que se manifieste la rotación de la Tierra sobre sí misma.

Dado que las fuerzas que actúan en un péndulo simple están todas en el mismo plano, siempre oscila en el mismo plano, aunque el punto de sujeción vaya girando. De esta propiedad se valió Foucault para demostrar la rotación de la Tierra.

Sin necesidad de esperar a que la Tierra gire y con un péndulo simple sencillito (una bola y medio metro de hilo colgando de la mano) se puede mostrar que siempre oscila en el mismo plano. Para ello no hay más que hacerlo oscilar, procurando la persona que lo sostiene mover la mano lo menos posible al girar a su alrededor. Otra manera consiste en colgar el péndulo de un soporte (por ejemplo una barra) que se hace girar mientras oscila el péndulo.

13. Vibración de un muelle

Igual que en el caso del péndulo, una bolita colgada de un muelle oscila arriba y abajo periódicamente. El movimiento en este caso describe una trayectoria rectilínea en lugar de circular, y se denomina movimiento vibratorio armónico simple (mvas). Se puede utilizar, por tanto, para mostrar un caso particular de este movimiento.

En el caso del muelle, el periodo no depende de la aceleración de la gravedad (g), sino de la masa del peso que se cuelgue y de la constante elástica del muelle, según la expresión

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

por lo que se puede utilizar como balanza, incluso en el caso de ausencia de gravedad.

El muelle debería ser suficientemente elástico para permitir oscilaciones continuadas de 2 o 3 cm. Esto facilita la medida del periodo, así como la amplitud del movimiento.

Se ha de tener cuidado de no colgar un peso excesivo que deforme el muelle irreversiblemente.

14. Relación entre la energía y el trabajo

Cuando un cuerpo posee energía, ya sea cinética o potencial tiene la capacidad de realizar un trabajo.

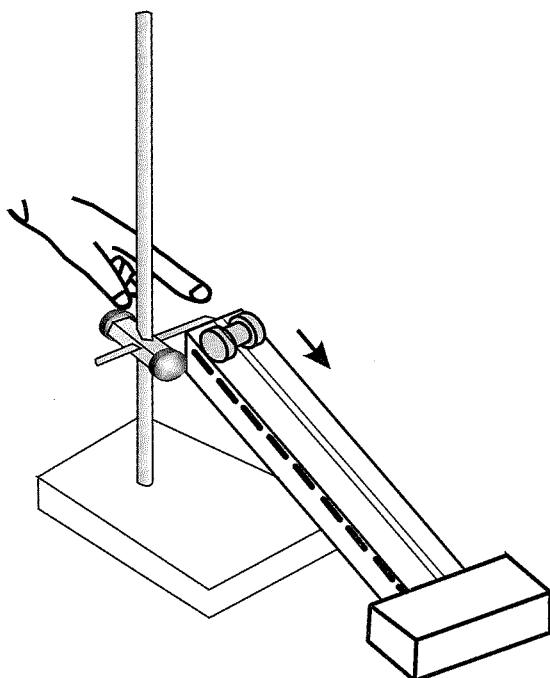
Procedimiento

Se coloca un riel de más o menos de un metro de longitud apoyado en un soporte de manera que quede inclinado. En la parte inferior del riel y apoyado en la mesa se coloca un taco de madera (puede servir cualquier objeto). En la parte superior del riel se coloca una bola metálica (o cualquier objeto que ruede por el riel), y se deja caer. Se verá como al llegar a la parte inferior la bola será capaz de desplazar al taco una cierta distancia.

Se puede repetir la experiencia dejando caer la bola de alturas menores, se observará que el taco se separa menos. También se pueden utilizar bolas de diferente masa.

¿Qué sucede? La bola en la parte superior del riel tiene una energía potencial que se va transformando en energía cinética al descender. Esta energía se le comunica al taco de madera realizando un trabajo al desplazarlo. Se desplazará más cuanto

FIGURA 10

Energía y trabajo

mayor sea la energía potencial ($Ep = mgh$) de partida. Esta energía potencial se puede aumentar o bien aumentando la altura de partida o bien la masa de la bola.

Si el taco no se mueve es porque ha de vencer el rozamiento con la mesa, por lo tanto interesa tacos ligeros o bolas de mayor masa.

Sugerencias

Un ejemplo práctico son las centrales hidroeléctricas. Los pantanos almacenan agua a una cierta altura del río (energía potencial) que al soltarla se transforma en energía cinética capaz de mover generadores y producir energía eléctrica.

15. Trabajo realizado al subir un cuerpo

Cuando un cuerpo se desplaza en la misma dirección y sentido que la fuerza que se le aplica, el trabajo realizado se calcula multiplicando la fuerza por la distancia recorrida por el cuerpo: $W = F \cdot d$.

Una manera sencilla de calcular el trabajo realizado consiste en medir la fuerza con un dinamómetro y el espacio recorrido utilizando una regla. Se procede a sujetar una regla en posición vertical. Se cuelga una masa de un dinamómetro y se sitúa paralelamente a la regla. Se desplaza el dinamómetro hacia arriba paralelamente a la regla, procurando que marque siempre la misma fuerza, hasta una cierta altura y anotamos tanto la fuerza como el desplazamiento producido. El valor del trabajo se calcularía mediante la fórmula anterior.

16. Máquinas. El plano inclinado

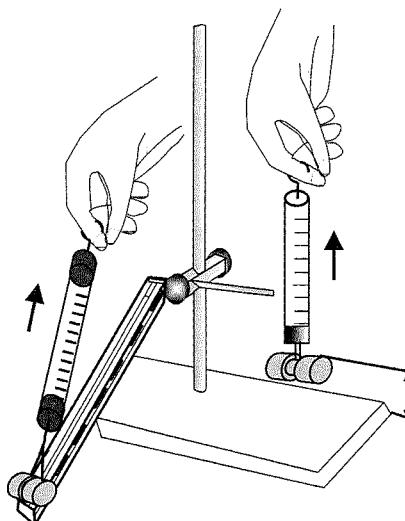
Máquina es todo utensilio utilizado por el hombre para realizar un trabajo con mayor comodidad y/o menos esfuerzo.

Se construye un plano inclinado con una regla de madera colocándola de manera que un extremo esté a una altura de la mesa que sea igual a un tercio de la longitud de la regla (nos facilitará los cálculos) y el otro apoyado sobre la mesa. Se arrastra por el plano inclinado un rodillo tirando con un dinamómetro hasta el final de la regla. Después se toma la misma pesa y se sube verticalmente con un dinamómetro a la misma altura a la que se colocó la regla.

¿Qué sucede? El trabajo realizado en los dos casos es el mismo, pero en el primero (plano inclinado) se realiza una menor fuerza que en segundo.

FIGURA 11

Trabajo y plano inclinado



Si se utiliza una pesa de 200 g el dinamómetro marcará aproximadamente 0,67 newtons ($200 \text{ g}/3 = 67\text{g}$) y si la regla mide 50 cm, el trabajo realizado es $0,67 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,33 \text{ J}$. Si la regla mide 50 cm la altura será aproximadamente 17 cm, y el trabajo realizado al subir la pesa verticalmente será de $2 \text{ N} \cdot 0,17 \text{ m} = 0,34 \text{ J}$, que es aproximadamente el mismo.

17. Es más cómodo elevar un peso con una polea

La polea no modifica el valor de la fuerza a realizar, lo único que se consigue es un cambio en el sentido del movimiento. Por ello, subir un peso con la polea en vez de tirar directamente de él hacia arriba resulta más cómodo, aunque la fuerza y el trabajo realizados sean los mismos.

Se monta una polea simple y se cuelga en cada extremo del hilo que pasa por la polea dos pesos iguales. Se observa que quedan en equilibrio a cualquier altura debido a que los pesos y el radio de la polea son iguales. Si se tira de un extremo de la polea se observa que el otro peso sube. Para medir la fuerza realizada se puede utilizar un dinamómetro en el extremo en el que se aplica la fuerza. Se puede calcular el trabajo como el producto de la fuerza indicada en el dinamómetro y el desplazamiento vertical.

18. La polea móvil divide el esfuerzo por dos

Si se añade una polea móvil a una polea fija se comprueba que al subir un peso que cuelga de la polea móvil se aplica una fuerza menor que el que se aplicaría utilizando sólo una polea fija. Si se mide esta fuerza con un dinamómetro se comprueba que es la mitad.

Aunque la fuerza que se ha de realizar para subir a la misma altura un determinado peso con la polea doble, sea la mitad que con la fija, como la longitud de la cuerda de la que se ha de tirar en el caso de la polea móvil es el doble, el trabajo realizado en ambos casos es el mismo.

19. Estudio de la intensidad de la radiación solar



La célula fotovoltaica transforma la energía solar en energía eléctrica, y conectándola a un voltímetro se puede medir la energía eléctrica que se genera.

La energía que nos llega del sol es prácticamente constante, pero hay variables que afectan a la intensidad energética que recibe una determinada superficie, siendo una de ellas la inclinación. Para comprobar experimentalmente la relación entre el ángulo de incidencia de los rayos solares y la cantidad de energía recibida, se propone el siguiente diseño experimental utilizando una célula fotovoltaica.

FIGURA 12

Polea doble

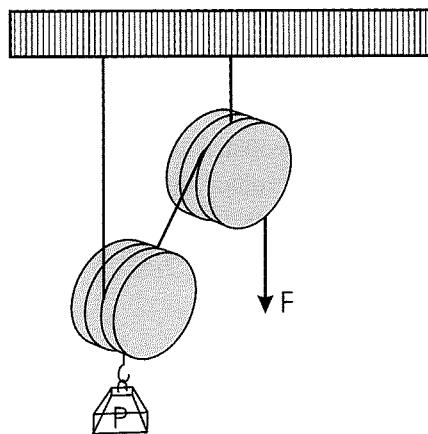
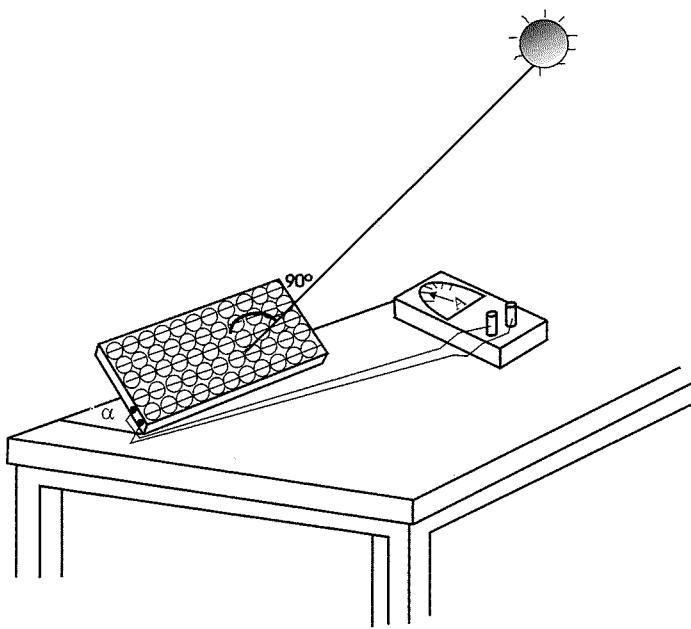


FIGURA 13

Panel solar



Primeramente se procede a calcular el ángulo de incidencia de los rayos solares. En un día soleado, se coloca una vara de 50 a 70 cm en el suelo en posición vertical. Se mide la sombra que proyecta.

Con las dos medidas se dibuja en un papel el triángulo formado por la vara, la sombra y los rayos solares. Se puede dibujar el triángulo a escala 1:10. Con el transportador de ángulos, o por trigonometría se obtiene el valor del ángulo de incidencia de los rayos solares (α).

Se expone una célula solar fotovoltaica orientándola hacia los rayos del sol a diferentes inclinaciones, anotando el voltaje que se obtiene con cada inclinación. Se verificará que cuando los rayos solares inciden perpendicularmente sobre la placa (cuando la placa tenga la misma inclinación, α , que los rayos solares) el voltaje será máximo.

Sugerencias

Se puede repetir la experiencia a diferentes horas del día y del año. Se puede efectuar 4 o 5 lecturas de voltaje que corresponderán a 4 o 5 inclinaciones del panel y elaborar una gráfica que relacione ambos parámetros.

Según el polímetro de que se disponga puede ser que, en lugar de las variaciones de voltaje, sea mejor medir intensidades de corriente, si así se aprecian mejor los cambios.

Otra posibilidad alternativa para el estudio de la radiación solar consiste en utilizar una caja pequeña cerrada ($3 \times 3 \times 5$ cm, por ejemplo) de cartulina negra en la que se introduce el bulbo de un termómetro. Dos caras laterales quedarán de negro, otra se recubrirá de papel de aluminio y en la otra se sustituirá la cartulina por un cristal o un plástico transparente. Se puede estudiar el aumento de la temperatura en el interior de la caja, que estará en función del tiempo de exposición al sol, de la superficie expuesta (una o dos caras negras), del tipo de superficie (negra o metálica), del efecto invernadero (exponiendo la cara del cristal con o sin cristal), etc.

20. Calentadores solares

El hecho de que los rayos del sol lleguen paralelos entre sí a la superficie de la Tierra hace que sea fácil concentrarlos en un punto con la ayuda de un espejo circular o parabólico.

Si se recubre una ensaladera de fondo redondo con papel de aluminio y se expone directamente a los rayos del sol es posible encender un papel colocándolo en el foco (aproximadamente el centro de la semiesfera), calentar un vaso de agua, etc.

Una variante es la construcción de un calentadero. Se forra una cartulina, a la que se ha dado forma circular de unos 10 cm de radio, con papel de aluminio,

se hace un agujero en el centro en el que quepa ampliamente un dedo, se realiza un corte en dirección radial y, finalmente, se le da forma de cono. A continuación, se introduce un dedo y se encara hacia el Sol. Rápidamente se nota como el dedo se calienta, ya que los rayos solares se concentran en el eje del cono.



Siempre que se calienta hay peligro. La llama del mechero, el agua a más de 50°C, las substancias inflamables, etc. son potencialmente peligrosas. En las experiencias que siguen se han de extremar las precauciones.

21. Concepto cualitativo de capacidad calorífica

Una de las propiedades singulares del agua es su elevada capacidad calorífica, como consecuencia de lo cual las tierras insulares presentan generalmente una suavidad termométrica en el tránsito día noche frente a los bruscos cambios termométricos de las tierras continentales y desiertos. El objetivo de la primera práctica es introducir una definición cualitativa de capacidad calorífica y ver cómo efectivamente el agua necesita más calor para subir la temperatura.

Procedimiento

Se cogen dos vasos de precipitados, en uno colocamos 100 g de arena y en el otro 100 g de agua. Despues se coloca sin que llegue a tocar el fondo un termómetro en cada uno para medir la temperatura. Hay que asegurarse que la temperatura de partida es la misma en ambos. Ponemos los dos vasos sobre una placa calefactora y calentamos suavemente. Al cabo de unos 10 minutos la arena está a mayor temperatura que el agua.

Sugerencias

El calentamiento ha de ser suave y controlado pues es posible que momentáneamente las corrientes de convección hagan que el termómetro del agua marque más que el de la arena.

La placa calefactora se puede sustituir por una plancha de hierro sobre un mechero.

La experiencia es sólo una ilustración de un hecho observable y, dependiendo del nivel al que va dirigida, se puede abordar con mayor o menor profundidad, sobre todo en lo que respecta al concepto de capacidad calorífica, a los factores de los que se considera que depende la absorción de calor o el control de variables.

22. Transmisión de calor por convección



Con el objetivo de dar a conocer las tres formas posibles de transmisión de calor se exponen experiencias de transmisión de calor por convección, por conducción y por radiación. Las experiencias de transmisión por convección se producen en agua y en el aire (en los fluidos).

Procedimiento

Se añaden unas virutas de madera, un poco de té a granel, etc. en un vaso de precipitados con agua fría y se remueve bien hasta que las virutas se embeben de agua y quedan en el fondo el vaso. A continuación se calienta el vaso a la llama de un mechero. Las virutas comienzan a moverse de abajo a arriba y de arriba abajo, debido a las corrientes de convección que se generan por el aumento de temperatura de la porción de agua en contacto con el mechero.

La segunda experiencia consiste en dibujar una espiral de 0,5 – 1 cm de ancho sobre un papel y luego recortarla. Después se coge la espiral por el centro y se despliega de modo que quede en forma de hélice; por ese extremo se fija en la punta de un lápiz y se coloca sobre una calefacción o sobre la llama de un mechero o cerilla. La hélice comienza a girar debido a las corrientes de convección producidas por el calentamiento del aire.

FIGURA 14

Convección

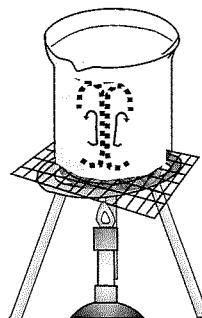
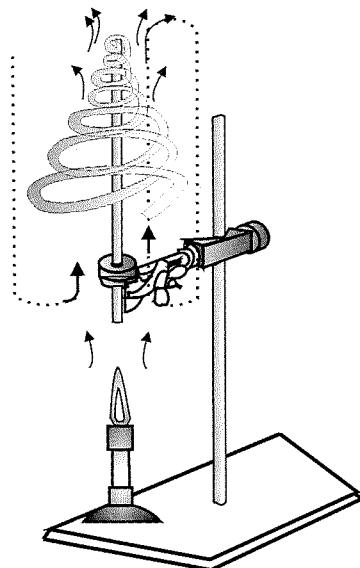


FIGURA 15

Espiral móvil



23. Transmisión de calor por conducción

Se pretende ver de una manera cuantitativa la diferente conductividad térmica que presentan los distintos materiales.

Procedimiento

Se adhiere una bolita de cera (o un material fácilmente fundible) a los extremos de sendas varillas metálicas, una de cobre, otra de acero, de aluminio, latón, etc. Se unen las varillas por el extremo libre con un hilo de cobre o alambre y se colocan sobre un trípode con rejilla. Al calentar la rejilla con el mechero Bunsen se observará cómo unas bolas funden antes que otras debido a la diferente conductividad térmica de los metales.

Otra versión es la llamada experiencia de Ingen-Housz. Se coge un recipiente metálico en cuyas paredes se han practicado tantos orificios como varillas de diversos materiales se disponga. Las varillas se recubren de cera y se insertan en los orificios. Se llena el recipiente con agua hirviendo y se ve cómo funde la cera a lo largo de cada varilla y se anota a qué distancia del recipiente cesa la fusión. Este procedimiento nos permite estudiar cuantitativamente las diferentes conductividades térmicas de diferentes materiales.

24. Transmisión de calor por radiación

Con un cartón se construye una cajita estrecha (medio centímetro de ancha) en la que se pueda introducir un termómetro. Se exponen dos cajitas iguales, una forrada de blanco y otra de negro, con sendos termómetros a la radiación del sol. Al cabo de un rato se comprueban las diferencias de temperatura de los termómetros debido a la diferencia en la absorción de radiación.



FIGURA 16

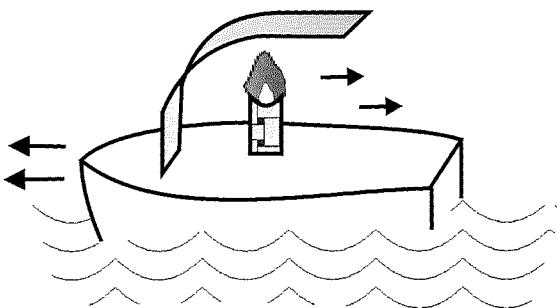
Conducción

25. Cómo hacer avanzar un barco con un motor térmico



FIGURA 17

Barco de vela



Para ello dispondremos de un pequeño barco como el de la figura, (hecho con corcho, plástico o un trozo de madera) sobre el que se coloca una chapita metálica de manera que se doble sobre una vela encendida. El barquito comienza a desplazarse lentamente sobre el agua.

¿Qué sucede? La explicación reside en que la llama calienta el aire a su alrededor, el cual tiene tendencia a subir por su menor densidad y este aire caliente, a su vez, es obligado por la lámina curvada a salir hacia atrás. Por el principio de acción y reacción la plataforma se desplaza en sentido opuesto.

26. Intercambio de calor entre dos líquidos (equilibrio térmico)



Cuando dos líquidos se ponen en contacto y se encuentran a diferente temperatura, se produce un paso de calor del líquido a mayor temperatura hacia el otro, hasta que se llegan a igualar ambas temperaturas, es decir alcanzan el equilibrio térmico.

Se toma un vaso con agua a temperatura ambiente, en el que se coloca un termómetro. Se calienta agua (a 80 ó 90 °C) y se pone en un tubo de ensayo grueso con otro termómetro en su interior. Se anotan las lecturas del agua fría y caliente. El tubo con agua caliente se coloca en el interior del vaso de agua fría y se van anotando las temperaturas que señalan ambos termómetros a intervalos de un minuto. Al cabo de un cierto tiempo se observará que las temperaturas son iguales, lo que indica que el sistema ha alcanzado el equilibrio térmico.

27. Influencia de la naturaleza de las sustancias en el equilibrio térmico



La temperatura de equilibrio, cuando ponemos en contacto dos sustancias, depende de la cantidad (masa), de las temperaturas iniciales de las sustancias y de su naturaleza. La influencia de las dos primeras variables es fácil de demostrar, simplemente mezclando diferentes cantidades de agua a diferentes temperaturas. Para comprobar la influencia de la naturaleza de las substancias se puede hacer el siguiente proceso.

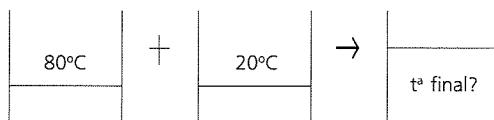
- Por un lado, se pesa una pieza de aluminio y se calienta a una temperatura de 100 °C. Para calentarla a esta temperatura, se introduce en un recipiente con agua hirviendo durante unos dos minutos. Rápidamente con unas pinzas se saca del baño y se introduce en un calorímetro en el que previamente se han introducido 100 g de agua a temperatura ambiente. Se deja pasar tres minutos para que se llegue al equilibrio térmico y se mide la temperatura del interior del calorímetro.
- En una segunda parte, se colocan en un calorímetro 100 g de agua a temperatura ambiente. Por otro lado se calienta a ebullición una cantidad de agua igual a la masa de la pieza de aluminio anterior y se añade al calorímetro. Se tapa, se agita y al cabo de tres minutos consideramos que se ha llegado al equilibrio térmico y medimos la temperatura final.

Con esta experiencia se observa cómo la temperatura final en el primer caso es mayor que en el segundo. Se comprueba así que la naturaleza de las sustancias influye en el equilibrio térmico, por la diferente capacidad calorífica que poseen. Se puede aprovechar para introducir el concepto de calor específico.

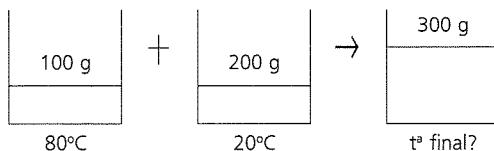
Sugerencias

La experiencia es muy interesante, ya que en ella subyace el concepto de proporcionalidad inversa y el control de variables. La idea es proponerles ejemplos de dificultad creciente en los que han de predecir la temperatura final de la mezcla. Se puede iniciar la secuencia desde lo más simple hasta lo más complejo en función del nivel y la edad de los alumnos. Algo similar a esto:

1. Igual masa, mismo material pero diferente temperatura:



2. Diferente masa, diferente temperatura y mismo material.



Además de agua y aluminio, se puede utilizar cualquier otro material del que se disponga, como hierro, latón, aceite, etc.

Se puede aprovechar más la experiencia para calcular el calor específico del aluminio. Para ello, debido a que la energía perdida por el aluminio hasta alcanzar la temperatura de equilibrio es la misma que la ganada por el agua. Se aplica la expresión de que el calor intercambiado es igual al producto de la masa por el calor específico y por el incremento de temperatura.

$$M_{H_2O} \times C_{pH_2O} \times (T_f - T_{iH_2O}) = M_{Al} \times C_{pAl} \times (T_f - T_{iAl})$$

Mientras las experiencias no pretendan más que resultados cualitativos, bastará para realizarlas simples vasos de precipitados. Pero si lo que se pretende es calcular, como sugerimos que se puede hacer, el calor específico de un metal, se debe emplear necesariamente un calorímetro. Al alumnado se le puede formular cuestiones como: ¿Qué es un calorímetro? ¿Por qué se utiliza un calorímetro y no un vaso normal?

Si no se dispone de un calorímetro de laboratorio se pueden emplear termos de alimentación. Otra alternativa es proponer a los alumnos su construcción. Por ejemplo introduciendo un vaso de plástico o de vidrio en otro más grande y intercalando entre ambos cualquier material aislante (cartón, poliestireno expandido o la misma cámara de aire sirve, si no están en contacto los dos vasos).

28. El aumento de temperatura en las sustancias



Este problema se puede utilizar como una pequeña investigación en la que se determinen los factores que intervienen, y la manera en que lo hacen, en el calentamiento de los líquidos. Las variables con las que trabajaremos serán: la energía absorbida, la masa, el incremento de temperatura y la naturaleza de la sustancia. La variable energía absorbida por las sustancias la sustituiremos por el tiempo de calentamiento, es decir el tiempo que permanecen sobre la llama encendida de un mechero, un calefactor, etc.

Procedimiento

Para determinar la influencia de cada variable independiente dejaremos fijas todas las demás excepto una y mediremos su influencia.

- a) Influencia de la masa: para determinar cómo influye en el calor absorbido tomamos diferentes cantidades de agua y la calentaremos de modo que en todos los casos haya el mismo incremento de temperatura. Se pueden tomar 50, 100, 150, 200, 250 y 300 gramos de agua y calentarlas un intervalo de 20 °C desde la temperatura ambiente. Luego se hace una tabla con los datos recogidos de la masa y el tiempo invertido en aumentar 20 °C la temperatura.
- b) Influencia en la temperatura: se toma una masa fija de agua, por ejemplo de 200 gramos, se comienza a calentar desde la temperatura ambiente hasta 70-80 °C y se va leyendo la temperatura del agua a intervalos de tiempo regulares, por ejemplo cada dos o tres minutos. Despues se construye una tabla con los datos de temperatura y tiempo.
- c) Influencia de la naturaleza de la sustancia: se calienta una misma masa, por ejemplo 100 gramos, de diferentes sustancias (agua, aceite, silicona, glicerina), desde la temperatura ambiente hasta 20 °C más. Luego se construye una tabla de resultados con las diferentes sustancias y el tiempo invertido en aumentar 20 °C la temperatura.

Para ver la proporcionalidad se hacen sendas representaciones gráficas de las variables independientes frente a las dependientes. Una línea recta indica una proporcionalidad directa.

Sugerencias

El calentamiento se puede hacer con una placa eléctrica de calefacción (con el mando fijo) o a la llama de un mechero con una rejilla de separación sobre la que se coloca un vaso con el líquido a calentar y el termómetro. El vaso lo pondremos cuando la rejilla lleve un rato de calentamiento y entonces se empezará a contar el tiempo.

La deducción de cuáles son las variables que influyen en el calentamiento se ha de dejar al alumnado, así como el diseño del experimento, y no suelen ir mal encaminados. Es importante que quede claro el control de las variables y cuál es independiente, cual dependiente y qué variables son fijas en cada experimento. A este respecto se les puede enseñar previamente el juego del Mastermind con colores o bien el juego de adivinar el número secreto, ya que la táctica utilizada para adivinar en estos juegos es aplicar el control de variables.

Se pide a los alumnos la representación gráfica y luego un dibujo de la recta de regresión indicándoles que la han de trazar (a ojo) de modo que exista la menor distancia posible entre todos los puntos y la recta que no pasará por todos ellos.

No se trata de que pase por unos puntos sí y por otros no, sino que pase por en medio de todos ellos.

Se puede hacer una gráfica con una hoja de cálculo convencional o un programa estadístico. La hoja de cálculo informa de la ecuación de la recta y del coeficiente de correlación. No se necesita saber estadística, basta con que el profesorado indique el significado de dicho coeficiente.

Terminada toda la experiencia se puede definir la capacidad calorífica como el parámetro que mide la influencia de cada sustancia en la mayor o menor cantidad de calor absorbido y viene determinada por la pendiente de cada gráfica de la 3^a experiencia, aunque no en las unidades convencionales.

29. Congelación de agua y aceite

Se coge una botella de agua y otra de aceite que no estén llenas, para evitar su rotura, y se ponen en el congelador sin dejar que solidifique todo el líquido de la botella.

Si no se dispone de congelador en el laboratorio, se llevan las botellas a la cantina o al comedor del centro docente, o se puede pedir que los alumnos lo experimenten en casa. En las noches de invierno se puede dejar de un día para otro en la ventana del laboratorio.

¿Qué sucede? Se observa que el hielo formado flota, mientras que el aceite solidificado se hunde en la botella. La diferencia estriba en que el agua, a diferencia de otras sustancias, cuando se congela aumenta de volumen y su densidad disminuye; mientras que el aceite se contrae, por lo que su densidad aumenta y se va al fondo.

30. El agua vuelve a hervir sin tener que calentar



Se llena parcialmente un matraz de fondo redondo con agua, se calienta hasta ebullición, cuando hierve y sale vapor de agua se retira del fuego, se cierra herméticamente el matraz con un tapón y se introduce bajo un chorro de agua fría. El agua, que había dejado de hervir, vuelve a hacerlo cuando se introduce bajo el agua fría.

¿Qué sucede? Al cerrar el matraz y enfriar condensa algo de agua y se produce algo de vacío. El agua a menor presión hierve a temperatura más baja y sin necesidad de calentar.

31. La temperatura no varía durante la ebullición, pero es diferente si cambia la presión



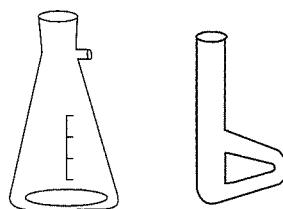
Se pone a calentar agua destilada en un matraz Erlenmeyer provisto de un tapón bihoradado, en uno de cuyos agujeros colocamos un termómetro. Mientras está hirviendo no cambia la temperatura.

Si el agua se pone en un kitasatos y se tapa con un tapón atravesado por un termómetro, mientras la salida se acopla a una trompa de agua, la temperatura de ebullición será menor que antes.

Se puede sustituir el matraz por un tubo de Thiele que permite una mejor mezcla del agua porque su diseño favorece las corrientes de convección.

FIGURA 18

Kitasatos y tubo de Thiele



32. Los cambios de estado provocan intercambios de energía con el entorno

Se ata un poco de algodón al bulbo de un termómetro. Se moja en éter etílico o acetona y se agita de manera que se evapore el líquido. Se observa una disminución de la temperatura registrada en el termómetro.

¿Qué sucede? El éter ha necesitado energía para pasar al estado gaseoso y la ha absorbido del objeto que está más cerca, en este caso el termómetro, haciendo disminuir su temperatura. La energía recibida por el éter para cambiar de estado es el calor latente de vaporización. Esta experiencia nos permite explicar el papel de la sudoración en la regulación de la temperatura corporal.

33. Mezclas frigoríficas

Cuando se mezcla una determinada sustancia muy soluble en agua con hielo finamente dividido a 0 °C se produce una disminución de la temperatura que en principio depende de la cantidad de sustancia añadida, pero que alcanzada una determinada proporción se llega a un valor mínimo que es característico del sistema formado.

En la siguiente tabla se muestran las sustancias, las concentraciones (en % de mezcla con hielo) y la temperatura que se alcanza con estas mezclas denominadas frigoríficas.

TABLA NÚM. 1

Mezclas frigoríficas

| Sustancia anhidra | % | Temp (°C) |
|-------------------|------|-----------|
| NaCl | 22,4 | - 21,2 |
| KCl | 19,7 | - 11,1 |
| CaCl ₂ | 29,8 | - 55 |
| KOH | 31,5 | - 65 |
| NaOH | 19 | - 28 |

¿Qué sucede? El proceso es una consecuencia de las leyes de Raoult. Así al añadir la sustancia, una parte de ella se disuelve en el agua que acompaña al hielo formándose una disolución saturada. Esta solución tiene una presión de vapor inferior a la presión de vapor del hielo. Para restablecer el equilibrio es necesario por un lado que el hielo se enfrie y que la disolución se diluya. Esta doble acción se consigue gracias a la fusión de una parte del hielo. De este modo el agua líquida formada diluye la solución y además el calor de fusión absorbido por el hielo se obtiene a expensas del enfriamiento del sistema. Si hay suficiente cantidad de sólido la disolución se volverá a saturar y se repetirá el proceso disminuyendo la temperatura del sistema.

Sugerencias

Se consiguen mejores resultados con un termo o un calorímetro. Para ver los descensos de temperatura no es necesario preparar las mezclas con los porcentajes indicados. Es más, se pueden estudiar cómo influye el porcentaje de la mezcla en el descenso de la temperatura.

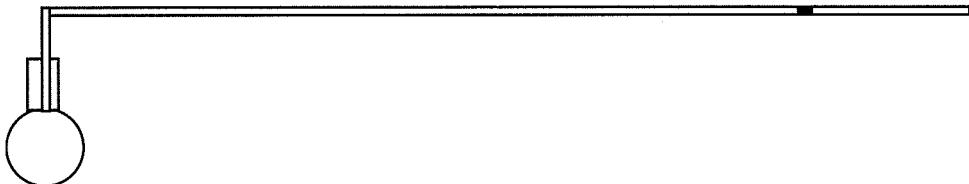
Para medir temperaturas muy bajas van bien los termómetros digitales de exterior, que tienen una sonda que se puede introducir en la mezcla.

34. Un líquido que corre (dilatación y contracción de gases)

La gran variación que experimenta el volumen de los gases con la temperatura a presión constante permite realizar experiencias como ésta. Se tapa un matraz de fondo redondo con un tapón agujereado. En él se introduce un tubo de vidrio largo con un extremo doblado a 90°. Se pone en el tubo una gota de agua previamente coloreada de modo que selle la entrada al matraz. A continuación se introduce el matraz en agua caliente, aunque también se puede realizar simplemente calentando el matraz con las manos. La gota de agua sale disparada hacia el extremo del tubo debido a la dilatación del aire contenido en el matraz.

FIGURA 19

Dilatación de gases



A continuación se puede hacer al revés, haciendo retroceder la gota con la misma rapidez al lugar de partida. Cuando la gota está en el extremo del tubo de vidrio se enfriá el matraz mojándolo con un trapo húmedo.

35. Los vasos de Magdeburgo

Se infla un globo ligeramente hasta que adquiera el tamaño de una naranja. Por otro lado se calientan dos vasos con un poco de agua caliente, que después se tira. Se coloca rápidamente el globo sobre la boca de un vaso y se tapa con el otro invertido de modo que queden bien encajados. Luego se enfriá el conjunto al chorro del agua fría.

El globo queda tan encajado dentro de los vasos que es posible levantar todo el conjunto sólo tirando por uno de los vasos. La razón es que el aire contenido en los vasos se enfriá bruscamente, disminuye la presión y se contrae, por lo que el globo penetra y se encaja en los vasos.

36. Dilatación de líquidos



Se toma un matraz (redondo o Erlenmeyer) se coloca un tapón horadado y se introduce en él un tubo. Se llena el matraz con agua coloreada (violeta de cristal, azul de metileno, etc.) y se calienta el conjunto al baño maría. Al cabo de un tiempo una columna de agua ascenderá por el tubo indicando un aumento del volumen del líquido.

37. Dilatación de sólidos



Se coge una varilla metálica cilíndrica (una barra de soporte, por ejemplo) y con un alambre grueso se hace una arandela enrollándola en la barra, de manera que encajen perfectamente. Se saca la barra de la arandela. Se calienta la barra con ayuda de un mechero y se comprueba que ya no se puede volver a introducir en la arandela, hasta que se enfriá la barra.

Otro procedimiento consiste en sujetar, con ayuda de nueces y soportes, dos barras, una enfrente de la otra, de manera que justamente pueda pasar una pieza metálica entre ellas. Se calienta la pieza y ya no puede hacerse pasar entre las barras.

En las primeras experiencias, que pueden servir para introducir una nueva interacción, la eléctrica, se muestra que cuando se ponen en contacto diferentes materiales existe una transferencia de carga eléctrica. Por ejemplo, si se frota un globo, varillas de ebonita o plástico con lana o un paño de algodón, adquieren carga negativa y, sin embargo, si la varilla es de vidrio o metacrilato adquiere carga positiva. Los distintos materiales presentan, pues, un comportamiento diferente en la facilidad para ceder electrones. En la siguiente relación los materiales están ordenados de mayor a menor facilidad para ceder electrones:

Piel de conejo > barra de vidrio > lana > plástico > goma > acetato

38. Frotar globos con lana

Se frota un jersey de lana durante un par de minutos con un globo hinchado. Se acerca a una pared y se observa cómo el globo se adhiere. Lo que sucede es que al frotar el globo, adquiere carga negativa y, por tanto, induce y atrae a la carga positiva de la pared. También es capaz de pegarse a la palma de la mano boca abajo o atraer pequeños trozos de papel.

39. Frotar varillas con un paño de lana o algodón

Se frota una varilla de ámbar con un paño y se observa cómo atrae pequeños trozos de papel. También puede hacerse frotando una varilla de plástico (un bolígrafo) con un trapo de algodón o lana. En ambos casos se produce un desequilibrio de cargas eléctricas, quedando las varillas cargadas negativamente. Por ello se inducirá fácilmente la redistribución de la carga en los pequeños trozos de papel, produciendo atracción.

40. Péndulo de porexpan

Se frota bastante una barra de vidrio con un paño (seda, algodón o lana) con lo que queda cargada positivamente. Se acerca a una esfera de un péndulo, con lo que se induce en ésta a una redistribución de cargas, quedando la esfera cargada negativamente en la zona próxima a la varilla, produciéndose atracción. La esfera del péndulo tiene que ser ligera y de un material conductor, como por ejemplo una bolita de porexpan pintada con pintura conductora, o recubierta con papel de aluminio. Al poner en contacto la barra de vidrio con la esfera, pasará carga negativa de la esfera a la barra de vidrio, quedando aquella cargada positivamente. Si se acerca ahora a la esfera otra barra cargada también positivamente (por ejemplo una varilla de metacrilato frotada con papel de cocina), se observa el fenómeno de repulsión.

Estos fenómenos no se observan al acercar una varilla metálica que se ha frotado previamente, debido a que los metales son buenos conductores de la electricidad y el exceso de carga circula rápidamente hasta nuestras manos, descargándose fácilmente.

41. La carga eléctrica y la pantalla de la televisión

Se cogen dos láminas de plástico (por ejemplo separadores de portafolios), se colocan un momento en la pantalla de un televisor encendido (se carga mejor recién apagada la tele) y posteriormente, al intentar juntar las mismas caras que tocaban la pantalla del televisor, se observa una repulsión por tener la misma carga. También pasa lo mismo con las otras caras.

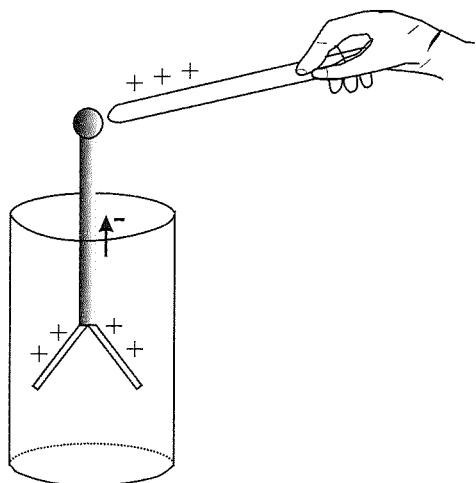
Igualmente, la cantidad de polvo que acumula la pantalla de la televisión es debida a la atracción electrostática que sufren las partículas de polvo por parte de la pantalla, continuamente electrizada por el haz de electrones que choca contra ella.

42. Electroscopio

Se coloca un bola metálica en la parte superior de una barra metálica que termina en dos láminas pequeñas metálicas (por ejemplo de papel de aluminio) que cuelgan una junto a la otra. Se introduce todo en un recipiente de vidrio con tapa de modo que la bola metálica quede en el exterior (ver figura 20). Si se toca la bola metálica con un cuerpo cargado, las laminillas metálicas se separan.

¿Qué sucede? Al tocar la bola metálica con un objeto cargado positivamente, como una varilla de vidrio frotada con una paño de seda, se produce una redistribución de cargas en la barra metálica, de manera que los electrones fluyen hacia la bola. En consecuencia, las dos laminillas quedan cargadas positivamente y se separarán

FIGURA 20
Electroscopio



de una lámina central por el fenómeno repulsión entre cargas del mismo signo. Se ha producido una redistribución de las cargas eléctricas. Si se toca la parte superior con el dedo la lámina vuelve a la posición inicial.

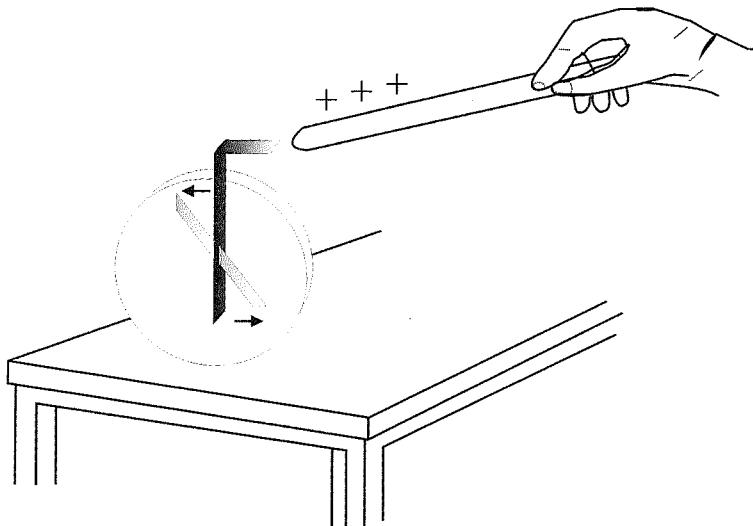
al producirse un fenómeno de repulsión.

Si seguidamente se toca el electroscopio con un objeto cargado negativamente, por ejemplo, una varilla de plástico frotada con un paño de piel, se observa cómo las laminillas vuelven a la posición inicial. Esto se explica por una nueva redistribución de carga en el electroscopio, contrarrestando la carga positiva con la que estaba cargado.

43. Electrómetro

Es un aparato como el de la figura que se utiliza para medir diferencias de potencial o cargas eléctricas. Se toca con el objeto cargado la parte superior del electrómetro y se observa la separación

FIGURA 21
Electrómetro



44. Electroforo

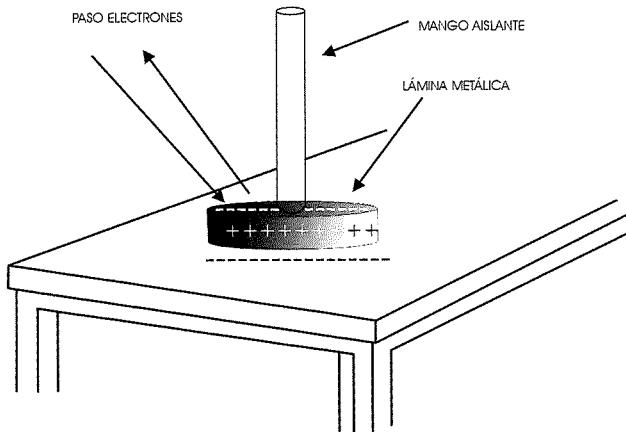
El electroforo consiste en un disco metálico con un mango aislante. Se utiliza de la siguiente forma:

Se coloca el electroforo encima de una lámina de plástico que se ha frotado con una tela o piel. Se toca con el dedo la parte superior del disco y se levanta el electroforo cogiéndolo por el mango. El disco ha quedado cargado por inducción con signo contrario al del plástico. Para comprobarlo se puede tocar el electroscopio o un electrómetro.

¿Qué sucede? El disco metálico por inducción queda cargado con el signo contrario al del plástico. Si el plástico está cargado negativamente atrae a las cargas positivas del disco y repele a las negativas, que se acumulan en la parte superior del disco, la más alejada. Al tocar con el dedo la parte superior, los electrones circulan por nuestro cuerpo hacia la tierra, quedando el disco cargado positivamente. Si el plástico está cargado positivamente sucede el proceso contrario, pero esta vez los electrones pasan de la mano (tierra) a la parte superior del disco, neutralizando las cargas positivas.

FIGURA 22

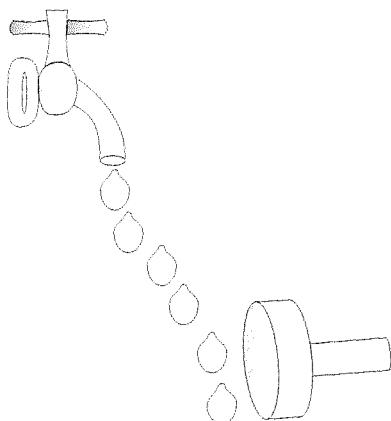
Electroforo



45. El agua tiene carga eléctrica

Se aproxima el electroforo cargado a un fino chorro de agua del grifo, se observa como éste se desvía de su trayectoria rectilínea. La desviación es debida a que el agua es un líquido polar (las moléculas de agua son polares) y se verá afectado por la existencia de carga en el electroforo.

FIGURA 23
Polaridad del agua



Sugerencias

Si se repite la experiencia con líquidos no polares, como disolventes orgánicos (hexano...), se comprobará que en éstos no se produce ninguna desviación.

46. La proporcionalidad entre la intensidad y el voltaje

Se colocan cuatro pilas, por ejemplo de 4,5 V, de modo que el polo positivo de una esté unido al polo negativo de la siguiente, y un hilo conductor que tiene un extremo unido al polo positivo de la primera pila y el otro extremo un terminal de pinza para facilitar las diferentes conexiones (ver montaje de circuito abierto de la figura). El circuito se completa con un amperímetro en serie para medir la

intensidad de corriente y un voltímetro en paralelo que nos indicará la diferencia de potencial entre los puntos conectados.

Se coloca la pinza, sucesivamente, en el polo negativo de cada una de las pilas anotando en cada caso el valor indicado por el amperímetro y el voltímetro. Se obtendrá una tabla como la adjunta.

TABLA NÚM 2

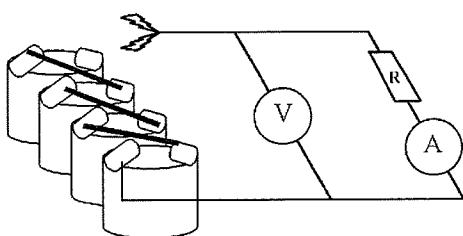
Ley de Ohm

| Conexión | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Voltímetro (voltios) | 4,5 | 9 | 13,5 | 18 |
| Amperímetro (amperios) | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| Resistencia (ohmios) | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 |

Si se representan gráficamente o se dividen los valores de voltaje y de intensidad de cada medición se observará que el resultado es un valor constante. Esto quiere decir que si entre los extremos de un conductor se establecen diversas diferencias de potencial, se originan intensidades que son directamente proporcionales a las diferencias de potencial. La constante de proporcionalidad se denomina resistencia de un conductor.

$$V = R \cdot I$$

FIGURA 24

Ley de Ohm**Sugerencias**

Se puede utilizar una o dos pilas de petaca a las que se levanten las tapas e ir aumentando el voltaje de 1,5 V en 1,5 V.

La ley de Ohm se cumple para cualquier valor de la resistencia, por lo que se puede utilizar la resistencia comercial que se tenga más a mano, pero no todos los elementos de corriente presentan una resistencia constante al paso de la corriente. La bombilla es un caso claro a este respecto, ya que sufre un aumento brusco de la resistencia cuando el filamento se pone incandescente.

47. No todos los conductores eléctricos ofrecen la misma resistencia al paso de la corriente eléctrica

En esta experiencia se pueden analizar los diferentes factores que influyen en la resistencia. La resistencia al paso de la corriente depende de la naturaleza del conductor y es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección. El cociente entre la resistencia y la relación longitud por sección se denomina resistividad.

$$R = \rho L / S$$

$$R = \text{resistencia } \Omega$$

$$L = \text{longitud (m)}$$

$$S = \text{sección (m}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{resistividad } (\Omega \cdot \text{m})$$

TABLA NÚM. 3

Resistividades

Resistividades de algunos materiales $\rho = \Omega \cdot \text{m}$

| | | | |
|----------|----------------------|--------|---------------------|
| Cobre | $1,72 \cdot 10^{-8}$ | Nicrom | $100 \cdot 10^{-8}$ |
| Aluminio | $2,63 \cdot 10^{-8}$ | Hierro | $8,6 \cdot 10^{-8}$ |

Para estudiar el efecto de la longitud, se coloca un conductor de dimensiones conocidas (longitud y sección) haciendo de puente (ver B en figura) entre los extremos de un generador, se mide el valor del amperímetro y del voltímetro y por la ley de Ohm se calcula la resistencia. A continuación se repite la experiencia cambiando el puente B por otro del mismo material, de igual sección pero de diferente longitud.

Para estudiar el efecto de la sección, se realiza la experiencia anterior pero utilizando conductores de igual material y longitud pero de diferente sección.

También se puede estudiar el efecto de la naturaleza del conductor utilizando diferentes materiales conductores pero de igual longitud y sección como por ejemplo: cobre, hierro...

Si se conocen las dimensiones de los conductores (longitud y sección) y se mide la resistencia es posible encontrar la expresión arriba indicada y calcular la resistividad de los materiales.

48. Construcción de una bombilla



Se necesitan dos pilas, alambre, dos clavos, un recipiente de vidrio de boca ancha con una tapa que cierre bien y no conduzca la corriente eléctrica (corcho) e hilo de cobre (puede sacarse de un cable eléctrico ordinario).

Se clavan los clavos en la tapa separados unos 5 cm y, para evitar que entre aire en el recipiente, se pone plastilina en la tapa alrededor de cada clavo. Se construye el filamento de la bombilla enrollando varias vueltas de hilo de cobre alrededor de un palillo redondo, retirarlo después. Se coloca el filamento entre los dos clavos. Se introduce en el recipiente una vela encendida y se cierra. Cuando la vela se apaga se conectan los clavos a la corriente. La vela se introduce para que se consuma el oxígeno y se evita en parte la combustión cuando el hilo está al rojo. Se observa que el filamento se va poniendo rojo.

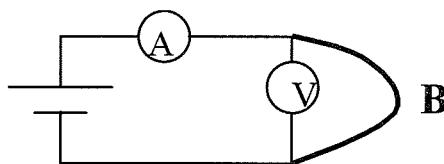
49. Construcción de una brújula



Una brújula es un imán que puede girar libremente respecto a un punto. Para construir una brújula se frota una aguja de coser de acero varias veces con un imán, siempre en el mismo sentido para orientar todos los diminutos dipolos magnéticos.

FIGURA 25

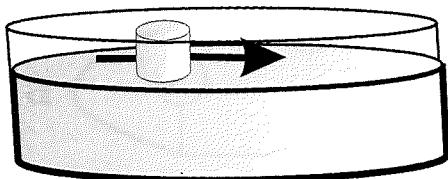
Materiales y resistencia



B

FIGURA 26

Brújula



Se pincha la aguja imantada en un trozo de corcho (recortar un tapón de botella) y se deja flotar sobre un pequeño recipiente que contenga agua, vigilando que no toque en las paredes del recipiente. La aguja marcará el polo norte magnético terrestre. Se puede acercar un imán y se comprobará cómo girará hacia el polo opuesto.

50. Experimento de Oersted

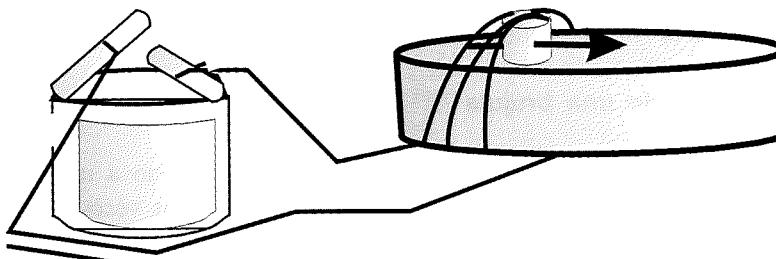
Se puede aprovechar la brújula construida con la aguja de coser (o bien utilizar una brújula comercial). Se dan de veinte a treinta vueltas con un cable eléctrico alrededor de la brújula y se coloca en un lugar alejado de aparatos eléctricos. Si utilizamos la brújula de la experiencia anterior, se llena el recipiente con agua, se introduce el corcho con la aguja en el plato y se espera hasta que se quede inmóvil (se estabiliza con un extremo de la aguja apuntando al norte). A continuación, se conecta un extremo del cable con el terminal negativo de una pila de 4,5 V y, cuando se conecte el otro extremo del cable con el terminal positivo de la pila, la aguja experimentará un movimiento.

¿Qué sucede? El cable que rodea el plato produce un campo magnético, cuando pasa la corriente a través de él, que hace a la aguja magnetizada alinearse con él. La brújula siempre se orientará perpendicularmente al paso de la corriente.

Si se cambia la polaridad, es decir, si se cambia la conexión en los bornes de la pila; se comprobará que también se orientará perpendicularmente pero esta vez en sentido contrario.

FIGURA 27

Experiencia de Oersted



51. Experimento de Oersted: reglas de las manos



Con relación a las direcciones y sentidos en los que se encuentran las diferentes magnitudes electromagnéticas en un momento dado (intensidad de campo magnético, intensidad de corriente, etc), los manuales de física proponen diferentes reglas nemotécnicas para su descripción, como son las de la mano izquierda y las de la derecha.

Para comprobarlas se coloca horizontalmente un cable eléctrico largo (más o menos un metro) sobre una mesa y a unos 3 o 4 cm de altura. En la parte central y debajo del cable, se apoya una brújula comercial sobre la mesa y se conectan a continuación los extremos del hilo conductor a una pila de 4,5 V, o una fuente de alimentación de corriente continua (experiencia de Oersted).

Se verá cómo se desvía la aguja de la brújula más o menos según la dirección del campo magnético terrestre, la intensidad que circula por el cable, etc. Se podrán comprobar asimismo las diferentes “reglas”, ya que la aguja se desviará a un lado u otro del cable en función de cómo se conecte a la pila. Si se utiliza una pila se ha de procurar conectarla sólo cuando se necesite, ya que si no se gastará enseguida.

El efecto solenoide se puede apreciar si el cable se enrolla alrededor de la brújula. Si se encaja la brújula antes en un trocito de cartón y se fija bien el cable, se puede utilizar el aparato construido como galvanómetro.

52. Construcción de un electroimán

Se enrolla en un clavo (6 cm de longitud) un cable eléctrico de $\varnothing = 1$ mm mínimo. Se conectan los extremos del cable a los terminales de una pila de 4,5 V. El electroimán así construido atraerá a objetos pequeños que contienen hierro. Si se quiere mejorar el electroimán siempre se puede aumentar el núcleo de hierro y, también, aumentar el número de espiras.

FIGURA 28

Electroimán

53. Construcción de un motor

Se necesitan una pila de 4,5 voltios, dos clips metálicos para papel, 25-30 cm de hilo de cobre, papel de lija, unos alicates y un imán. Se doblan los clips en forma de «S». Se sujetan cada uno a un borne de la pila con cinta adhesiva. Se enrolla el hilo de cobre formando una bobina dejando en los extremos un trozo

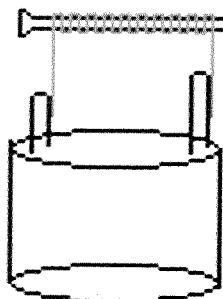
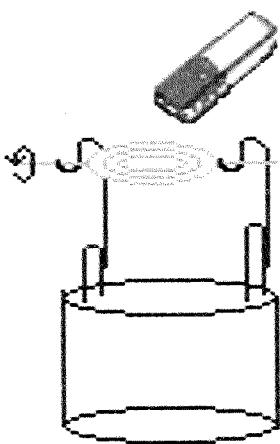


FIGURA 29

Motor eléctrico



liso y desprovisto del recubrimiento protector (se puede frotar los extremos con lija para aumentar su conductividad). Se coloca la bobina en equilibrio sobre la «S» de los clips procurando que toquen los extremos “pelados” en los clips. Se acerca el imán a la bobina y el “motor” empezará a girar.

Si inicialmente no funciona. Se coloca una pila nueva, ya que se consumen rápidamente. Si este no es el caso, se añade un segundo imán igualmente orientado para aumentar el campo magnético. Y en el caso más desfavorable, se ayuda a girar la bobina con los dedos hasta que atranque.

54. Líneas del campo magnético

Para ver las líneas del campo magnético se esparcen diminutas limaduras de hierro sobre un papel y se coloca debajo del papel, sin tocarlo, un imán. Se verá que se producen dos núcleos (una mayor concentración de virutas en los polos del imán) y el resto se orientará como líneas curvilíneas que parten del polo norte del imán y terminan en el polo sur.

Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente pero colocando dos imanes separados debajo del papel, se verá la distinta disposición de las virutas cuando enfrentamos polos diferentes y cuando se enfrentan polos iguales. En el primer caso el resultado es parecido al explicado anteriormente, en cambio en el segundo aparecen las líneas repulsivas entre los imanes, que se alejan de los polos iguales.

55. Propagación rectilínea de la luz

La propagación rectilínea de la luz es quizás su característica primordial ya que define lo que es para la humanidad la línea recta y, por tanto, la concepción que tiene del mundo que le rodea. Se puede mostrar de diversas maneras:

- Sombras. Se pueden formar sombras (de animales, por ejemplo) de tamaño variable en la pared utilizando las manos. Se puede comprobar que, como la luz se propaga en línea recta, la sombra aumenta de tamaño cuando acercamos las manos al foco luminoso y las alejamos de la pared.
- Cartulina. En una cartulina se hace un agujero. Se coloca la cartulina delante de un foco luminoso, por ejemplo una linterna. Al encender la linterna se observa una línea recta.

56. Descomposición de la luz blanca

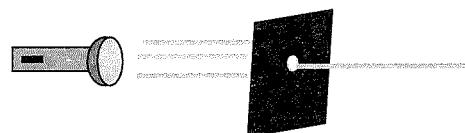


La luz del sol se descompone de manera natural en el arco iris en los siguientes colores: violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Otras fuentes de luz se descomponen en colores diferentes. El conjunto de colores obtenidos en cada caso se llama espectro de la luz. También se pueden conseguir espectros de las siguientes maneras:

- Disco compacto. Se pueden observar los colores en que se descompone la luz blanca al incidir sobre un disco compacto (CD).
- Prisma. Un rayo de luz cuando atraviesa un prisma triangular transparente también se descompone en los colores que la forman (dispersión cromática).
- Espejo. Se coloca a pleno sol una cubeta con agua y se apoya sumergido un espejo rectangular de bolsillo contra una de las paredes internas de la cubeta, regulando

FIGURA 30

Propagación rectilínea de la luz



su posición de modo que el espectro que se forma se proyecte sobre la pared.

d) Espectroscopio. Se observa con un espectroscopio de red de difracción la luz de diversas fuentes. Si es la del sol se observarán los colores violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Si se enfoca a una bombilla o a una lámpara fluorescente, se ve una gama de colores diferente.

Sugerencias

Si se consigue una red de difracción a través de una casa comercial (las venden montadas en un marco de diapositiva) es posible construir un espectroscopio utilizando un tubo opaco (de plástico) de unos 3 cm de diámetro y unos 20 cm de longitud. En un extremo del tubo se pega un cartón en el que se ha realizado una rendija de 1 mm por 20 mm, y en el otro extremo se pega la red de difracción. Ya no queda sino mirar.

57. La luz a través de filtros

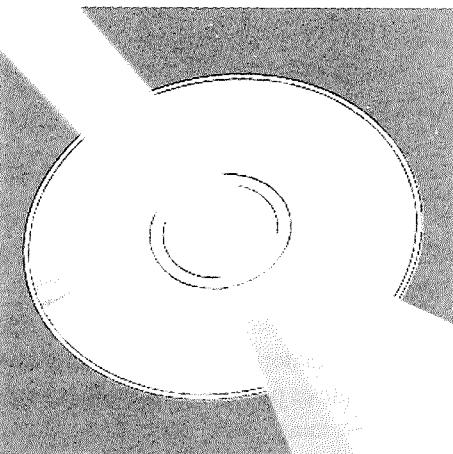
Para obtener luz de un determinado color se utilizan filtros. Cuando la luz atraviesa un filtro de un determinado color, éste absorbe los otros colores y sólo deja pasar la luz del color del filtro.

Se colocan separadores de plástico de colores de una carpeta de anillas delante de una fuente de luz (por ejemplo una linterna). También se puede utilizar papel de celofán de colores. Se observa de qué color es la luz que deja pasar el filtro.

Se puede comprobar si la luz que deja pasar el filtro es monocromática (de un solo color). Para ello se debe observar la luz con un espectroscopio. Si la luz es monocromática en el espectro solamente se observará un color. Si no es monocromática en el espectro se podrán observar más colores.

FIGURA 31

Disco compacto



58. Composición de la luz. Disco de colores

La luz blanca se puede conseguir por la superposición de luz de color rojo, azul y verde. Estos son los colores primarios. Si combinamos dos colores primarios obtendremos los colores secundarios, así:

Rojo + azul = rosa fuerte o fucsia o magenta

Verde + azul = azul verdoso o cian

Rojo + verde = amarillo.

Procedimiento

Se recorta un círculo de cartulina blanca de unos 10 cm de diámetro. Se divide en tres partes iguales, para lo que se han de dibujar tres radios y se pinta cada parte con cada uno de los colores primarios (rojo, verde y azul).

Ahora se ha de hacer girar la cartulina, para lo cual es posible utilizar diferentes métodos. Se puede acoplar la cartulina a un lápiz que se hace girar con la mano, o directamente al eje de un motorcito eléctrico.

Otra posibilidad más entretenida es la siguiente:

- Se practican dos agujeros en el centro de la cartulina. Los agujeros han de estar un poco separados en línea recta, uno a cada lado del centro.
- Se pasa un extremo de un hilo por un agujero y después por el otro y se hace un nudo que una los dos extremos.
- Se giran las cartulinas hasta que el hilo quede enrollado, estirar y aflojar el hilo y observar el disco.

¿Qué sucede? Se verá la cartulina de color blanco, ya que nuestro ojo no es capaz de apreciar los colores por separado debido a la velocidad a la que giran y, por tanto, se observa la suma de los tres. Se verá lo mismo si el disco o las cartulinas se pintan con los siete colores del arco iris (violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja y rojo).

59. Televisor en color

La suma de las luces de colores es la técnica que se utiliza en los televisores de color.

Si se observa con una lupa la pantalla encendida de un televisor en color, se puede apreciar que está formada por pequeños puntos de color verde, azul y rojo. La combinación de estos colores primarios produce toda la gama de colores.

60. El color de los objetos

Los objetos que no producen luz por sí mismos tienen color gracias a un proceso llamado sustracción del color, por lo que el color de un objeto depende de la luz con la que se le ilumina.

Un objeto blanco es el que refleja toda la luz, es decir no absorbe nada de luz. Iluminado con luz blanca tiene color blanco, con luz de color tendrá el color de la luz con la que se le ilumina.

Un objeto de color es el que refleja la luz de su color y absorbe todas las demás. Conserva su color al iluminarlo con luz blanca o bien con luz de su color.

Un objeto de color negro absorbe todos los colores. Siempre tendrá este color independientemente del color de la luz con la que se le ilumina.

Procedimiento

- Se observa en una habitación oscura objetos de diferentes colores iluminados con una linterna a la que sucesivamente se le colocan filtros de diversos colores (separadores de plástico).
- Se observa en una habitación iluminada objetos de diferentes colores a través de filtros.
- Se pinta en un folio en blanco dos círculos con rotuladores de color rojo y verde y se miran sucesivamente a través dos filtros, uno rojo y otro verde.

¿Qué sucede? El objeto rojo observado a través del filtro rojo se verá rojo y a través del filtro verde se verá negro. El objeto verde observado a través del filtro rojo se verá negro y a través del filtro verde se verá de su color, es decir verde.

FIGURA 32

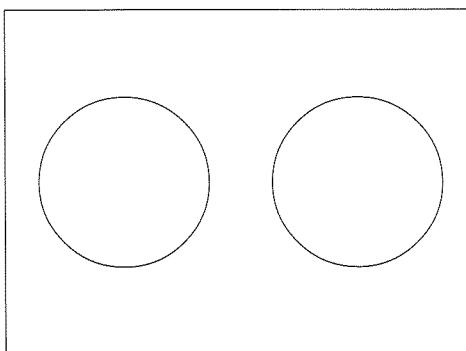
Dibújense dos círculos en un papel aparte. Píntese un círculo de color rojo y otro de color verde

61. Mezclas de pigmentos

Mezclando en partes iguales los pigmentos base o primarios, cian, amarillo y magenta (diferentes de los colores primarios), se obtienen los secundarios. Si se mezclan los tres se obtiene el negro.

Cian + amarillo = verde

Magenta + amarillo = naranja



Magenta + Cian = azul

Magenta + Cian + amarillo = negro

Se coge un lápiz o rotulador azul y otro amarillo y se mezclan. El color resultante será el verde. Se puede probar con los demás colores primarios. Superponiéndose separadores transparentes de plástico de los colores adecuados se consigue el mismo efecto.

62. Refracción de la luz

Cuando un rayo de luz atraviesa la superficie de separación de dos medios transparentes diferentes se desvía, este fenómeno se conoce como refracción y está relacionado con la diferente velocidad de la luz en ambos medios.

TABLA NÚM. 3

Velocidad de la luz

Velocidad de propagación de la luz en diferentes medios (km/s)

| | |
|----------|---------|
| Agua | 225.000 |
| Aire | 300.000 |
| Alcohol | 220.600 |
| Benceno | 124.000 |
| Diamante | 227.272 |

- Con una moneda. Se coloca una moneda en el fondo de un vaso y después se llena de agua. Con el vaso lleno de agua la moneda parece más grande y que se encuentra más cerca de la superficie del agua.
- Con otra moneda. Se coloca una moneda en el fondo de una taza opaca vacía y se observa mientras se va alejando la taza sobre una mesa, hasta que se deja de ver la moneda por encima del borde. Si se llena entonces la taza de agua, se vuelve a ver la moneda.
- Con un bolígrafo. Se introduce una varilla o un bolígrafo, por ejemplo, en un recipiente transparente que contenga agua, de forma que parte del objeto sobresalga por encima del agua. Si se observa, parece que la varilla se parte como consecuencia de la refracción de los rayos de luz al atravesar la superficie.

¿Qué sucede? El rayo de luz procedente de la moneda o el bolígrafo al pasar del agua al aire se desvía, alejándose de la perpendicular a la superficie libre del agua, ya que la velocidad de la luz en el aire es mayor que en el agua.

63. Las imágenes en los espejos cóncavos

Una imagen es la reproducción de un objeto por medio de instrumentos o aparatos ópticos. Si estas imágenes se pueden recoger en una película o pantalla serán imágenes reales. En cambio, si no se pueden recoger (pero sí observarlas) serán imágenes virtuales.

Los espejos planos siempre dan imágenes virtuales, pero los cóncavos dan dos tipos de imágenes, dependiendo de la distancia: una virtual, derecha y mayor que el objeto y otra imagen real, invertida, cuyo tamaño disminuye al alejarse del espejo.

Procedimiento

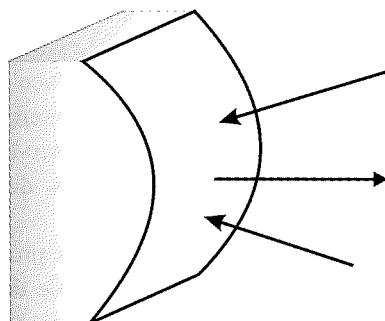
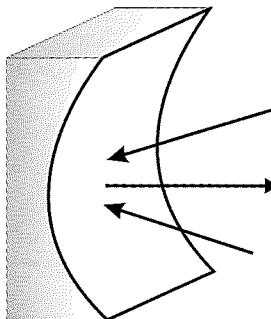
Se coloca un espejo cóncavo, de forma que quede vertical con la ayuda de algún soporte sobre una mesa. Se sitúa una vela encendida delante del espejo procurando que la vela sea de la altura más o menos del espejo. Se coloca un papel vegetal detrás de la vela. Se aleja la vela del espejo y se observa cómo varía la imagen. Se podrá ver la imagen invertida. Se coloca luego el papel entre el espejo cóncavo y la vela y se observa también lo que ocurre.

Sugerencias

Hay que mirar la imagen desde detrás de la vela con el ojo a la altura de la llama, que debe estar centrada en el espejo. Cuando la vela está cerca del espejo cóncavo, la imagen que se ve es virtual y mayor que el objeto. Esta imagen no se puede recoger en el papel vegetal porque es virtual. Al alejar la vela del espejo, cuando llega al foco, la imagen desaparece. Al seguir alejando la vela, la imagen se invierte y se hace cada vez menor, entonces la imagen se puede recoger

FIGURA 33

Espejos cóncavo y convexo



colocando el papel detrás de la vela. Cuando la vela se encuentre a una distancia del espejo superior al doble de la distancia focal, se puede recoger la imagen en el papel vegetal colocándolo entre el espejo y la vela.

Las superficies metálicas pulidas sirven como espejos. Por ejemplo, una cuchara que no esté muy gastada puede servir como espejo cóncavo y convexo.

64. Lentes

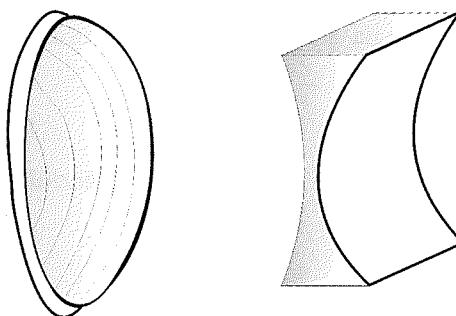
Se conocen dos tipos de lentes: convergentes y divergentes. Las lentes convergentes son más gruesas por el centro que por la periferia y las divergentes al revés. Cuando se mira un objeto a través de una lente se obtiene una imagen, que es diferente según la distancia a la que se observe, o si se trata de una lente convergente o divergente.

Las lupas son las lentes convergentes más fáciles de conseguir, por lo que la propuesta consiste en mirar con una lupa un objeto o un dibujo mientras la lente se acerca y se aleja de él.

¿Qué sucede? Con una lente convergente la imagen varía mucho según sea la distancia objeto-lente. Cuando el objeto se encuentra cerca de la lente se observa una imagen más grande y derecha (la lupa hace de lupa). Cuando el objeto se encuentra suficientemente alejado se observa una imagen invertida. La inversión de la imagen tiene lugar a una distancia determinada llamada distancia focal donde se difumina la imagen y no se ve el objeto. El valor de esta distancia depende de la curvatura de la lente.

FIGURA 34

Lentes convergente y divergente



Sugerencias

Utilizar un objeto o dibujo para observar con las formas bien definidas. Las gafas del alumnado suelen suponer una variada gama de lentes convergentes y divergentes.

Si se enfocan con una lupa los rayos del sol sobre un papel se puede medir con facilidad la distancia focal (distancia lente-papel) y también se puede hacer arder el papel, sobre todo si se pinta con lápiz negro.

65. Juego de las tres monedas

Se colocan tres monedas sobre una mesa, una al lado de la otra. Se sujetá fuertemente la moneda central con un dedo. Se separa una de las monedas exteriores y se le hace chocar fuertemente contra la moneda sujetada con el dedo. Se observa que la moneda del otro extremo sale disparada.

¿Qué sucede? Se ve de una manera sencilla que puede haber una transmisión o propagación de energía sin que haya necesariamente un transporte de materia.

66. Péndulos resonantes

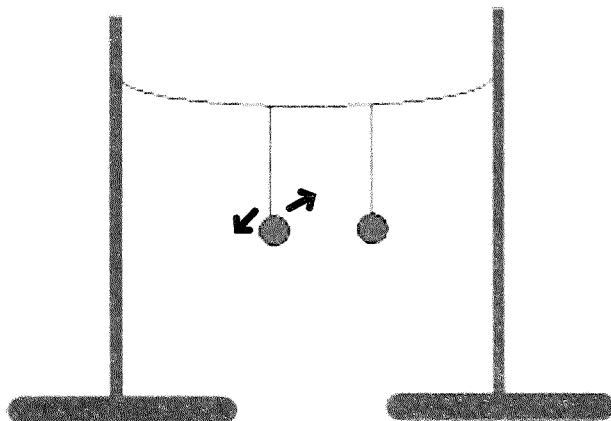
Esta experiencia permite experimentar la transferencia de energía de un cuerpo a otro sin transporte de materia, aunque no sea un ejemplo propiamente dicho del comportamiento de las ondas.

Sobre un cordel no demasiado tenso se cuelgan dos masas unidas mediante sendos hilos de igual longitud. Se hace oscilar una de las dos masas transversalmente al cordel y se podrá observar un fenómeno de resonancia.

Se aprecia que la segunda masa empieza oscilar cada vez con mayor amplitud mientras que la primera va oscilando cada vez con menor amplitud hasta que llega a pararse. En este momento, se invierte el proceso y es la segunda masa la que transmite la energía a la primera. Y así sucesivamente.

FIGURA 35

Péndulos resonantes

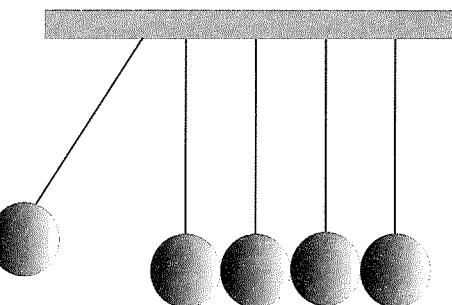


67. Juego de bolas de Newton

Consiste en colocar tres o más bolas de acero provistas de sendos cordeles colgando en fila de una estructura lineal o de una cuerda, de manera que las bolas inicialmente se toquen. Al separar una de las bolas de un extremo y dejarla caer chocará con la siguiente y se observará cómo las bolas centrales quedan quietas mientras que la última recibe toda la energía que se ha transmitido y sale despedida.

FIGURA 36

Bolas de Newton



68. Transferencia de energía

Se tensa un cordel fijado por ambos extremos, y se coloca un trozo de papel doblado como a caballito en el centro del cordel. Al hacer vibrar la cuerda (tocándola) cerca de cualquiera de los extremos se observa que el papelito recibe energía y sale despedido. Se comprueba, por tanto, que la energía se transmite por la cuerda, pero no así la materia.

69. Cómo se produce una onda sonora

Se puede producir una onda sonora al hacer vibrar un diapasón, una goma... También si se coloca una regla sobre una mesa, de tal manera que sobresalga unos centímetros y se hace vibrar. Obtendremos sonidos de diferentes frecuencias haciendo que la regla sobresalga diferentes longitudes. Pero la experiencia que más impresiona a los alumnos es producir un sonido frotando, con el dedo ligeramente humedecido, el borde de una copa de cristal trazando círculos, sujetando con la otra mano la base de la copa. Se recomienda que se llene la copa de agua hasta un centímetro del borde y así se observa también la formación de ondas en la superficie del agua. Hay que frotar con una ligera presión, por tanto se debe practicar un poco hasta coger el punto de presión. Las copas en que mejor se observa el fenómeno son las copas grandes de vidrio delgado. También se consigue frotando con un algodón humedecido. Hay que tener cuidado con no romper las copas y cortarse.

70. Construcción de un teléfono con dos vasos y un cordel

Este clásico y bonito juego sirve para estudiar, entre otras cosas, cómo el sonido se propaga mediante ondas longitudinales.

Se practican sendos agujeros en el fondo de dos vasos de plástico, por ejemplo dos envases de yogur, y se unen mediante un fino y resistente cordel de unos 4 metros, o más, de largo. Para ello se introduce el cordel por los agujeros y se hace un nudo en los extremos con el fin de que al estirar por el vaso del cordel, éste no se suelte. Con el cordel tenso, mientras una persona habla por uno de los vasos, otra persona escucha por el otro vaso.

Es conveniente que las personas hablen bajito para que no se oigan entre sí a través del aire. Se puede sugerir que se toque el cordel mientras se habla para sentir en los dedos la vibración que se transmite por la cuerda. Si se dispone de más teléfonos se pueden cruzar los hilos para comprobar que se producen interferencias.

71. Propagación del sonido en sólidos

Para mostrar que la propagación de las ondas sonoras es mejor en los sólidos que en el aire se puede colocar una barra metálica en la oreja, con cuidado de no lesionar el oído, y golpearla suavemente con un objeto de metal. Se oyen mucho mejor los golpes que si no toca la oreja a la barra metálica.

También se puede hacer vibrar un diapasón y comprobar que si se pone el mango sobre la cabeza, detrás de la oreja, se oye mucho más. Transmite mejor el sonido la cabeza que el aire.

72. Construcción de un estetoscopio. Propagación de las ondas en el agua

Este sencillo instrumento (auscultador médico) se puede construir con tres tubos de goma de unos 35 cm, unidos mediante una T. Para una mejor auscultación se le pueden añadir tres embudos pequeños que encajen en los terminales de los diferentes tubos. Puede servir para escuchar el sonido del corazón, una conversación al otro lado de la pared, o, como ahora se propone, comprobar que los sonidos que se producen debajo del agua son más intensos.

Se recubre uno de los embudos con una bolsa de plástico sujetada con una goma elástica; se introduce debajo del agua en un fregadero y se dejan caer diferentes objetos, como una moneda, un tornillo o se deja caer agua gota a gota mientras se escucha. Para sorprender al alumnado se les puede hacer cerrar los ojos y abrir el grito con un buen caudal, dará la sensación de encontrarse en plena naturaleza ante una gran cascada.

73. Sensibilidad del oído humano

Con el aparato de Quincke, representado en la figura, se puede comprobar la extrema sensibilidad del oído para determinar la dirección de la fuente sonora. El aparato consiste, esencialmente, en dos tubos huecos curvados. Cuando los dos brazos son iguales y funciona una fuente sonora (un timbre), se tiene la impresión de que el sonido viene de delante. Si los brazos son de diferente longitud comprobaremos cómo es posible detectar con el oído un retraso en el canal más largo.

Esta práctica puede realizarse con el estetoscopio construido en la experiencia anterior cambiando la longitud de uno de los tubos que se colocan en los oídos. El objetivo es verificar que el sonido se oye antes en el trozo de tubo más corto, ya que la longitud que recorre es menor.

FIGURA 37

Estetoscopio



74. Cálculo de la velocidad del sonido. Experiencia con el tubo de Kundt



El tubo de Kundt es un montaje que consiste en unir la salida de un generador de funciones (de ondas) a un amplificador, éste a un altavoz, y a la salida del altavoz se une un tubo transparente de una longitud aproximada de un metro y un diámetro de unos 3 cm.

Una vez preparado el montaje se introduce en el tubo de Kundt longitudinalmente un cordón de serrín fino. Para ello se puede utilizar un perfil metálico en forma de V y de una longitud un poco superior a la del tubo transparente. Si se coloca el serrín en el ángulo (V) y se introduce el perfil dentro del tubo, bastará con darle media vuelta para tener listo el cordón. Una vez introducido el serrín, se tapa el tubo con un tapón de goma. Se conecta, por este orden, primero el generador de funciones seleccionando ondas sinusoidales y una frecuencia de unos 100 Hz, y a continuación conectamos el amplificador.

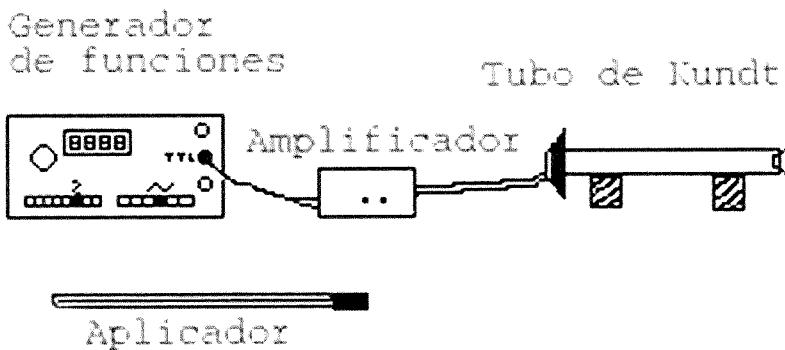
Se va aumentando lentamente la frecuencia hasta encontrar el máximo de vibración de las virutas. Hay que hacer notar que la primera frecuencia de vibración es difícil

de ver, debido a que hay un nodo en el extremo tapado y un vientre en el extremo abierto. A partir de la segunda onda estacionaria ya se aprecian mejor y se pueden realizar mediciones. Para una longitud de tubo lleno de aire de 1 m de longitud debe aparecer la onda estacionaria a 255 Hz a 15°C.

Si seguimos aumentando la frecuencia, notaremos cómo las virutas dejan de vibrar para unas frecuencias y empiezan a moverse en otras debido a que se produce el fenómeno de resonancia, y se puede comprobar que los máximos de vibración siempre se producen en los valores múltiples de la frecuencia fundamental.

FIGURA 38

Tubo de Kundt



Para calcular la velocidad de propagación del sonido simplemente se debe multiplicar el valor de la frecuencia de vibración por la longitud de onda medida, es decir se aplica la fórmula $v = \lambda \cdot f$

Hay que anotar las frecuencias de resonancia y medir las semilongitudes de onda correspondientes a cada una. Para conocer las semilongitudes de onda se mide la distancia entre dos nodos consecutivos empleando una cinta métrica. Un nodo es el punto en el cual las virutas de serrín están inmóviles, donde no hay vibración.

Puesto que la velocidad del sonido depende de la temperatura es conveniente medirla. Se puede comprobar esta dependencia calentando con un secador de pelo el contenido del tubo y repitiendo el procedimiento anteriormente descrito. Se obtendrán valores ligeramente superiores de la velocidad del sonido. Como dato de referencia puede tomarse para la velocidad del sonido en el aire, 331 m/s a 0°C y considerar un aumento de 0,6 m/s cada incremento de 1°C a temperaturas ordinarias.

Sugerencias

Como es fácil que las frecuencias de resonancia pasen inadvertidas, es conveniente hacer algún cálculo previo. Aplicando los conceptos de las ondas estacionarias a un tubo sonoro con un extremo abierto, se conoce que en el extremo abierto, el del altavoz, se producirá un máximo (un vientre). Por otra parte, en el extremo cerrado, el del tapón, se producirá siempre un nodo, un mínimo de vibración, que cumplirá la siguiente ecuación:

$$L = (2n-1)\lambda/4$$

L = longitud del tubo

λ = longitud de onda

TABLA NÚM. 4

Tubo de Kundt

| | $\lambda = 4L/(2n-1)$ | $v = \lambda \cdot f \rightarrow f = v/L$ | Dibujo onda |
|-----------------------------------|-----------------------|---|--|
| Primera onda estacionaria $n = 1$ | $\lambda = 4L$ | $f = 340/4L$ |  |
| Segunda onda estacionaria $n = 2$ | $\lambda = 4L/3$ | $f = 340 \cdot 3/4L$ |  |
| Tercera onda estacionaria $n = 3$ | $\lambda = 4L/5$ | $f = 340 \cdot 5/4L$ |  |

Al realizar la experiencia se puede tener dificultad en encontrar la frecuencia donde se produce el máximo de vibración debido a que se produce un desplazamiento horizontal de las virutas, pero ello no lleva a demasiado error para el cálculo de las longitudes de ondas.

75. Resonancia. Apagar una vela con ondas



Aprovechando el mismo montaje de la experiencia anterior se acopla al tubo de Kundt un tubo de PVC o cartón de un diámetro parecido, de tal forma que la longitud total del tubo sea de unos 2 metros. Podemos ver como una vela encendida colocada al final del tubo oscila al son de las ondas sonoras.

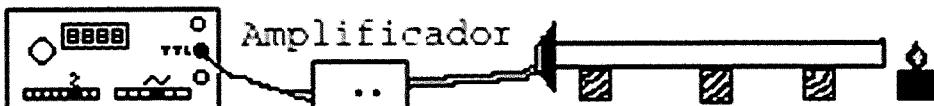
Al variar la frecuencia lentamente se percibe que la llama empieza a temblar. Conforme nos acercamos a la frecuencia de resonancia el temblor es más fuerte. Finalmente, alcanzada esta frecuencia la llama se apaga igual que si se soplara.

FIGURA 39

Tubo de Kundt con vela

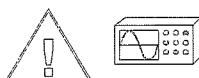
**Generador
de funciones**

Tubo de PVC (2 m)



Con una longitud de tubo inferior es difícil apagar la llama, por ejemplo con la longitud del tubo de Kundt sólo se consigue que la llama oscile.

Esta práctica puede servir para mostrar, aunque sólo sea cualitativamente, qué es la frecuencia de resonancia.

76. Capacidad auditiva

Mediante esta experiencia se puede mostrar el rango de frecuencias que pueden ser captadas por el oído humano. Para la realización de esta práctica necesitaremos realizar el mismo montaje que en las experiencias anteriores prescindiendo del tubo, es decir, necesitaremos un generador de funciones con medidor de frecuencia, un amplificador y un altavoz.

Se empieza emitiendo un sonido de 20 Hz de intensidad moderada, se incrementa lentamente la frecuencia hasta que los alumnos dejan de oír el sonido. Probablemente nadie supere los 20.000 Hz. Después se baja la frecuencia hasta ver cuándo vuelven a oír. Se anota la frecuencia a la que se ha dejado de percibir el sonido y la frecuencia a la que se vuelve a percibir. Recordad que la intensidad sea en todo momento moderada.

Advertencia. A excepción de la experiencia anterior “capacidad auditiva”, las demás experiencias no requieren trabajar a frecuencias altas cercanas al umbral de audición. Se ha descrito en la bibliografía didáctica que algunos alumnos pueden experimentar molestias (mareos, dolor de cabeza,...) cuando se trabaja a frecuencias altas. Escuche sus comentarios, y si hay alguno que sienta alguno de estos síntomas exclúyalo del experimento y, en cualquier caso, no alargue la experiencia más de lo necesario.

77. Ondas longitudinales y transversales

Las ondas se pueden visualizar con la ayuda de un “muelle vivo” de una longitud aproximada de 3-4 metros o uniendo varios muelles no muy densos y consiguiendo esa longitud. Sirve para observar ondas longitudinales y ondas transversales, así como para medir la velocidad de propagación. Un muelle vivo es un muelle metálico o de plástico de unos 6-7 cm de diámetro que se pueden encontrar en la jugueterías. También sirven los muelles blandos de 1-2 cm de grosor que se utilizan para colgar muñequitos.

- a) Ondas longitudinales. Se alarga el muelle sujetándolo por los extremos, a continuación se juntan con los dedos varios aros del muelle en uno de los extremos y se suelta. El pulso de onda avanza por el muelle reflejándose en los extremos. Para una mejor observación se apoya el muelle en el suelo y se puede unir un clip, un trocito de papel... en la zona central del muelle. Hay que tener la precaución de sujetar bien los extremos para evitar “latigazos” si se llegan a soltar los muelles.
- b) Ondas transversales. En cuanto a la observación de ondas transversales, basta con fijar un extremo del muelle o una cuerda a un soporte y agitar el otro extremo perpendicularmente en la dirección de la cuerda. El pulso de onda avanza, reflejándose en los extremos. Esta fijación se puede realizar entre un alumno y el profesor cogiendo cada uno de ellos de un extremo.
- c) Velocidad de propagación. Para calcular la velocidad de propagación se estira el muelle apoyado en el suelo hasta alargarlo unos 3-4 metros fijando los extremos. Se encoge el muelle en sentido longitudinal comprimiéndolo y se suelta y se observa cómo la perturbación (el pulso de ondas) se propaga. Midiendo el tiempo que transcurre en recorrer la distancia de ida y vuelta, se puede calcular la velocidad de propagación de la onda longitudinal. Si se coloca un clip en el muelle se puede ver mejor.
Para calcular la velocidad de propagación de las ondas transversales se ha de hacer lo mismo pero produciendo un pulso perpendicular al muelle. Para ello se estira una porción de muelle perpendicularmente a su dirección y se suelta.
- d) Ondas estacionarias transversales. Se sujetá el muelle por un extremo y por el otro se agita continua y regularmente hacia arriba y hacia abajo. El movimiento va y viene, formándose una onda estacionaria. Formar una comba con un solo vientre es muy fácil; también con dos y tres vientres. Más allá es más difícil, a pesar de que el alumnado es muy habilidoso. Se puede proponer a los estudiantes que formen una onda estacionaria con dos vientres (y un nodo en medio que se mueva lo menos posible), de forma que se pueda colocar la mano alrededor del nodo central sin tocar el muelle.

78. Amplificación

Para mostrar la amplificación del sonido se puede construir algo parecido a una guitarra. Para ello se coge una caja de zapatos y se le practica un agujero de unos 5 cm de diámetro en el centro. Se enrollan varias gomas elásticas de diferentes longitudes alrededor de la caja, separadas y elevadas sobre la caja con dos lapiceros. Al tocar las gomas se escuchará el sonido debido a cada vibración amplificado por la caja de zapatos.

Las propiedades características son propias de cada substancia (la caracterizan) y no dependen de la cantidad que se toma para su determinación. Para poder identificar una substancia se determinarán como mínimo dos de sus propiedades características.

Los ensayos para determinar las propiedades características, por ser ensayos físicos, no son destrutivos, por lo que las sustancias que se empleen se pueden (y deben) volver a utilizar, con el consecuente ahorro económico y protección del medio ambiente, de sustancias que no son inocuas. El que las substancias se vuelvan a utilizar no quiere decir que se deban volver a meter en el mismo recipiente de donde salieron. Esto contaminaría toda la substancia que hubiera en el recipiente original, que ya no cumpliría con las especificaciones de la etiqueta. Lo que se ha de hacer es recoger los productos utilizados en nuevos recipientes que se etiquetarán adecuadamente y que servirán para realizar las mismas determinaciones en ocasiones sucesivas.

79. Determinación del punto de fusión y solidificación de una sustancia pura



En esta práctica se determinará el punto de fusión y de solidificación de algunas substancias puras y se comprobará que coinciden. En las substancias puras la temperatura de cambio de estado permanece constante mientras dura el cambio, mientras que en las mezclas no.

Procedimiento

Se prepara el montaje de la figura. En el vaso de precipitados de 250 ml se añade agua para preparar un baño maría (para un calentamiento homogéneo de la muestra). Se coloca un tubo de ensayo con la substancia a estudiar, por ejemplo naftaleno (tiene que estar bien triturado). Se introduce en el tubo de ensayo un termómetro de manera que el bulbo quede cubierto por naftaleno, o bien se coloca el termómetro unido al tubo de ensayo por la parte exterior, si éste es micro.

Se calienta el vaso con la llama de un mechero y cuando esté próximo a la temperatura de fusión (80,2°C para el naftaleno) el calentamiento debe hacerse lentamente.

Una vez la muestra se ha licuado se sigue calentando hasta que el termómetro indique 90 °C. A continuación, se apaga el mechero, se saca el tubo de ensayo del baño y se deja enfriar a temperatura ambiente. Al ir descendiendo la temperatura se comprobará que la sustancia vuelve a solidificarse a la misma temperatura a la que ha fundido.

Sugerencias

Para poder representar la curva de calentamiento (representación temperatura-tiempo) de la substancia estudiada se anotará la temperatura cada 20 segundos entre 40°C y 90°C tanto al calentar como al enfriar.

También se puede observar que mientras dura el cambio de estado la temperatura permanece constante. Para poder observarlo ha de haber una cantidad suficiente de muestra.

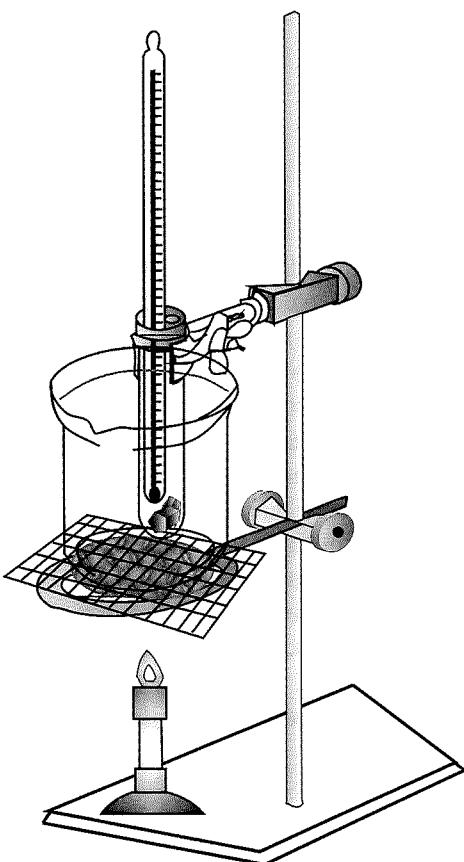
Dado que hay sustancias que tienen puntos de fusión muy próximos (como por ejemplo: bromoalcanfor, 78°C; p-cloronitrobenceno, 83°C; dibromobenceno, 86°C) es necesario determinar otras propiedades características para poder determinar una substancia.

Se utiliza agua como baño maría por su fácil disponibilidad y por cuestiones de seguridad. Si se quieren determinar puntos de fusión por encima de 90°C se puede utilizar un baño de aceite o de vaselina, pero hay que extremar las precauciones ya que si se produce un accidente, las quemaduras pueden ser muy graves.

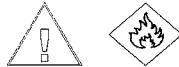
Otras substancias que se pueden utilizar por debajo de 90°C son: ácido mirístico (pf 54°C), ácido esteárico (pf 70°C) y ácido palmítico (pf 63°C), por ejemplo.

FIGURA 40

Punto de fusión



80. Determinación del punto de ebullición de una sustancia pura



Se llena hasta la mitad un tubo de ensayo grueso con agua destilada. Se añade algunos granos de arena para que sirvan de núcleos de condensación del vapor de agua y que, de esta manera, la ebullición sea en su momento y suave. Si no se hace así, se puede producir un sobrecaleamiento y una proyección brusca del agua fuera del tubo de ensayo. Se introduce un termómetro de forma que el bulbo quede sumergido totalmente en el agua y no toque las paredes del tubo. Se calienta suavemente hasta ebullición (100°C a 1 atm de presión).

Sugerencias

Cada grupo de alumnos puede trabajar con cantidades diferentes de agua para comprobar que la temperatura de ebullición es una propiedad característica y por tanto no depende de la cantidad de sustancia empleada.

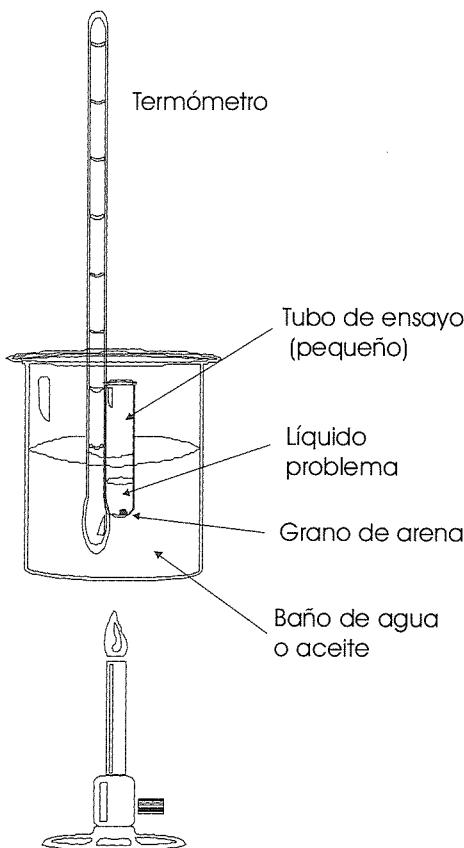
Como la temperatura de ebullición está condicionada por la presión atmosférica, difícilmente se obtendrán 100°C para el agua, y, además, variará de un día a otro.

Si se añade sal o azúcar al agua se puede comprobar cómo la temperatura de ebullición aumenta con la concentración de soluto (propiedad coligativa).

Se pueden utilizar otros líquidos que tienen una temperatura de ebullición alrededor de 100°C como son: el alcohol etílico (78,5°C) o la acetona (56,2°C), pero con ellos se ha de trabajar diferente dado que son inflamables. Para ello, en un vaso de precipitados, calentar agua a ebullición. Apagar el fuego e introducir el tubo de ensayo con el termómetro (como en el caso explicado) en el vaso de precipitados. Se ha de tener cuidado que el nivel del agua del baño sobrepase el nivel del líquido de dentro del tubo.

FIGURA 41

Punto de ebullición



81. Determinación de la densidad

Para poder determinar experimentalmente la densidad de un material necesitamos conocer su masa y su volumen.

Procedimiento

La masa del material se medirá con una balanza. Si el material es sólido el volumen se puede medir por desplazamiento de líquido (por ejemplo, agua) en una probeta. Se debe tener en cuenta que la lectura en la probeta se realiza siempre en la parte baja del menisco y con la vista a su altura para evitar el error de paralaje.

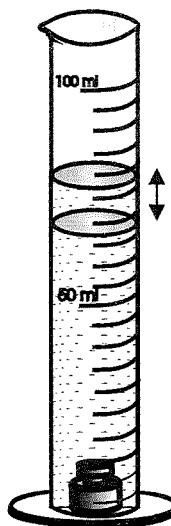
Sugerencias

Para afianzar el concepto de densidad, se puede trabajar con objetos de igual volumen pero que están hechos de materiales diferentes (por ejemplo bolas o cilindros, de acero, de madera, de corcho...) donde tendrá mayor masa el que tenga mayor densidad, o bien, con objetos de igual masa y de diferente volumen.

82. Solubilidad de sustancias en agua

FIGURA 42

Medida del volumen de un sólido



Cuantitativamente la solubilidad de una substancia en un disolvente es la composición de su disolución saturada (experiencia siguiente), pero desde un punto de vista cualitativo de la solubilidad podemos considerar tres tipos de substancias: las que son solubles en agua y no en disolventes orgánicos; las que son solubles en disolventes orgánicos y no en agua; y las que no son solubles (ni en disolventes orgánicos ni en agua). Cada una de estas substancias tendrá una solubilidad en un determinado disolvente.

Procedimiento

Se cogen tantos tubos de ensayo como sustancias se vayan a estudiar. Se añade con una pipeta la misma cantidad de agua en cada tubo de ensayo y se introduce en ellos la misma masa de las diferentes sustancias (las sustancias deben estar



pulverizadas) Se agita y se observa cada uno de los tubos. Cuanto más soluble sea una sustancia menos soluto observaremos en el fondo. Recuérdese que para que la disolución sea verdadera el líquido resultante ha de ser transparente.

Sugerencias

Es conveniente realizar la experiencia con poca cantidad de agua para poder agitar mejor (por ejemplo 5 cm³). Se debe tener en cuenta que los datos de la tabla aparecen como gramos de soluto en 100 cm³ de agua.

También se pueden utilizar vasos de precipitados pequeños, donde se podrá agitar mejor con una varilla, aunque las cantidades de soluto gastadas serán mayores. Existen en el mercado unas bandejas de plástico con unas cubetas de una capacidad de unos 25 ml que son muy prácticas, aunque tienen el inconveniente de no poder utilizar algunos disolventes orgánicos, ni poderse calentar.

Para ver la variación de la solubilidad con la temperatura se puede utilizar el dicromato de potasio y el nitrato de potasio, utilizando una cantidad superior a la indicada en la tabla para el agua fría.

TABLA NÚM. 5

Solubilidades en agua

| Sustancia | Fórmula | Solubilidad en agua fría (g soluto/100 cm ³ agua) | Solubilidad en agua caliente (g soluto/100 cm ³ agua) |
|---|---|---|---|
| Cloruro de sodio | NaCl | 35,7 (0°C) | 39,12 (100°C) |
| Carbonato de calcio | CaCO ₃ | 0,0065 (20°C) | 0,0038 (50°C) |
| Sulfato de cobre (II) pentahidratado | CuSO ₄ · 5H ₂ O | 31,6 (0°C) | 203 (100°C) |
| Cloruro de potasio | KCl | 32,8 (20°C) | 56,7 (100°C) |
| Dicromato de potasio | K ₂ Cr ₂ O ₇ | 4,9 (0°C) | 102 (100°C) |
| Sulfato de potasio | K ₂ SO ₄ | 12 (25°C) | 24,1 (100°C) |
| Nitrato de potasio | KNO ₃ | 13,3 (0°C) | 247 (100°C) |
| Hidrógeno carbonato de sodio | NaHCO ₃ | 6,9 (0°C) | 16,4 (60°C) |
| Sulfato de calcio | CaSO ₄ | 0,063 (25°C) | — |

83. Determinación de la solubilidad de una sustancia en agua a una temperatura dada

Se introduce en un vaso de precipitados 50 cm³ de agua aproximadamente y se añade gradualmente hidrógeno carbonato de sodio (bicarbonato sódico) o sulfato de

potasio, revolviendo continuamente, hasta que ya no se disuelva y quede precipitado en el fondo, obteniéndose así una disolución saturada. Se filtra y se anota la temperatura de la disolución filtrada.

Con el fin de saber la cantidad exacta de soluto disuelto, evaporaremos el disolvente en un cristalizador pequeño. Para ello, se pesa un cristalizador limpio, se vierten por ejemplo 20 ml de la disolución exactamente medidos con una pipeta y se deja evaporar el disolvente de un día para otro, o se evapora en estufa. Se vuelve a pesar el cristalizador con el soluto y se calcula la cantidad de soluto por diferencia de pesada. Así, se obtendrá la cantidad de soluto en 20 ml de disolución.

84. Solubilidad en diferentes disolventes



Se puede comprobar la solubilidad en diferentes disolventes, por ejemplo en agua y en un disolvente orgánico (acetona). Ahora para cada sustancia se necesitarán dos tubos de ensayo que contengan cada uno de los disolventes. Como solutos se pueden utilizar: cualquier sal soluble en agua y por tanto no soluble en disolventes orgánicos, y yodo que es soluble en acetona pero menos en agua (la solubilidad del yodo en agua a 20°C es de 0,029 g/100 cm³ agua, y a 50°C es de 0,078 g/100 cm³ agua).

85. Conductividad eléctrica

En estado sólido solamente conducen la electricidad los metales. Disueltas en agua destilada conducen la electricidad las substancias iónicas (sales solubles, hidróxidos...) y las moleculares polares (ácidos).

Procedimiento

Se montará un circuito formado por: una pila de petaca (4,5 V) o varias de las cilíndricas conectadas en serie, una bombilla acorde al voltaje de la pila, con portalámparas, unida en serie a la pila, y dos electrodos de grafito o de acero (también se pueden pelar un poco los cables por el extremo y utilizarlos directamente como electrodos).

Se comprobará la conductividad de diferentes materiales sólidos: madera y grafito de un lápiz, metales, plásticos, naftaleno, sal de cocina, agua, yodo, acetona, alcohol... Si conducen la corriente eléctrica se encenderá la bombilla, en caso contrario, no.

A continuación, de las sustancias anteriores, se comprueba si sus disoluciones conducen la electricidad.

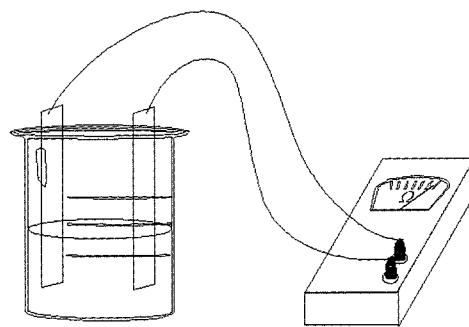
Si se dispone de un polímetro analógico que pueda usarse como ohmímetro, se puede montar un dispositivo como el de la figura para medir la conductividad en el laboratorio escolar.

¿Qué sucede? Conducirán la electricidad en sólido todos los metales y en agua la disolución de sustancias iónicas, por ejemplo cloruro de sodio, dado que tienen iones que pueden desplazarse al paso de la corriente.

Puede ocurrir que al comprobar si un metal en forma pulverulenta es o no conductor no se encienda la bombilla o el ohmímetro indique resistencia infinita. Esto es debido a que el contacto entre los diferentes granos de polvo del metal es muy deficiente. En este caso hay que acercar mucho los electrodos para comprobar que hay conducción de corriente.

Lo mismo se debe hacer en el caso de disoluciones iónicas diluidas, sobre todo si los electrodos tienen poca superficie (por ejemplo si son el cable pelado).

FIGURA 43
Medida de la conductividad con polímetro



86. Internamente la materia es discontinua

El modelo de partículas de la materia nos explica que la materia, independientemente del estado en que se presenta, está formada por partículas y que estas, tienen mayor o menor movilidad según el estado de la materia considerado. Entre las partículas no hay nada, es decir el vacío. Las dos experiencias que vienen a continuación nos permiten comprobar que internamente la materia es discontinua.

- a) Se llena un recipiente con agua, justo hasta el borde. Para que quede bien lleno añadir las últimas gotas con un cuentagotas. Se añade con cuidado cualquier substancia sólida que sea soluble en agua, por ejemplo, sal de cocina. Se observa que el agua no se derrama, a pesar de echar bastante sal. Se tiene que evitar echar la sal de golpe para que no salpique.
- b) Medir con una probeta una cierta cantidad de agua y con otra probeta la misma cantidad de alcohol (puede ser de quemar del que venden en los supermercados), mezclarlos y veremos que el volumen final no es la suma de los dos volúmenes iniciales (es menor).

Sugerencias

Se puede introducir un trozo de plástico o una piedra y ver que, como no son solubles en agua, no pasa lo mismo.

Además de trabajar la discontinuidad de la materia, también se puede incidir en la no aditividad de los volúmenes.

Si se introduce una sal coloreada se puede trabajar el fenómeno de la difusión.

87. Los espacios entre partículas dependen del estado de agregación

Se utilizan dos jeringuillas, la primera se llena de aire, se tapa el extremo abierto y se aprieta el émbolo con bastante fuerza. Se observará que el aire se comprime

con facilidad, ya que los espacios vacíos entre las partículas de los gases son enormes en comparación con los que hay entre las partículas de los líquidos.

En la segunda jeringuilla, se pone agua, se repite el proceso anterior y al intentar apretar el émbolo se verá que no se puede. Los líquidos son prácticamente incompresibles debido a que sus partículas están unas prácticamente al lado de las otras.

Se puede emplear jeringuillas grandes de plástico, de las que venden en la farmacia de 50 o 60 cm³.

88. No todas las partículas tienen la misma masa

Se sabe que todas las substancias puras tienen las partículas iguales, pero que son diferentes a las de otras substancias, una de las diferencias es la masa. Se puede mostrar tomando un mol de diferentes substancias, en el que habrá siempre el mismo numero de partículas. Por ejemplo: 18 g de agua; 342 g de azúcar de mesa (C₁₂H₂₂O₁₁); 55,8 g de hierro (limaduras); 27 g de aluminio; etc.

Si en todos los recipientes se tienen las mismas partículas y todos tienen diferente masa, ¿cómo será la masa de las partículas?

89. Al aumentar la temperatura las partículas se mueven más rápido



Se calienta directamente a la llama un tubo de ensayo de pyrex cerrado con un tapón de corcho. Para evitar quemaduras se debe de coger el tubo con unas pinzas. Se observará cómo salta el tapón debido a la presión del aire.

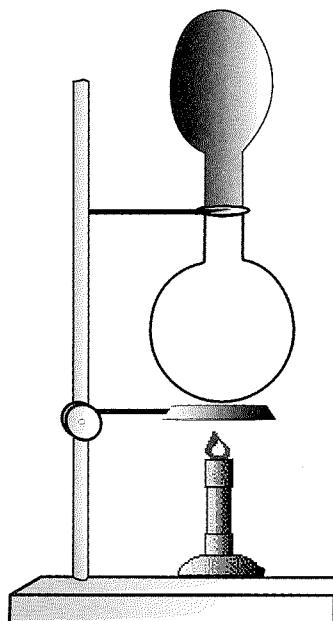
¿Qué sucede? El aumento de energía provoca un mayor movimiento de las partículas, en consecuencia, se producen un mayor número de choques entre sí y contra las paredes del recipiente que lo contiene, produciendo un aumento de presión.

Esta experiencia nos permite comprobar la relación existente entre la temperatura y la presión en una transformación a volumen constante.

90. Las partículas, al aumentar la velocidad, ocupan más espacio

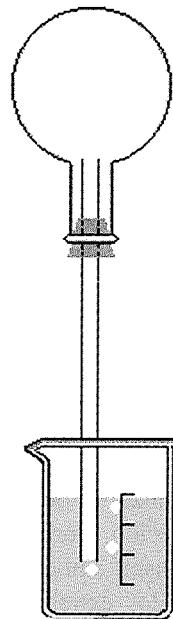
Un aumento de la temperatura provoca una mayor movilidad de las moléculas, y en consecuencia, un incremento de volumen. Una experiencia atractiva para los alumnos consiste en acoplar un globo en el cuello de un matraz, colocar el matraz sobre una rejilla y calentar con un mechero Bunsen. Se observará rápidamente que el globo empieza a hincharse.

FIGURA 44
Inflar sin soplar



Para observar el efecto contrario, es decir, una disminución de volumen cuando disminuye la temperatura, se retira la fuente calorífica y se espera unos minutos.

FIGURA 45
Burbujas



91. El aire aumenta de volumen y se escapa

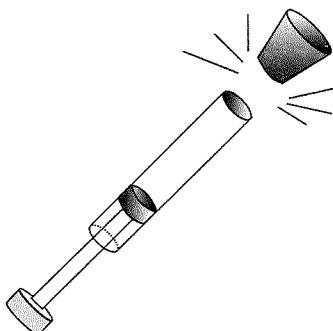
Se atraviesa un tapón de goma con un tubo fino de vidrio y se tapa un matraz de fondo redondo. Se invierte el matraz y se mete el extremo del tubo en agua. Se sujetan con las manos el matraz y como la temperatura de nuestras manos calienta el aire del interior del matraz, se producirá una expansión del aire y éste saldrá por el extremo del tubo sumergido en agua formando burbujas.

92. Saltando un tapón al comprimir un gas

Si se dispone de un tubo abierto por los dos lados, en el que se pueda acoplar un émbolo en un extremo y tapar con un tapón el otro, se puede verificar que al accionar el émbolo llega a saltar el tapón. Se debe a que las moléculas tienen menos espacio para moverse (disminución del volumen) y al tener la misma energía se produce un aumento de la presión.

Se puede utilizar una jeringuilla que tenga un tapón móvil.

FIGURA 46 Saltando un tapón al comprimir un gas

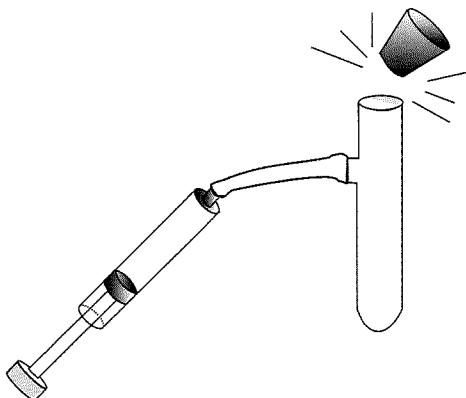


93. A más partículas, más presión

Se puede aumentar la presión introduciendo un mayor número de moléculas. Para ello basta con disponer de un tubo de ensayo tapado con un tapón y con una abertura lateral que permita insuflar aire con una jeringuilla.

FIGURA 47

Más partículas



94. Las partículas se combinan y forman sustancias nuevas



Se toma un tubo que esté abierto por los dos extremos y que sea largo, se sujetá mediante una pinza de bureta a una barra. Por un extremo se introduce un algodón empapado en ácido clorhídrico y por el otro extremo un algodón empapado en amoniaco, se cogen ambos algodones con pinzas introduciéndolos simultáneamente. Se cierran los dos extremos con un tapón.

¿Qué sucede? El ácido clorhídrico es cloruro de hidrógeno (gas) disuelto en agua, el amoníaco también es un gas y también lo tenemos disuelto en agua. Ambos gases reaccionarán formando cloruro de amonio, que es una substancia sólida y por tanto veremos que por la parte central (no tiene porque ser justamente en la mitad) nos aparece una sustancia sólida y blanca.

95. Ley de conservación de la masa

En una reacción química lo que se produce es una reorganización de partículas, pero no aparecen átomos nuevos ni desaparecen y por tanto la masa de los reactivos será igual a la masa de los productos.

Para demostrar la ley de Lavoisier se utilizará una balanza de dos platos. En uno de ellos pondremos un erlenmeyer con agua, una pastilla efervescente y un globo; en el otro se pondrán las pesas hasta equilibrarla. Se introduce la pastilla efervescente en el erlenmeyer y se tapa rápidamente con el globo.

Para no perder masa de gas, se puede meter la pastilla en el globo, si hace falta troceándola y ajustar éste a la boca del erlenmeyer de manera que el globo cuelgue lateralmente y, una vez pesado el conjunto, se pone vertical el globo, dejando caer la pastilla. Al disolverse la pastilla se produce dióxido de carbono que se recoge en el globo (que se hincha) y por tanto la balanza no se desequilibra.

96. Producción de hidrógeno

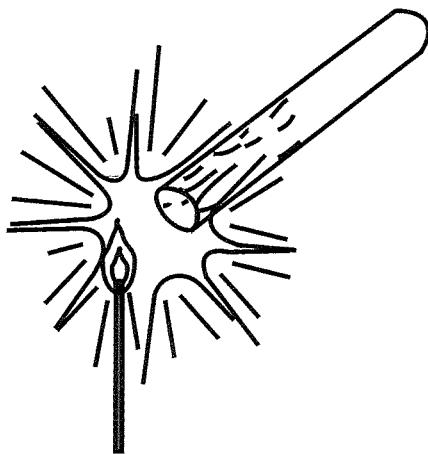


Los ácidos reaccionan con algunos metales produciendo hidrógeno y la sal correspondiente. En un tubo de ensayo se introduce un poco de cinc o de papel de aluminio y se le añade ácido clorhídrico (saltumant), rápidamente se nos produce un burbujeo del gas formado: hidrógeno.

Si cogemos el tubo de ensayo con unas pinzas y acercamos una cerilla al extremo del tubo se oye como una pequeña explosión. También se puede recoger el hidrógeno producido en otro tubo de ensayo colocándolo invertido sobre el primero y después explosionarlo. De esta manera la explosión es pequeña, pero es conveniente no dejarla hacer a los alumnos autónomamente.

FIGURA 48

Explosión de hidrógeno



El hidrógeno se combina con el oxígeno del aire formando agua, siendo ésta una reacción explosiva fuertemente exotérmica, por lo que el hidrógeno se utiliza como combustible en los viajes espaciales. Por esto, si no queremos volar por los aires, se ha de ir con mucho cuidado, y no caer en la tentación de acumular hidrógeno en ningún recipiente, y menos si es de vidrio y cerrado.

97. El sodio reacciona con el agua



El sodio pertenece al grupo de los alcalinos. Los alcalinos son unos metales muy reactivos y su reactividad aumenta al descender en el grupo. Reacciona con el agua produciendo hidróxido de sodio y hidrógeno, incluso con el agua atmosférica, por lo que se ha de guardar sumergido en un líquido inmiscible con el agua (tolueno, por ejemplo).

Se toma un trozo de sodio (es muy fácil de cortar) con una espátula, se observa su brillo metálico que desaparece rápidamente con el vapor de agua atmosférico (más rápidamente si le echamos el aliento) y se introduce en un cristalizador con abundante agua. Se ha de tener mucho cuidado y los alumnos han de estar alejados porque la reacción es fuertemente exotérmica.

Si en lugar de colocar el sodio directamente sobre el agua se hace sobre un trozo de papel o de corcho que flote en el agua, se inflama espontáneamente y arde con llama viva.

98. La cinta de magnesio arde



El magnesio, al arder, produce una llama blanca muy luminosa (los antiguos flashes fotográficos se realizaban con polvo de magnesio). Se coge un trozo de cinta de magnesio con una pinza de madera de calentar y se prende el extremo de la cinta con un mechero o cerilla. El magnesio arde con llama muy viva produciendo un residuo sólido de óxido de magnesio. No se ha de mirar fijamente la llama debido a la luminosidad.

99. Detectando la presencia de dióxido de carbono

El dióxido de carbono se combina con el hidróxido de calcio formando carbonato de calcio (sustancia muy poco soluble en agua). Esta reacción la podemos aprovechar para determinar la presencia de dióxido de carbono.

Procedimiento

Se prepara primero el agua de cal: en un vaso de precipitados con agua se añade hidróxido de calcio (es muy poco soluble en agua), se agita para que se disuelva

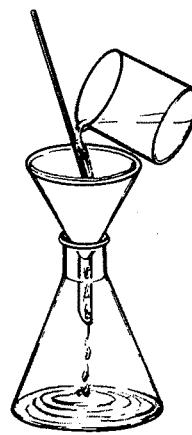
el máximo posible, se filtra la disolución y se guarda en una botella cerrada (no se aconseja guardar muchos días).

En una botella grande de plástico transparente se introduce dos dedos de agua de cal, se cierra la botella y se agita. El agua se enturbia debido a que el dióxido de carbono del aire reacciona con el agua de cal formando carbonato de calcio.

Otra posibilidad consiste en poner el agua de cal en un vaso de precipitados y soplar dentro del agua con una paja de refresco durante un minuto. Se observa que se enturbia el agua de la misma forma que en el caso anterior, debido al CO_2 que se expulsa en la expiración.

FIGURA 49

Disolución de agua de cal



100. Los catalizadores son substancias que aumentan la velocidad de una reacción

Se toman dos vasos de precipitados, en uno se añade agua oxigenada (recién adquirida) y en el otro una bebida carbónica. Se echa en cada vaso una punta de espátula de dióxido de manganeso (se puede obtener de las pilas, mirar práctica 139). Se sobrarán las disoluciones en los dos vasos a causa de las burbujas que se forman inmediatamente.

Se vuelve a repetir la experiencia añadiendo azúcar o sal; al agua oxigenada no le pasa nada mientras que la bebida carbónica vuelve a sobrarse como antes.

¿Qué sucede? El óxido de manganeso (IV) actúa de catalizador en la descomposición del agua oxigenada en oxígeno y agua. Se toma como referencia la bebida carbónica porque se sobra independientemente del polvo que se le añada, ya que cualquier pequeña partícula hace de núcleo de condensación del gas disuelto.

En este apartado se trabajan una serie de prácticas relacionadas con las propiedades de los líquidos como la densidad, la presión que ejercen, el empuje y la tensión superficial.

101. La forma natural de los líquidos es esférica

La forma natural de todo líquido es esférica. Normalmente, la gravedad impide que los líquidos presenten esta forma y por ello se extienden o adaptan la forma de los recipientes que los contienen.

Procedimiento

Se prepara en una probeta una disolución con 50 ml de alcohol 96° y 36 ml de agua (la densidad de esta disolución será la misma que la del aceite de oliva). Se introduce en su interior, a diferentes profundidades, con una jeringuilla una o varias gotas de aceite (si se inyecta las gotas de aceite con cuidado se conseguirán gotas más grandes). Al tener la misma densidad se quedaran suspendidas en el lugar donde se introduzcan.

Se puede repetir la experiencia cambiando las cantidades de la disolución, por ejemplo, 50 ml de alcohol y 40 ml de agua, con lo cual aumentará la densidad de la mezcla y la gota de aceite se quedará en la superficie, 50 ml de alcohol y 30 ml de agua se observará todo lo contrario, la disolución tendrá menor densidad que el aceite y este se depositará en el fondo.

Otra manera de presentar la práctica es la de introducir un vaso pequeño lleno de aceite de oliva en el interior de un vaso de precipitados de 250 ml. Se añade alcohol en el vaso grande de precipitados hasta cubrir el vaso pequeño. Posteriormente, se añade agua en el vaso grande (teniendo la precaución de verterla de manera que se escurra por la pared del mismo). Cuando la cantidad de agua añadida sea suficiente, el aceite se irá curvando hasta que se desprenda del vaso pequeño y quede suspendida

dentro de la mezcla alcohol y agua. La única pega si se hace un poco deprisa es que en vez de aparecer una única gota de aceite aparezcan varias gotas pequeñas flotando.

Sugerencias

Es conveniente, en cursos más elementales, complementar la práctica viendo qué le sucede al aceite cuando se introduce en un recipiente sólo con agua. Se verá que irá hacia la superficie por tener menor densidad. Si se introduce el aceite en otro recipiente con alcohol se irá hacia el fondo al tener más densidad.

Se puede calcular la densidad de la mezcla agua-alcohol, y compararla con las densidades de estos productos por separado. Para el cálculo de la densidad se puede realizar con un densímetro.

Se puede preparar un disolvente un poco más denso que el agua añadiendo glicerina (1,262 g/l)

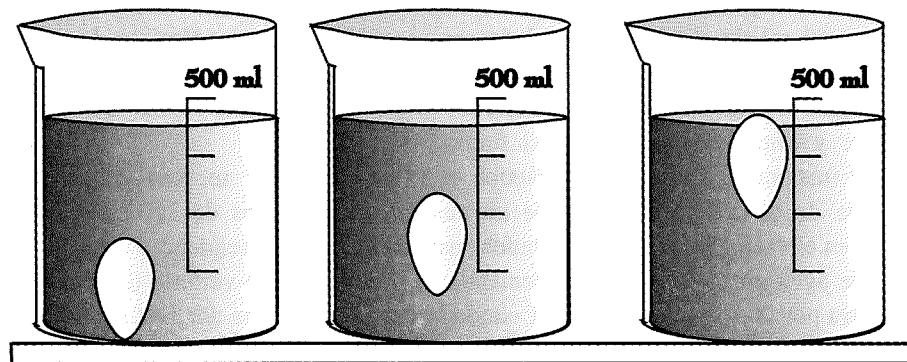
102. Hacer flotar un huevo en agua

Se introduce un huevo en un recipiente con agua y se va disolviendo sal en el agua. Se observa que al aumentar la densidad de la disolución llega un momento en el que el huevo comienza a flotar.

Si se mide experimentalmente en ese momento la densidad del huevo y del agua con sal se comprueba que son iguales. Esta práctica muestra, pues, cómo influye la densidad en la flotabilidad de los cuerpos.

FIGURA 50

Flotación



103. El alcohómetro, una modalidad de densímetro

Se introduce en un vaso de precipitados grande una disolución de etanol en agua al 13% en volumen. Se toma la temperatura de la disolución y se introduce un alcohómetro (densímetro cuya escala indica el porcentaje de alcohol en una disolución acuosa, es decir la graduación alcohólica, normalmente está calibrado a 20°C). Se ha de tener cuidado que el alcohómetro no toque las paredes del vaso. Se calienta la disolución y se van realizando las lecturas de la densidad a diferentes temperaturas. En esta práctica se puede estudiar el efecto de la temperatura en la densidad de un líquido, ya que cuando la temperatura es más alta el densímetro se hunde más porque la mezcla es menos densa.

Se pueden preparar disoluciones con diferente porcentaje de alcohol y comprobar que cuanto más densa es la disolución menor será el porcentaje de alcohol.

104. Construcción de un ludión hidrostático

El ludión o demonio de Descartes consiste en un objeto hueco que contiene una pequeña cámara de aire con una pequeña obertura, introducido en un recipiente cerrado con agua. Se pueden construir diferentes tipos de ludiones:

- a) El más sencillo es una cerilla de cera parafinada (no de madera, para que tenga cámara de aire) introducida en una botella de plástico flexible y transparente, llena de agua y cerrada con un tapón que ajuste bien.
- b) En un bolígrafo (de plástico ligero y transparente) se introduce un trozo de alambre (mejor que sea inoxidable para que su peso no aumente con el tiempo y se hunda) y un poco de agua. Se introduce así el bolígrafo dentro de una botella transparente llena de agua y se cierra con un tapón que ajuste, el bolígrafo debe flotar y si no se debe modificar la cantidad de agua de su interior hasta que flote. Se puede observar como al presionar la botella, disminuye el volumen de aire del interior del bolígrafo al entrar agua.

FIGURA 51
Ludión



Por tanto el peso del ludión es mayor y se hunde.

Cuando se deja de presionar la botella sale el agua que había entrado anteriormente y el ludión sube.

c) **Ludión hidrostático.** Se construye el aparato anterior y se atraviesa el tapón de la botella con tubo de goma flexible (aproximadamente de 1,5 m). Se llena éste con agua procurando que no queden burbujas en su interior. Se observa que cuando se levanta el tubo y el nivel de agua queda por encima del tapón de la botella, el ludión se hunde debido a que aumenta la presión hidrostática. Y, al contrario, cuando el nivel del agua del tubo flexible está por debajo del tapón, el ludión sube debido a que disminuye la presión hidrostática.

Este experimento sirve para demostrar que la presión se transmite por igual en todos los puntos del líquido independientemente de donde se realice ésta (principio de Pascal).

105. Transmisión de las presiones en los líquidos. Principio de Pascal

a) Dos jeringuillas unidas por un mismo tubo.

Se cogen dos jeringuillas iguales y se unen mediante un tubo de goma lleno de agua (se procurará que no quede aire). Si se acciona uno de los émbolos, el otro se desplaza la misma distancia en sentido contrario.

b) Varias jeringuillas unidas por un mismo tubo.

Se introducen unen una serie de jeringuillas en un tubo cerrado por ambos extremos y lleno de agua, tal como muestra la figura. Si se presiona uno de los émbolos, los otros se desplazan la misma distancia en sentido contrario.

FIGURA 52

Ludión hidrostático

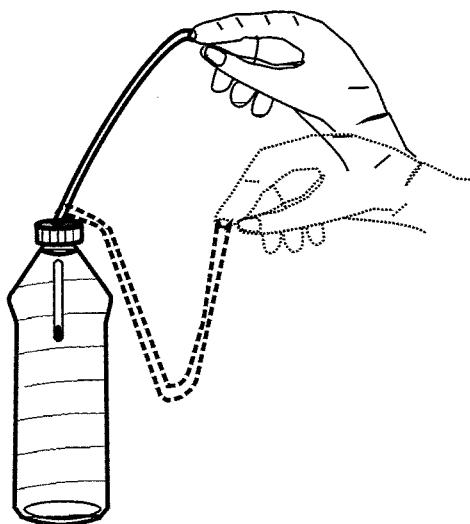
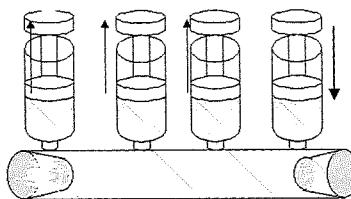
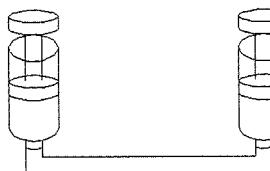


FIGURA 53

Principio de Pascal



106. Principio de Arquímedes

Cualquier objeto en el interior de un fluido experimenta una fuerza vertical y hacia arriba denominada empuje.

Se cuelga de un dinamómetro un objeto y se mide su peso. El objeto colgado del dinamómetro se introduce en un vaso con agua. La diferencia entre lo que nos marca el dinamómetro antes y después es el empuje que ejerce el agua sobre el objeto.

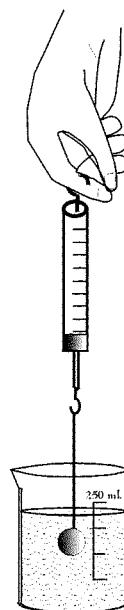
Sugerencias

Se puede observar la influencia del volumen tomando dos piezas de diferente volumen y de igual masa y se calcula el valor del empuje.

Se puede comprobar la influencia de la densidad de los fluidos utilizando diferentes fluidos por ejemplo, alcohol...

FIGURA 54

Principio de arquímedes



107. Relación entre la presión y la profundidad en un líquido

Se llena de agua una botella de plástico (o una bolsa) y se le hacen varios agujeros a diferentes alturas. Se observa que por todos ellos sale agua y además, en los que están más abajo sale un mayor chorro. Sigue que al depender la presión de la profundidad, en los agujeros practicados a mayor profundidad sale el agua con mayor presión.

108. Construcción de un manómetro

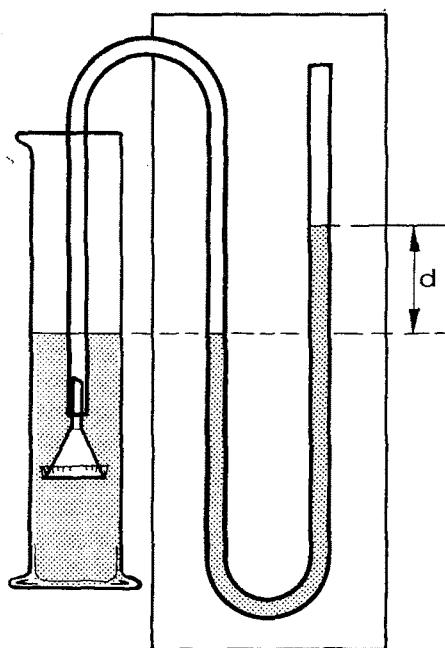


Se toma un tubo de vidrio y calentando a la llama se dobla en forma de U (al doblar el vidrio se vigilará que el tubo no se estrangule). Se coloca apoyado verticalmente en una superficie que ha de tener una escala graduada (por ejemplo papel milimetrado). En un extremo de la U se une un tubo de goma y a este un embudo pequeño. Se cierra la boca del embudo atando un globo o papel de celofán. Se llena con agua el tubo de vidrio en forma de U (puede ser agua coloreada con un colorante alimentario).

Se introduce el embudo en una probeta alta y ancha con agua. Antes de introducir el embudo en la probeta, el agua de los dos brazos de la U estaba a la misma altura. Al introducir el embudo en la probeta, conforme se desciende aumenta la presión sobre el embudo, el agua del brazo más próximo al embudo descenderá. Se puede calcular la presión ejercida por el líquido, conociendo la diferencia de altura en los brazos.

FIGURA 55

Manómetro



109. Medida del volumen de una gota

Se llena la bureta con agua, se vacía sobre un vaso un poco para asegurarnos que esté llena la punta de la bureta y se enrasa. Se abre la llave de la bureta de manera que empiece a gotear lentamente. Se cuentan las gotas que caen y se mide el volumen de agua que ha caído.

Se puede calcular el volumen de una gota dividiendo el volumen de líquido caído entre el número de gotas. Es conveniente realizar varias medidas y calcular la media aritmética.

El volumen de una gota depende de la tensión superficial y esta varía al añadir detergente. Se prepara una disolución con aproximadamente 200 cm^3 de agua y unas cinco gotas de detergente líquido. Se remueve con una varilla de vidrio.

Se llena la bureta con la disolución, se enrasa y se repite el procedimiento anterior. Se calcula el volumen de una gota de agua con detergente. Se comparan ambos resultados.

Sugerencias

Para una mejor presentación se puede hacer una tabla. Se ha de tener en cuenta que no todas las buretas dan el mismo resultado, pues depende de su sección.

TABLA NÚM. 6

Volumen de las gotas

| Volumen (cm ³) | Número de gotas | | Volumen de una gota (cm ³) | |
|----------------------------|-----------------|--------------|--|--------------|
| | Aqua | Aqua + jabón | Aqua | Aqua + jabón |
| 1 | 23 | 46 | 0,043 | 0,022 |
| 2 | 42 | 106 | 0,048 | 0,019 |
| 3 | 58 | 151 | 0,052 | 0,020 |
| 4 | 84 | 216 | 0,048 | 0,018 |
| Valor medio | | | 0,048 | 0,020 |

Se presenta una relación de experiencias en las que se trabaja la presión de los gases y sobre todo la presión atmosférica. Se intenta destacar la gran presión a la que estamos sometidos sin darnos cuenta, un hecho que resulta asombroso.

110. El aire ofrece resistencia



Se trata de romper con un martillo una regla o pedazo de madera por la mitad, algo no tan fácil si no se puede tocar la regla ni tampoco colocar un peso encima.

Procedimiento

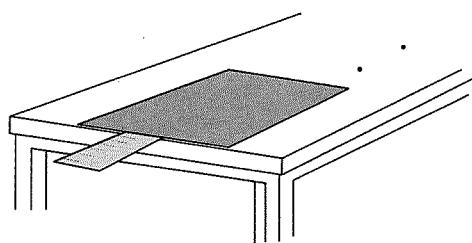
Se coloca el trozo de madera plano de unos 30 cm de longitud (una regla) sobre la mesa de forma que sobresalga la mitad, se cubre la mitad de la regla que está sobre la mesa con varias hojas de papel de periódico desplegadas y se golpea con un martillo sobre la mitad de la regla fuera de la mesa. Sucede que el trozo de madera se parte. Para realizar la práctica con éxito es conveniente efectuar el golpe de manera rápida, no dando tiempo a que se levante el periódico.

FIGURA 56

Sugerencias

Rompiendo la regla

Con anterioridad es conveniente realizar la práctica sin el periódico para que los alumnos comprueben que no se puede partir el trozo de madera. La explicación reside en que la resistencia que ofrece el aire sobre la superficie del periódico es mayor que la resistencia de la madera.



111. El aire aguanta una columna de agua

Se llena completamente un tubo de ensayo con agua y se introduce invertido en un recipiente con agua, de la forma que muestra el dibujo. Se observa que en el tubo de ensayo no disminuye el nivel de agua.

Otra experiencia similar a ésta es: se llena completamente un vaso de agua y se tapa con una cartulina o papel. Al darle la vuelta, se observa que el agua no cae.

Qué sucede? El aire ejerce una presión a la que denominamos presión atmosférica. En los dos casos el agua del tubo o del vaso no cae debido a que la presión atmosférica exterior es superior a la presión que ejerce el peso del agua que hay dentro. Para compensar la presión atmosférica se necesita una columna de agua de unos diez metros de altura.

112. El aire deforma una lata metálica



Se coge un recipiente cuyas paredes puedan ceder con relativa facilidad, provisto de su tapón correspondiente y que se pueda calentar (como una lata de aceite bien limpia). Se introduce un poco de agua en la lata y se calienta con un mechero bunsen. Cuando se observa salir el vapor de agua abundantemente se apaga el mechero. Se deja enfriar la lata por sí sola o bien para acelerar el proceso se pone directamente bajo un chorro de agua. Se observará que el recipiente se va deformando.

FIGURA 57

Columna de agua

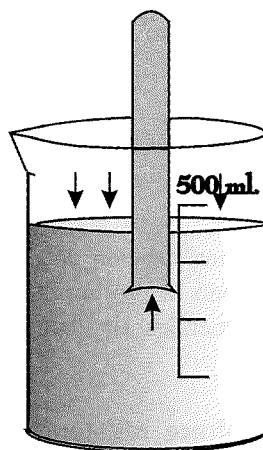
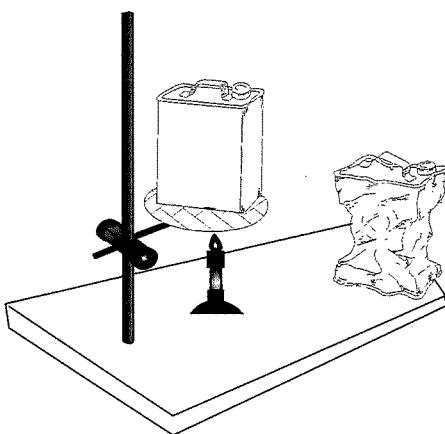


FIGURA 58

Horror al vacío



¿Qué sucede? El vapor de agua desplaza parte del aire del interior de la lata. Al taparla y dejarla enfriar, el vapor de agua condensa, y así se disminuye la presión en el interior de la lata. Como la presión exterior (atmosférica) es superior a la interna se produce la deformación de las paredes del recipiente.

113. Cómo la presión atmosférica nos ayuda o nos impide beber

Se coge una botella de plástico, se llena de agua, se cierra con un tapón que ajuste y se atraviesa éste con una pajita. Se sellará con plastilina o silicona para impedir la entrada de aire. Al intentar beber no subirá el agua pero si se hace un agujero en el tapón sí se podrá beber. Al entrar aire en la botella, ejerce presión sobre el agua y hace que ésta suba.

Otra versión de esta experiencia es intentar beber agua de un vaso con dos pajitas. Primero con las dos introducidas en el vaso de agua, con lo cual no habrá ninguna dificultad. Despues, con una pajita fuera de vaso y la otra dentro. Sucederá que no se podrá beber debido a que el aire introducido por la pajita exterior compensará la diferencia de presión que había antes.

114. Elevando agua mediante la presión atmosférica

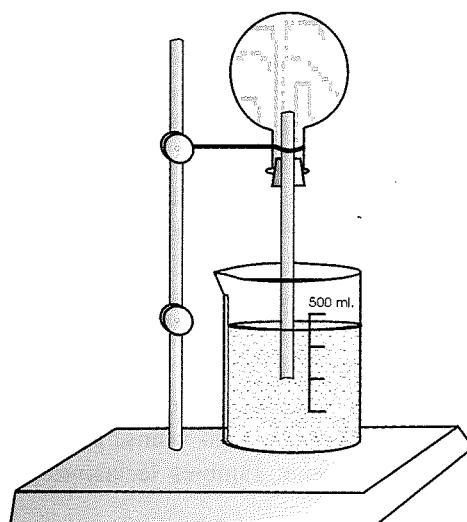
Se introduce un poco de agua en un tubo de ensayo grande (que se pueda calentar). Se tapa con un tapón que esté atravesado por un tubo de vidrio largo (unos 50 cm). Se calienta hasta ebullición el agua, manteniendo ésta durante un rato. Rápidamente, se gira de manera que el extremo del tubo largo se introduzca en un vaso con agua fría.

Se observa cómo sube el agua por el tubo hasta llenarlo todo. La misma experiencia se puede realizar con un matraz esférico en lugar de un tubo de ensayo, produciéndose entonces un surtidor en el interior del matraz. Se puede hacer más vistosa si se colorea el agua del vaso.

¿Qué sucede? Al calentar, el agua pasa a vapor que desplaza el aire creándose un vacío relativo al enfriarse que hace subir el agua del vaso.

FIGURA 59

Surtidores



115. Surtidor

Se llena un matraz de agua hasta la mitad. Se cierra con un tapón atravesado por un tubo de vidrio, uno de cuyos extremos ha de quedar por debajo del nivel del agua, y el conjunto se introduce en un recipiente con agua caliente. Se verá como sale agua por el extremo superior del tubo de vidrio, produciéndose un surtidor. El surtidor aparece como consecuencia de la diferencia de presión entre el gas del interior (que se ha calentado en el baño de agua) y el del exterior de la botella.

116. Sifón atmosférico. Otro surtidor

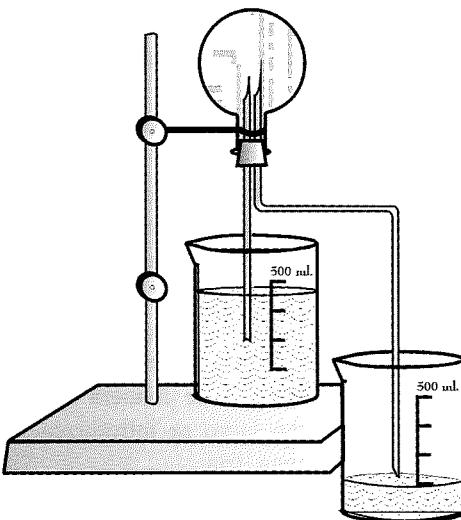
Se atravesia un tapón bihoradado con dos tubos de vidrio, uno largo (unos 40 cm) y con una terminación estrecha tipo cuentagotas o pipeta Pasteur, y otro tubo corto (unos 10 cm). Si los tubos no ajustan bien se sella el tapón con silicona o plastilina. Se colocan unos 50 cc de agua en un matraz de 250 cc y se cierra con el tapón bihoradado de modo que la punta estrecha del tubo largo quede en el interior del matraz y por encima del nivel de agua de éste. El otro extremo del tubo largo se debe introducir en un vaso de precipitados con agua (observar figura). Al tubo de vidrio corto se le acopla un tubo de goma cerrado con una pinza y el extremo del tubo de goma en el interior de un segundo recipiente que deberá de estar colocado a un nivel inferior para producir una diferencia de presión. Por último, se abre la pinza. Se observa como lentamente va subiendo el nivel de agua por el tubo de vidrio y la formación de un surtidor.

Sugerencias

Se puede hacer más vistosa si se colorea el agua con algún colorante, como el azul de metileno. También la vistosidad depende de la estrechez del tubo de vidrio largo.

FIGURA 60

Otro surtidor



La explicación se basa en la diferencia de presión que se establece por la diferencia de altura de los dos recipientes, esta afirmación se puede comprobar variando la altura del segundo recipiente y ver la incidencia que tiene sobre el surtidor.

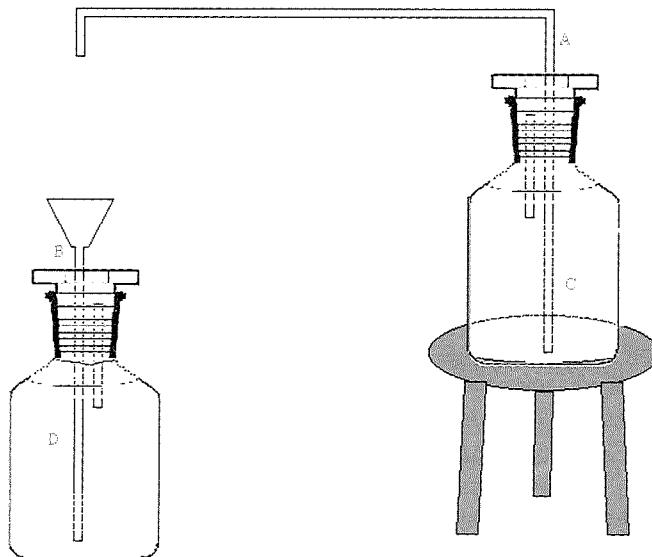
117. El sifón de Herón

Se atraviesan dos tapones bihoradados cada uno con dos tubos de vidrio, uno corto y uno largo. Se tapan dos matraces erlenmeyer o dos botellas con estos tapones. El matraz situado más alto tiene que contener mayor cantidad de agua que el más bajo (ver figura). En uno de los tubos largos se acopla un embudo y en el del otro matraz erlenmeyer un tubo de vidrio en forma de U de modo que el final quede a la altura del embudo y encima de éste. Si no se tiene este tubo de vidrio se puede acoplar un tubo de goma. Se conectan con un tubo de goma los dos tubos cortos. Se añade agua por el embudo y se observa una fuente.

Si no funciona deben revisarse las diferentes uniones y acoplamientos ya que no debe entrar nada de aire del exterior. Los tapones han de encajar perfectamente en las bocas de los recipientes.

FIGURA 61

Sifón de Herón



¿Qué sucede? Al añadir agua por el embudo, el aire que hay en el interior del recipiente se comprime, transmitiéndose parte de la presión por el tubo de goma y ejerciendo presión en la superficie del líquido del otro recipiente. El agua sube por el tubo de vidrio debido a esta presión.

El sistema dejará de funcionar cuando se acabe el agua del recipiente que está situado más alto.

Sugerencias

Se puede hacer este experimento doble, es decir, para una primera presentación con los alumnos se pueden utilizar recipientes opacos tapándolos con papel de aluminio para que aporten sus ideas intentando explicar el funcionamiento y una segunda realizando el mismo montaje pero con recipientes transparentes para situarlos mejor sobre el tema de la presión.

118. Recipiente de vacío: formación de niebla

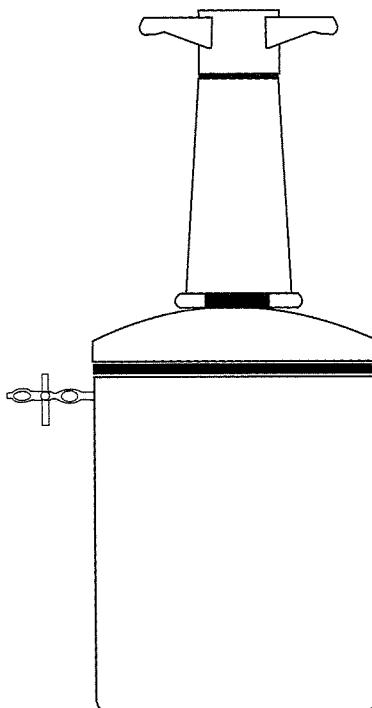
FIGURA 62

Recipientе de vacío

El aire contiene vapor de agua. La cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera varía al cambiar la presión atmosférica y la temperatura. En esta práctica se verá la relación que hay entre la presión y la humedad. Al disminuir la presión la humedad aumenta. Para la formación de la niebla se necesitan dos condiciones: una disminución de la presión y la presencia de partículas en suspensión.

Procedimiento

Se coloca un poco de agua en un recipiente de hacer el vacío (recipiente de vacío que se utiliza para la conservación de los alimentos). Si el recipiente de vacío dispone de una salida lateral, se le coloca un tubo de vidrio, se pone una vela encendida delante del tubo de vidrio y se



acciona el émbolo varias veces. Se cierra la entrada de aire y se vuelve a accionar el émbolo.

Si la bomba de vacío no dispone de entrada de aire, se pone agua dentro del recipiente, se enciende una cerilla dentro hasta que se apaga, se saca la cerilla, se cierra el recipiente y se acciona el émbolo para hacer el vacío.

¿Qué sucede? Al accionar el émbolo, se hace un vacío parcial dentro del recipiente, por lo tanto disminuye la presión y aumenta la humedad. Al colocar la vela encendida delante de la entrada de aire se introducen partículas procedentes de la combustión de la vela o de la cerilla y estas hacen de núcleo de condensación del vapor de agua y de esta forma se puede ver la niebla.

119. Recipiente de vacío: hinchar un globo sin tocarlo

Con esta práctica se puede trabajar la ley de Boyle, éste demostró que un globo deshinchado dentro de un recipiente se hinchaba cuando se le conectaba al recipiente la bomba de vacío. Boyle pensó que el aire podía estar comprimido en un espacio pequeño si la presión exterior era muy grande. Cuando la presión exterior disminuía el aire se podía expandir hasta ocupar un gran volumen.

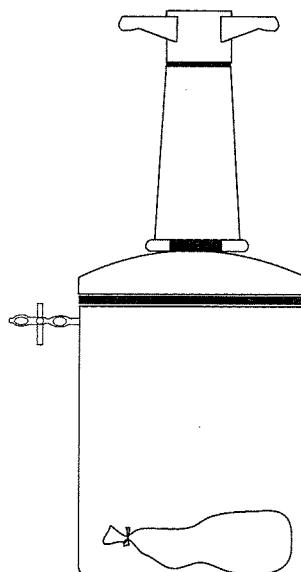
Procedimiento

Se hincha un globo muy poco, se ata y se coloca en un recipiente que se pueda hacer el vacío. Se cierra el recipiente y se hace el vacío. Veremos como el globo se hincha.

¿Qué sucede? Al hacer el vacío dentro del recipiente, disminuye la cantidad de aire y también la presión de dentro del recipiente. Dentro del globo las partículas siguen ejerciendo presión. Al ser la pared de separación elástica y disminuir la presión exterior del globo, el aire de dentro del globo se expandirá hasta igualar la presión exterior y el globo se hinchará.

FIGURA 63

Hinchar un globo



120. Ventosa

En esta práctica se puede trabajar el concepto de vacío y diferencia de presiones. Tiene la gracia de que con una ventosa pequeña se puede levantar un objeto de gran masa.

Se pasa una cuerda por el gancho de una ventosa. Se humedece un poco la ventosa y se presiona la ventosa contra una superficie lisa hasta que se adhiera (puede ser una tabla de madera, una silla...). Se estira de la cuerda y veremos que se puede levantar objetos de gran masa. Se puede realizar la misma experiencia con un desatascador.

¿Qué sucede? Al presionar la ventosa, sale buena parte del aire y se hace un vacío parcial, disminuyendo mucho la presión interior, y la presión atmosférica que es mayor, comprime la ventosa sobre la superficie.

Sugerencias

Mediante una ventosa se puede calcular la presión atmosférica. El área de la ventosa se calcula o bien midiendo el diámetro con un regla o colocando la ventosa sobre papel milimétrado. Para calcular la fuerza que hace el aire, se van colocando pesas en la superficie unida a la ventosa hasta que esta se desprenda. Se divide la fuerza por la superficie.

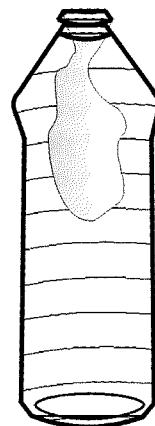
121. Cómo se hincha un globo dentro de una botella

Se coloca un globo dentro de una botella de plástico. Se pone la boca del globo en la boca de la botella de forma que el globo quede hacia dentro de la botella y se pueda soplar por la boca del globo. Se intenta hinchar el globo soplando con la boca. Se comprobará que el globo no se puede hinchar. Se hace un agujero en la botella de plástico con una aguja y se vuelve a soplar el globo, ahora si que se podrá hinchar el globo.

¿Qué sucede? Al intentar hinchar el globo, el aire que queda en el interior de la botella impide que se hinche el globo debido a que ha aumentado su presión. Al pinchar la botella, sale aire de la botella,

FIGURA 64

No podrás hincharlo



disminuye la presión y se podrá hinchar el globo.

122. El aire contiene oxígeno

Esta experiencia muestra cómo el aire es una mezcla de gases que contiene oxígeno y también muestra los efectos de la presión atmosférica hasta llegar al equilibrio de presiones.

Procedimiento

Se enciende una vela y se coloca sobre un plato. Se tapa con un vaso o frasco invertido. Se mide el tiempo hasta que agotado el oxígeno se apaga la vela. Se repite la experiencia pero con agua en el plato. Se mide el tiempo que tarda la vela en apagarse y se observa el nivel del agua dentro del frasco.

¿Qué sucede? La vela arde más tiempo cuando el plato está vacío que cuando el plato está con agua. Además, en este último caso el nivel del agua en el frasco se eleva espectacularmente debido al descenso de presión en su interior y a la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie del agua.

La vela tarda más en apagarse porque algo de aire penetra en su interior por abajo antes de que se iguales las presiones. Por el contrario si en el plato ponemos agua, ésta sella la entrada de aire y al disminuir la presión en el interior del frasco asciende hasta llegar al equilibrio.

Sugerencias

Los alumnos han de contar el tiempo de combustión de la vela y se les preguntará el porqué de las diferencias. Igualmente se les ha de preguntar hasta dónde subirá el agua en el interior del frasco (aproximadamente 20% correspondiente al volumen de oxígeno).

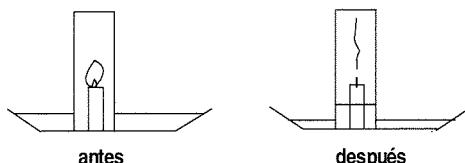
123. No todos los gases pesan igual



Con esta práctica se pueden abordar varios objetivos: estudiar el concepto de densidad, mostrar una reacción química con desprendimiento gaseoso, probar que unos gases pesan más que otros y por tanto en primera estancia se ordenan según su densidad, y que a diferencia del oxígeno el dióxido de carbono no permite la combustión.

FIGURA 65

El oxígeno del aire

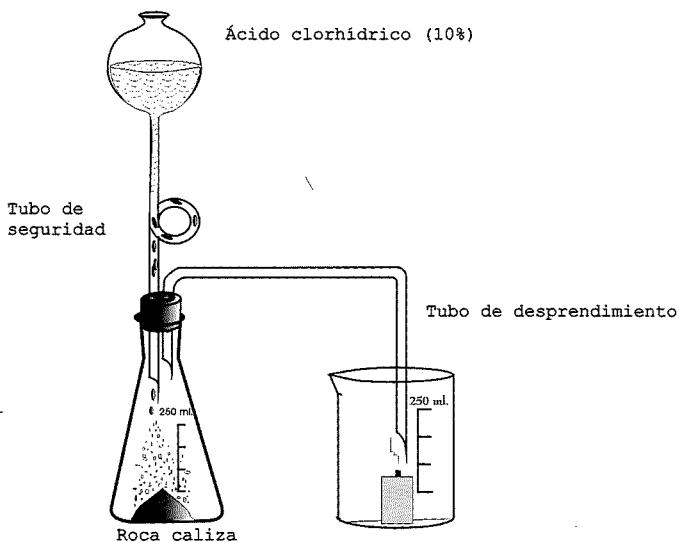


Se monta un dispositivo como el de la figura para la producción de gas. Es suficiente con un erlenmeyer tapado con un tapón bihoradado. En uno de los orificios se introduce un tubo de seguridad por el que añadiremos el ácido clorhídrico. En el otro se coloca un tubo en forma de U, por el que ha de salir el gas generado. El diseño del tubo de seguridad permite sellar el orificio y obliga al gas a salir exclusivamente por el tubo en forma de U.

Se pone en el erlenmeyer una muestra de carbonato cálcico o bicarbonato sódico y añadimos ácido clorhídrico diluido por el tubo de seguridad. Inmediatamente se forma dióxido de carbono que por ser más denso que el aire se puede recoger en un vaso de precipitados.

FIGURA 66

Desprendimiento de dióxido de carbono



Sugerencias

El vaso puede estar sobre una balanza equilibrada y mostrar que el gas obtenido pesa. Si la balanza está equilibrada con otro vaso igual (no con pesas) la inclinación del fiel nos indica que el gas además es más pesado que el aire.

También el vaso puede contener una cerilla encendida y observar que se apaga cuando se llena de dióxido de carbono. Se puede repetir la operación con otro vaso y otra cerilla, vertiéndolo como si fuera un líquido.



Introducir los tubos en los agujeros es una operación delicada que presenta un peligro potencial porque los tubos pueden romperse. En ningún caso lo han de hacer los alumnos. Si se introduce el tapón de goma en agua caliente los agujeros se dilatan, además se puede uno ayudar con un lubricante como aceite o vaselina. Al introducir los diferentes tubos de vidrio en los tapones utilizar un trapo para evitar cortes.

124. Construcción de un barómetro sencillo (modelo 1)

Se coge un recipiente de cristal (un bote de conserva pequeño) y se le ajusta una membrana elástica (la parte superior de un globo) con una goma (elástico). Se le pega transversalmente un trozo de una pajita de unos 5 cm de largo de manera que sobresalga 2 cm del recipiente. Se coloca sobre una base de madera a la cual pegaremos de forma vertical un trozo de cartulina, donde marcaremos varias líneas horizontales, separadas unos 5 mm, a la altura de la pajita.

Para observar el funcionamiento basta con introducir el barómetro en un recipiente en el que podamos extraer o insuflar aire para que disminuya o aumente la presión.

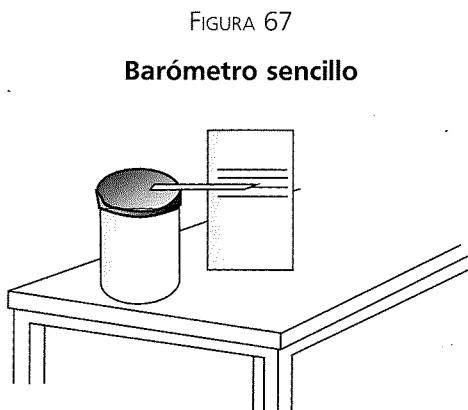


FIGURA 67

Barómetro sencillo

125. Construcción de un barómetro (modelo 2)

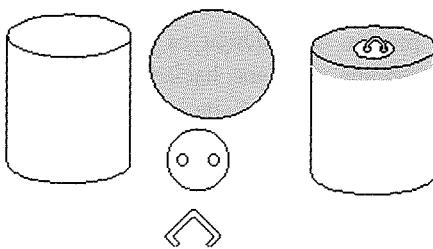
Procedimiento

Se pega el disco de piel ($\varnothing = 1,5$ cm) con el gancho de alambre en el centro de la membrana de goma ($\varnothing = 14$ cm) y se deja secar.

Se alisan perfectamente los bordes de la lata ($\varnothing = 12$ cm) y se tapa perfectamente con la membrana. Se fija con pegamento y se ata dando vueltas con un cordel por la parte exterior de la lata.

FIGURA 68

Piezas del tambor



Se coge un hilo y se le ata en un extremo una masa de 30 gramos. Se ata el otro extremo del hilo en el gancho de alambre.

En una segunda etapa se construye el soporte con una tabla frontal de madera de 20×20 cm, se clavan dos listones y se unen a la tabla de la base que debe quedar a unos 15 cm de la tabla frontal. Se pueden añadir unos listones laterales oblicuos para dar mayor consistencia al montaje.

Por último, se coge un carrete de coser de aproximadamente 2 cm de largo y se le acopla en el eje un tubo metálico de unos 2 cm que quede ajustado al carrete.

Se coge un clavo de una longitud de 5 cm y de diámetro inferior al del tubo metálico. Se pega una aguja indicadora perpendicular a la base del carrete.

Se introduce el clavo en el interior del tubo metálico previamente introducido en el carrete, y se clava en el soporte, tal como se ve en la figura.

Se dibuja (o se recorta y se pega) en el soporte y a la altura de aguja indicadora una escala graduada. O bien, se puede pintar un sol en la zona en que la aguja marcará las altas presiones y una nube en la zona contraria donde indicará las bajas presiones.

Se cuelga el peso del hilo dando un par de vueltas alrededor del carrete. Con ello ya se dispondrá del barómetro.

¿Qué sucede? Al cerrar la lata con la membrana de goma quedará tensa y horizontal debido a que el aire del interior tendrá la misma presión que el aire del exterior. Cuando la presión exterior varía, la membrana modificará su posición. De tal manera que si la presión atmosférica es mayor que la presión del interior de la lata, flexionará la membrana de goma hacia abajo, y viceversa. Para visualizar mejor las variaciones de presión nos servimos de este dispositivo que amplifica las deformaciones de la membrana.

Sugerencias

Se propone que se realice la experiencia individualmente, así los alumnos podrán llevárselo el barómetro y observar las pequeñas variaciones en casa.

FIGURA 69

Piezas del soporte

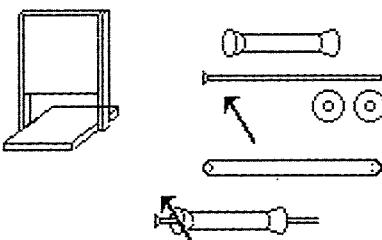
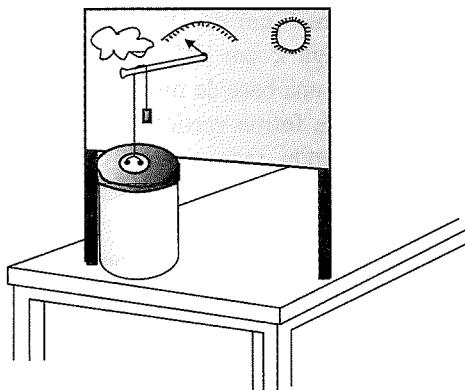


FIGURA 70

Barómetro (modelo 2)



Hay una serie de experiencias en química que por su vistosidad y sencillez nos permiten hacer magia en el laboratorio y a la vez trabajar conceptos de química.

126. Identificación de algunos elementos químicos



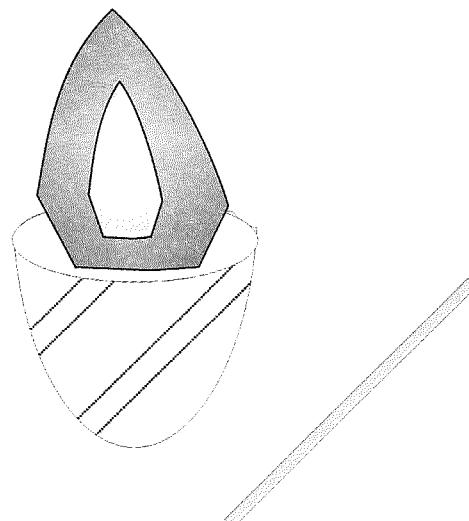
Cuando un átomo recibe energía (por ejemplo al vaporizarlo), ya sea de una llama o bien a través de una descarga eléctrica, absorbe la energía necesaria para excitar alguno de sus electrones a estados de energía más altos. Cuando el electrón vuelve a su estado original, emite la energía absorbida en forma de luz visible.

El conjunto de radiaciones emitidas por los átomos excitados constituye el espectro de emisión y que es característico para cada elemento químico. Las líneas espectrales pueden ser observadas mediante un espectroscopio. Así, el sodio al vaporizarse en la llama forma un espectro característico formado por dos líneas amarillas muy juntas.

Sin necesidad de afinar tanto, los espectros de emisión de los elementos se manifiestan en forma de luz de diferentes colores, en función de su estructurapectral. Así, por ejemplo, el sodio emite luz amarilla. Precisamente los colores tan espectaculares de los fuegos de artificiales se obtienen mezclando sales de diferentes elementos.

FIGURA 71

Sales y colores



Procedimiento

Se necesitan tantos crisoles como compuestos queramos analizar. Mejor que los crisoles sean bajos y de boca estrecha. En cada uno de ellos, hasta la mitad mas o menos, pondremos alcohol de quemar (metanol) del que venden en los supermercados. Añadiremos una punta de espátula de cada uno de los compuestos, teniendo la precaución de limpiar la espátula cada vez para no mezclar las sustancias. También tendremos disponibles tantas varillas de vidrio, para remover, como crisoles.

Se bajan las persianas de las ventanas (no hace falta que el aula esté oscura del todo) y con un mechero o una cerilla se enciende el alcohol de cada uno de los crisoles. Mejor que lo haga el profesor para evitar quemaduras.

Si se remueve cada uno de los crisoles con su varilla, obtendremos llamas de colores más intensos (no hace falta remover continuamente). La experiencia se acaba cuando se acaba el alcohol.

En la tabla siguiente tenemos posibles productos a utilizar y los colores que se obtienen.

TABLA NÚM. 7

Compuestos y colores

| Compuesto | Fórmula | Color |
|----------------------|--------------------------------|------------------|
| Cloruro de sodio | Na Cl | amarillo |
| Cloruro de litio | LiCl | rojo intenso |
| Cloruro de potasio | KCl | violeta |
| Cloruro de bario | BaCl ₂ | verde-amarillo |
| Cloruro de calcio | CaCl ₂ | amarillo-naranja |
| Cloruro de estroncio | SrCl ₂ | rojo |
| Ácido bórico | H ₃ BO ₃ | verde |

Una posible variante de esta experiencia es hacer disoluciones con agua de estos compuestos e introducir una mecha de algodón hasta que se empape. Posteriormente sacarla y dejarla secar. Así, se obtienen mechas que al quemarse darán colores diferentes.

Si se dispone de un espectroscopio se pueden observar las líneas espectrales en las que se descompone la luz de cada una de las llamas. Es suficiente con mirar a su través. Se puede construir un espectroscopio fácilmente con un tubo de cartón o plástico de unos tres centímetros de diámetro y 20 cm de longitud, con su interior pintado de negro, y colocando en un extremo una tapa con una abertura estrecha y en el otro una red de difracción montada en el marco de una diapositiva. La red

de difracción se puede conseguir, además de en las casas comerciales de material de laboratorio, en laboratorios fotográficos.

Sugerencias

Si se quiere terminar la experiencia antes de que se acabe todo el alcohol, se puede apagar la llama tapando el crisol.

Si se calienta una varilla de vidrio directamente a la llama con un mechero, esta se pondrá de color amarillo debido a que el vidrio contiene sodio.

127. Lluvia de oro

Las reacciones de precipitación son reacciones bastante espectaculares especialmente si el precipitado obtenido es de un color vistoso. Las siguientes reacciones tienen la gracia de que los precipitados obtenidos pueden desaparecer y volver a aparecer.

El yoduro de plomo (II), PbI_2 , es un sólido muy insoluble en agua de color amarillo, cuya solubilidad en agua aumenta bastante al aumentar la temperatura.

El yoduro de plomo (II) obtenido mediante una reacción química es una substancia amorfa, pero si la obtenemos por enfriamiento de una disolución, se forman pequeños cristales que parecen oro.

Procedimiento

Se preparan dos disoluciones diluidas de yoduro de potasio (o cualquier yoduro que sea soluble, suficiente una punta de espátula en 100 ml de agua) y de nitrato de plomo (II) (también puede utilizarse otra sal soluble de plomo (II)).

En un tubo de ensayo que se pueda calentar, se pone la disolución de yoduro de potasio, más o menos hasta la mitad del tubo y con un cuentagotas, añadiremos la disolución de nitrato de plomo (II). Nos aparece un precipitado amarillo canario; cuando el precipitado ocupe más o menos 1 cm de altura del tubo de ensayo podemos parar de echar nitrato.

Se calienta el tubo de ensayo con el precipitado, con cuidado para evitar proyecciones del líquido, hasta que el precipitado se redissuelve. Se deja enfriar el tubo de ensayo y el yoduro de plomo (II) vuelve a precipitar, pero ahora está en forma de pequeños cristales y se asemeja a una lluvia de oro.

Otro procedimiento para conseguir la lluvia de oro y además practicar la filtración, consiste en hacer la misma reacción en un vaso de precipitados. El precipitado obtenido se filtra utilizando un matraz kitasatos, se vacía el matraz, se vuelve a colocar y se echa sobre el precipitado agua hirviendo para redisolverlo. Al enfriarse aparecen los cristales.

Sugerencias

Si se ilumina el tubo de ensayo a los rayos del sol o con una bombilla el espectáculo gana en belleza.

128. Un precipitado azulado que desaparece



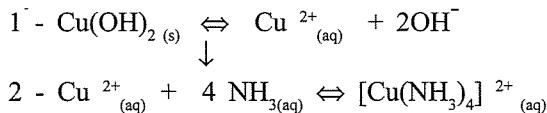
Al añadir un hidróxido soluble a una disolución que contenga iones Cu^{2+} se forma un precipitado blanco-azulado gelatinoso de hidróxido de cobre (II) que desaparece al añadirle una disolución de amoníaco debido al complejo que forma el cobre con el amoníaco $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ de color azul intenso.

Procedimiento

Se vierte en un vaso de precipitados pequeño una disolución de una sal de cobre (II), por ejemplo de sulfato de cobre (II) pentahidratado que es de color azul. Con un cuentagotas se añade una disolución de amoníaco. El líquido se enturbia apareciendo un precipitado de color azul de hidróxido de cobre (II) a causa de la basicidad de la disolución de amoníaco. Si se continua añadiendo amoniaco, el precipitado se redissuelve cambiando el color de la disolución a azul fuerte.

Si queremos que el proceso se invierta, se puede añadir un ácido que descompone el complejo reapareciendo el precipitado y que si se añade en exceso llega a redissolver el hidróxido.

¿Qué sucede? Existe una competencia entre las siguientes reacciones que se decanta a favor de la segunda cuando aumenta la concentración de amoníaco.



Sugerencias

El precipitado de hidróxido de cobre (II) también lo podemos obtener empleando por ejemplo hidróxido de sodio, pero en este caso, aunque se añada un exceso de base no se redissolverá el precipitado, dado que no puede formarse ningún complejo.

Hay otros compuestos insolubles o poco solubles en agua que se pueden obtener al mezclar dos sales solubles. Para ello se colocará en un tubo de ensayo una disolución y se añadirá el agente precipitante con un cuentagotas. En la tabla siguiente se detallan algunos ejemplos:

TABLA NÚM. 8
Reacciones de precipitación

| Compuesto insoluble en H_2O | Color | Disolución inicial | Agente precipitante | Reacción |
|--|----------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| AgCl | blanco | Cualquier cloruro soluble | AgNO ₃ | $AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$ |
| Ag ₂ CrO ₄ | rojo | Cualquier cromato soluble | AgNO ₃ | $2AgNO_{3(aq)} + K_2CrO_{4(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + Ag_2CrO_{4(s)}$ |
| PbCr ₂ O ₇ | amarillo | Cualquier dicromato soluble | Pb(NO ₃) ₂ | $Pb(NO_3)_{2(aq)} + K_2Cr_2O_{7(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbCr_2O_{7(s)}$ |
| Fe ₂ [Fe(CN) ₆] | Azul | Ferrocianuro de potasio | FeCl ₂ | $K_4[Fe(CN)_6]_{(aq)} + 2FeCl_{2(aq)} \rightarrow 4KCl_{(aq)} + Fe_2[Fe(CN)_6]_{(s)}$ |

El nitrato de plata se puede utilizar para detectar la presencia de cloruros del agua del grifo. Es conveniente conservar las disoluciones de nitrato de plata en oscuridad ya que se descompone con la luz.

El dicromato de plomo (II) es un pigmento utilizado en las pinturas.

El ferrocianuro es un pigmento utilizado en el tintado de ropa, es el clásico «azulete».

129. El cambio de color de los indicadores



En tres tubos de ensayo se pone agua destilada ($pH = 7$), más o menos hasta la mitad, a cada uno de ellos se le añade un indicador y se anota el color. Se añade una sustancia que tenga carácter ácido a cada uno de los tubos, se anota el color y después se añade otra que tenga carácter básico hasta que vire el indicador.

Los indicadores a utilizar pueden ser:

TABLA NÚM. 9

Indicadores

| Indicador | Color en medio ácido | pH de cambio | Cambio de color | Color en medio básico |
|--------------------|----------------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| Fenolftaleína | Incoloro | 8-9,5 | rosado | rosa fuerte |
| Rojo neutro | Rojo | 6,8-8,0 | anaranjado | amarillo |
| Azul de bromotimol | amarillo | 6,0-7,6 | verde | azul |
| Azul de bromofenol | amarillo | 3,0-4,6 | verde | azul |
| Naranja de metilo | Rojo | 3-4,5 | anaranjado | amarillo |

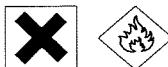
Muchos productos comerciales contienen ácidos y bases como componentes principales. Carácter ácido tienen: «el salfumant» que es una disolución de ácido clorhídrico; algunas bebidas refrescantes como las “colas” contienen ácido fosfórico, H_3PO_4 , dado que este componente les proporciona la acidez adecuada, potencia el sabor de los componentes dulces y además hace de conservante; los cítricos contienen ácido cítrico; las frutas no maduras también tienen ácidos; el vinagre es una disolución de ácido acético; «la aspirina» contiene fundamentalmente ácido acetilsalicílico, además puede tener pequeñas cantidades de $CaCO_3$, $MgCO_3$ y MgO que neutralizan el ácido.

Carácter básico tienen: los óxidos metálicos en disolución; los hidróxidos; el NH_3 , en disolución; la lejía es una disolución de hipoclorito de sodio ($NaClO$); hay sales que tienen carácter básico como los carbonatos, bicarbonatos y las sales de ácidos débiles.

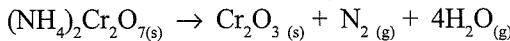
Los indicadores son substancias orgánicas que cambian de color según el pH del medio. Como indicadores también se pueden utilizar:

- El papel indicador universal que nos da toda la escala de pH.
- Si cocemos col lombarda en agua durante 15 minutos y filtramos el líquido obtenido nos sirve de indicador.
- El extracto de flores de colores brillantes como la buganvilla o la rosa. Se machacan las flores y se les añade una mezcla preparada con la misma cantidad de etanol y acetona. El extracto coloreado pasara al disolvente. Se filtra y ya tenemos el indicador preparado.

130. El volcán



El dicromato de amonio cuando se calienta se descompone en óxido de cromo (III) que es de color verde, nitrógeno y vapor de agua, según la siguiente reacción de oxidación-reducción:



El dicromato de amonio se coloca en forma de montón sobre una superficie refractaria (un ladrillo) y si es necesario se pulveriza con mucho cuidado ya que es explosivo. Se enrolla un trozo de papel pequeño, se moja con alcohol y lo situamos clavado en el montoncito de dicromato. Se bajan las persianas, se aleja a los alumnos del volcán y se enciende la mecha. La reacción comienza enseguida y vemos un verdadero volcán en acción, el dicromato, que es de color naranja, se transforma en una substancia de color verde oscuro y que aumenta de volumen por efecto de los gases que se producen.

Si se le quiere dar mayor vistosidad se hace una montaña de tierra y en la parte superior se pone el dicromato.

131. Un gas que cambia de color



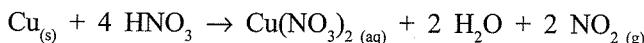
El ácido nítrico reacciona con determinados metales produciendo NO_2 , que es un gas de color pardo y bastante tóxico. Este gas a bajas temperaturas se dimeriza y se transforma en N_2O_4 , que es amarillento.

Procedimiento

Montamos un aparato como el de la figura. En el matraz erlenmeyer introducimos cobre y en el embudo de seguridad ponemos ácido nítrico concentrado. El dióxido de nitrógeno que se forma al añadir el ácido nítrico, que es más denso que el aire, se recoge en un tubo de ensayo hasta que todo él quede lleno de NO_2 . Se llenan así dos tubos y se tapan con un tapón de goma.

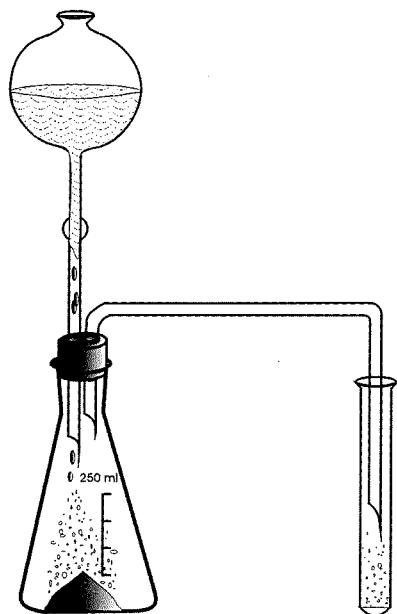
Se meten los tubos en dos vasos, uno de ellos con agua y cubitos de hielo, y el otro con agua recién hervida. Observaremos que el que se pone en agua fría va perdiendo color hasta quedarse ligeramente amarillo.

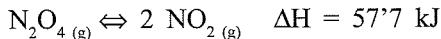
¿Qué sucede? El ácido nítrico es un oxidante fuerte, tanto en disoluciones concentradas como diluidas. Los productos formados dependen del tipo de reductor, así con el cobre, el plomo y la plata si está concentrado se forma NO_2 y si es diluido se forma NO que se oxida rápidamente a NO_2 . El cobre reacciona con el ácido concentrado según la reacción siguiente:



El NO_2 , que es de color pardo, está en equilibrio con el N_2O_4 , que es amarillo claro.

FIGURA 72
Obtención de óxidos de nitrógeno





El equilibrio anterior es endotérmico y por tanto a bajas temperaturas está desplazado hacia la izquierda y a temperaturas altas hacia la derecha.

Sugerencias

Esta experiencia se puede hacer utilizando una moneda que contenga cobre (las de color dorado lo tienen). Poco a poco se observa que la moneda va deshaciéndose. Si después se quiere recuperar lo que quede de la moneda se tiene que lavar bien con agua.

¡Advertencia! Esta experiencia se debe realizar en un lugar bien ventilado o en una campana de gases, dado la toxicidad de los óxidos de nitrógeno que se desprenden. No tirar el líquido sobrante por la fregadera sin neutralizarlo antes (con sosa, por ejemplo).

132. El azúcar se convierte en carbón



En un vaso pequeño de precipitados se pone azúcar finamente dividido y poco a poco se le añade ácido sulfúrico concentrado, de manera que cubra el azúcar. Se observa que el azúcar se transforma aumentando mucho de volumen y nos aparece una espectacular columna sólida de color negro.

El ácido actúa como deshidratante y extrae el agua del azúcar (la sacarosa) y lo transforma en carbón. Al ser un proceso exotérmico el agua pasa a vapor, que esponja el carbón obtenido.

133. Cambio de color por hidratación



El cloruro de cobalto (II) es una substancia que cambia de color según el grado de humedad ambiental. Se prepara una disolución de unos 2 g de cloruro de cobalto (II) y 1 g de cloruro de sodio en 100 cm³ de agua. Se sumerge un trozo de papel de filtro en ella y se deja secar. En los días húmedos el papel tendrá color rosa y en los secos, azul.

Entre otras aplicaciones, se puede utilizar esta propiedad para comprobar que las hojas de las plantas pierden agua y que lo hacen normalmente sólo por una de sus caras, que es la que tiene los estomas. Para ello, se mojan dos hojas de papel en la disolución de cloruro de cobalto (II) en agua y se dejan secar hasta que se vuelvan azules. Una vez secas, se colocan ambas hojas de papel en las dos caras de la hoja de la planta que se quiera estudiar, fijando las tres con un par de pinzas de la ropa. Se espera 15 minutos y se observa lo que ha pasado.

134. Poder reductor de la glucosa



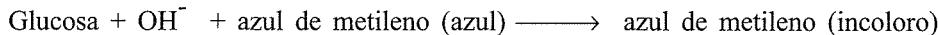
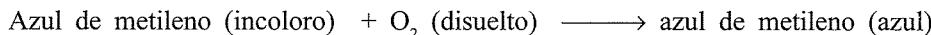
Se trata de un ejemplo que por su espectacularidad atrae la atención de los alumnos y permite ver una reacción en la que se combina un proceso redox con la disolución del oxígeno del aire.

Procedimiento

Se disuelve en un matraz provisto de un tapón 8 g de KOH en 300 ml de agua. Se enfriá la disolución y se añaden 10 g de glucosa, se agrega una pizca de azul de metileno en polvo y se tapa.

La disolución inicialmente de color azul se torna incolora al cabo de unos segundos. Si se agita con fuerza el color azul aparece de nuevo. Los cambios de color se suceden varias veces, aunque hay que quitar el tapón de vez en cuando para renovar el oxígeno del interior.

¿Qué sucede? El poder reductor de la glucosa se manifiesta al reducir en medio alcalino al azul de metileno que en su forma oxidada es de color azul e incoloro en su forma reducida. Cuando se agita se favorece la disolución del oxígeno del aire que pasa al azul de metileno a su forma oxidada (azul) y así continua el ciclo. Con el tiempo la solución toma un color pardo típico de la reacción de Moore.



Sugerencias

La cantidad de azul de metileno ha de ser muy pequeña, aproximadamente del tamaño de una cabeza de cerilla. Se puede hacer también añadiendo unas gotas del azul de metileno en solución acuosa.

135. Reacciones de oxidación-reducción (REDOX)



Aunque el término oxidación proviene de ganar oxígeno, por ejemplo en las combustiones o en la corrosión del hierro ($\text{Fe} + \text{O}_2 \Rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$), y el de reducción de la pérdida de peso, por ejemplo en la obtención de metales a partir de sus óxidos, cuando se habla de reacciones redox normalmente se piensa en transferencia de electrones, en pilas y en la electrólisis. Un ejemplo muy sencillo y espectacular es el siguiente: $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \Rightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$

Procedimiento

Se prepara una disolución en agua de sulfato de cobre (II), quedando de color azul (por los iones Cu^{2+}). Una espátula de CuSO_4 en 100 cm^3 de agua es suficiente. Se introduce en el vaso de precipitados en el que está la disolución un clavo de hierro (no de acero) y se espera unos instantes. A simple vista se aprecia como el clavo se va tornando dorado por el cobre que se deposita y la disolución se va decolorando y virando hacia el pardo, por la formación de iones Fe^{2+} . Si la disolución inicial de sulfato de cobre es muy concentrada no se apreciará cambio de color.

136. Construcción de pilas. Pila de Volta

Una de las aplicaciones más interesantes de las reacciones de oxidación-reducción es la fabricación de pilas.

La famosa pila (de apilar) de Volta se construye con discos de cobre y de zinc, apilados alternativamente y con un disco de cartón humedecido (en el original de cuero), entre los sucesivos metales.

En la práctica se pueden sustituir los discos de cobre por monedas de cobre-níquel (los antiguos duros o monedas de veinte duros) y los de zinc por monedas de níquel (la de cincuenta o doscientas pesetas) o por discos de papel de aluminio.

- Se recortan los discos de cartón, cartulina o papel de filtro (y los de aluminio, si hace falta) usando como muestra las monedas y se empapan con una disolución de sal en agua, sin que lleguen a gotear.
- Se colocan las monedas y los discos unos encima de otros siempre en el mismo orden: cobre, cartón, níquel, repitiendo la operación diez veces o más. Es conveniente limpiar bien las monedas o lijarlas para que haya buen contacto.
- En los extremos inferior y superior se sujetan con cinta adhesiva sendos trozos de cable con los extremos pelados.
- Para que la pila no se deshaga al menor descuido se ha de sujetar enrollándola con cinta adhesiva.

Sugerencias

Una vez construida la pila se puede probar acercando en la oscuridad los extremos libres de los trozos de cable y viendo como salta la chispa. También uniéndolos a un diodo luminiscente (LED) y comprobando la polaridad (los diodos dejan pasar la corriente eléctrica en un sentido, pero no en el otro). Existen en el mercado unos zumbadores que suenan con intensidades de corriente muy pequeñas, que también pueden servir para comprobar el funcionamiento de la pila.

Por último se puede utilizar un polímetro para medir el voltaje de cada pila elemental (conjunto cobre, cartón, níquel) y de la batería que forman todas ellas.

137. Pila de patata

Se puede construir una pila muy sencilla con una patata (o un limón) en la que se clavan dos barritas de cobre y de zinc sin que se toquen. El zinc se puede conseguir de una pila salina en desuso (ver pila salina) y el cobre del interior de un cable. Si se hace con un limón, es aconsejable apretarlo previamente para que se rompan las paredes interiores. Se puede comprobar su funcionamiento por cualquiera de los métodos anteriores sin más que conectar el polímetro o el zumbador mediante unas pinzas de cocodrilo.

138. Pila Daniell



La forma más sencilla de construir una pila de Daniell ($\text{Zn}/\text{Zn}^{+2} \parallel \text{Cu}^{+2}/\text{Cu}$) consiste en introducir dos láminas, una de cobre y otra de zinc, en un vaso de precipitados que contiene una disolución de sulfato de cobre. Si se conecta esta pila a un voltímetro se observa que el voltaje va decreciendo con el tiempo hasta hacerse cero como consecuencia de que el cobre tiende a depositarse directamente sobre la lámina de zinc.

Para evitar este problema hay que separar la dos semirreacciones en dos vasos diferentes, pero uniéndolos con un puente salino para evitar el desequilibrio de carga eléctrica en los recipientes. En el vaso que contiene el electrodo de zinc aparecería un exceso de carga positiva por el desprendimiento de los iones Zn^{2+} y en el del cobre la disolución quedaría cada vez con más carga negativa al depositarse los iones Cu^{2+} .

El montaje sería como el de la figura. En un vaso se coloca una lámina de zinc sumergida en una disolución 1 mol/dm³ de sulfato de zinc, y en otro una lámina de cobre en una disolución 1 mol/dm³ de sulfato de cobre (II). Las disoluciones pueden tener otros valores en su concentración y la pila funcionará igualmente bien, pero si queremos que el voltaje de la pila se aproxime a su valor nominal la concentración ha de ser 1 mol/dm³, ya que los potenciales estándar de electrodo se miden a esa concentración.

Como puente salino se puede utilizar un tubo en U lleno con una disolución de una sal que no interfiera en el proceso, como el cloruro de potasio, y colocando un poco de algodón en cada extremo del tubo. Para colocarlo se tapan los extremos con los dedos índices, se le da la vuelta y se sumerge a la vez en los dos vasos que contienen las disoluciones respectivas de iones cobre y zinc. Más sencillo todavía, aunque menos eficiente es empapar una tira de papel de filtro en la disolución salina y colocarla doblada en forma de U sobre los dos recipientes de manera que los extremos queden sumergidos en las soluciones.

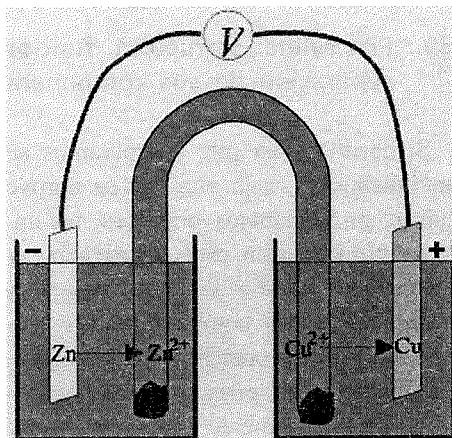
También se podrían separar las dos disoluciones en el mismo recipiente con una membrana semipermeable, como aparece en algunos manuales, pero es mucho más fácil de conseguir y de montar un tubo en U o una tira de papel de filtro.

Sugerencias

Si en lugar de un voltímetro se coloca un amperímetro (el polímetro como amperímetro) se puede medir la intensidad de corriente que circula. Si además se anota la intensidad cada cierto tiempo, es posible calcular la cantidad de carga eléctrica que se ha transferido de un electrodo a otro y relacionarla con la masa que pierde el electrodo de zinc.

FIGURA 73

Pila de Daniel



También es posible comparar resultados con y sin puente salino o con los dos electrodos en el mismo recipiente. Igualmente se puede observar que ocurre cuando se sumerge el electrodo de zinc en la solución de iones cobre o viceversa.

139. Pila salina: estructura, funcionamiento y separación de sus componentes



Si abrimos una pila y sepáramos sus componentes podemos entender mejor su funcionamiento, a la vez que se aprovechan los elementos que la constituyen para realizar otros trabajos prácticos, en un ejercicio real de reciclaje.

La propuesta en esta experiencia, es la de coger una pila de petaca gastada y separar todos sus componentes.

Las pilas de petaca de 4,5 V están formadas por tres pilas salinas colocadas en serie. Precisamente utilizaremos una pila de petaca que ya hayamos gastado en otras experiencias de electricidad para estudiarla.

La pila salina es la pila corriente de 1,5 V, que antiguamente se la conocía por pila Leclanché en honor a su inventor. Está formada por una barra de grafito (ver figura 75) rodeada de dióxido de manganeso (MnO_2), que hace de polo positivo. El polo negativo es una carcasa de zinc (Zn) que envuelve toda la pila y la contiene. Como electrolito se utiliza una disolución de cloruro de amonio (NH_4Cl) en agua.

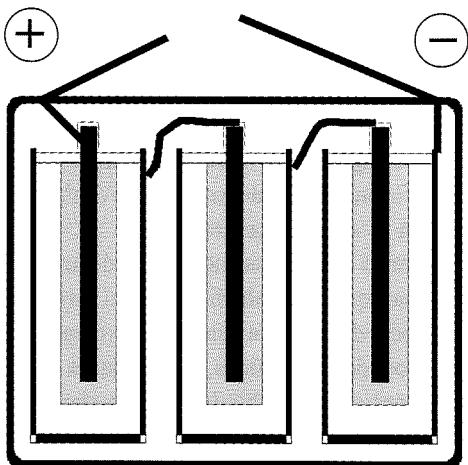
Esta pila se llama también seca porque la disolución de cloruro de amonio se mezcla con una substancia absorbente, serrín por ejemplo, y con cloruro de zinc ($ZnCl_2$) que es higroscópico y ayuda a mantener la humedad, con lo que se forma una pasta húmeda, pero que no gotea.

La pila queda estanca gracias a un tapón de plástico (aunque todavía se encuentran pilas cerradas con brea), que sirve también para aislar los dos polos. Para separar una pila de otra en la petaca se utilizan cartones. Si la pila va suelta se recubre toda ella con una lámina de plástico, salvo los dos extremos para hacer contacto.

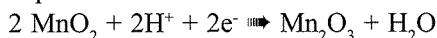
Las reacciones que tienen lugar en la pila son:

FIGURA 74

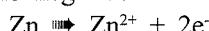
Pila de petaca



Polo positivo:



Polo negativo:



Los H^+ provienen del ion amonio ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$). El amoníaco que se desprende es muy soluble en agua, pero aun así, por ser un gas su acumulación hincharía la pila hasta reventarla, si no fuera porque reacciona con el Zn^{2+} del cloruro de zinc o con el que se va formando en el polo negativo, dando lugar a un ion complejo, el tetraamino zinc (II), $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. De todas formas es bien conocido por todos que estas pilas acaban hinchándose.

Procedimiento

Empezaremos por abrir la tapa de la pila de petaca y veremos que está formada por tres pilas conectadas en serie (ver figura 74). Si la pila no está del todo gastada podemos comprobar el voltaje que suministra en conjunto y cada una de las pilas individuales por separado.

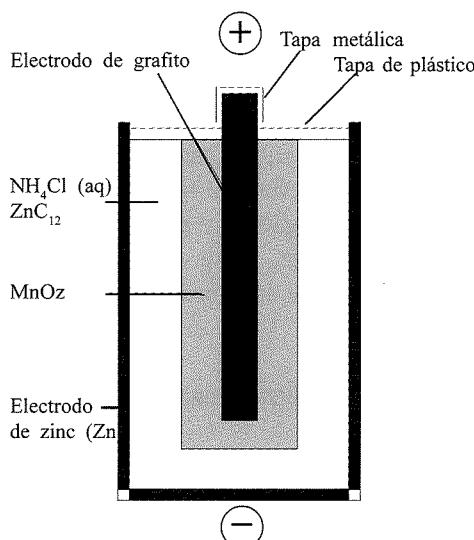
A continuación quitamos el tapón de plástico de cada pila y con ayuda de unas tijeras de electricista cortamos (¡cuidado con los accidentes!) un lateral de la cubierta de zinc, de arriba abajo. Todo este proceso lo hemos de realizar encima de un papel de periódico, ya que la mezcla que nos encontramos dentro de la pila es una pasta negruzca que ensucia mucho (no digamos si la tapa en lugar de plástico es de brea, que es pegajosa).

Separamos y limpiamos la barra de grafito por un lado y la carcasa de zinc por otro. Guardaremos ambos ya que la barra de grafito nos servirá como electrodo en diversas prácticas de electrólisis, y el zinc nos puede servir también como electrodo, o como metal en otras experiencias de química (reactividad de metales, estequiométría de las reacciones —con HCl —, producción de hidrógeno, etc.)

Nos queda la mezcla pastosa y negruzca que podemos utilizar como ejemplo de mezcla para proceder a su separación, junto con el cartón que se utiliza para separar internamente los dos electrodos. Si introducimos la mezcla en un vaso con agua podemos separar el cartón, se diluyen las sales, se suspende el serrín y, finalmente, si decantamos, nos quedan en el fondo del vaso los óxidos de manganeso.

FIGURA 75

Pila seca



El líquido decantado lo podemos filtrar y comprobar que contiene iones de zinc, cloro y amonio. El óxido de manganeso lo podemos utilizar como catalizador de la descomposición del agua oxigenada (ver experiencia núm. 100).

Sugerencias

En los primeros años de secundaria se pueden separar los componentes de la pila (electrodo de grafito y carcasa de zinc) para su utilización posterior, como una manera de potenciar actitudes favorables hacia el reciclaje. También diferenciar el polo positivo del negativo y asociarlos a los dos electrodos.

Más adelante, si se estudia la separación de mezclas, se pueden separar los componentes de la mezcla electrolítica.



Utilizar guantes cuando se esté cortando la cubierta de zinc.

140. Construcción de una pila salina

La forma más sencilla consiste en introducir una barra de grafito (de una pila previamente desmontada o una mina de lápiz) y una lámina de zinc en una disolución 1 mol/dm³ de cloruro de amonio, pero desde luego no se consigue una pila “seca”.

Si se ha desmontado una pila salina se puede intentar sin mucha dificultad construir una. Si se han guardado el electrodo de grafito y la camisa de zinc se pueden reutilizar, si no se ha de conseguir una lámina de zinc y una mina de lápiz gruesa, como barra de grafito. Además se necesita carbón activo (negro de carbón), dióxido de manganeso y cloruro de amonio.

- En un recipiente de plástico, como los envases de los carretes fotográficos, se coloca la lámina de zinc ajustada a la pared (no hace falta que la cubra toda, pero es conveniente) y que alcance el borde para poder engancharle una pinza de cocodrilo.
- Se prepara la mezcla de carbono y óxido de manganeso (IV) en la proporción de 2 a 5, humedeciéndola con la disolución acuosa concentrada de cloruro de amonio, hasta que se obtiene una pasta blanda, pero que no gotee.
- Se envuelve esta pasta en un trozo de papel de filtro que se haya cortado con las dimensiones del interior del recipiente, dándole forma de cilindro. Se reviste con otro papel de filtro y se introduce dentro de la lámina de zinc (para que entre bien el cilindro ha de ser un poco más delgado que el hueco que deja el zinc). Por último se añade un poco de la disolución de cloruro de amonio para empapar el papel de filtro y que haya buen contacto entre la pasta y el zinc.

- Se clava la barra de grafito en medio de la pasta y, a continuación se comprime la mezcla contra el fondo y las paredes.
- Se sella con cera (de una vela) de forma que sobresalga la barra de grafito y la lámina de zinc. Ahora, con pinzas de cocodrilo se puede conectar donde interese.

141. Descomposición de compuestos por la electricidad: la electrólisis

En una pila, la energía liberada en una reacción química se convierte en energía eléctrica. El dispositivo inverso es una celda electrolítica, donde se aporta energía eléctrica para que tenga lugar una reacción química.

Ya se ha visto en propiedades características que los ácidos, las bases y las sales (electrólitos) disueltos en agua conducen la corriente eléctrica, ya que en el agua se separan en sus iones total o parcialmente.

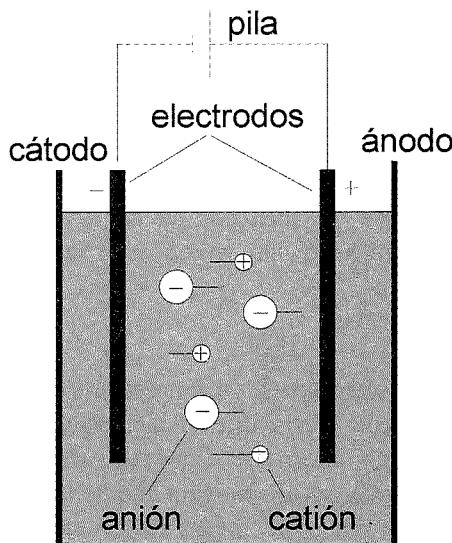
Al colocar una disolución salina en un vaso de precipitados en el que se han introducido dos electrodos (por ejemplo de grafito, de platino, de cobre, etc.) conectados a un generador de corriente continua (al conjunto le llamamos celda electrolítica, ver figura), como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos, los iones positivos (cationes) se dirigen hacia el electrodo negativo (llamado en la electrólisis, cátodo), mientras que los iones negativos (aniones) se dirigen hacia el electrodo positivo (llamado ánodo).

En la disolución hay, pues, un doble movimiento de iones, que constituye la corriente eléctrica. A diferencia de la conductividad en los metales, donde se mueven únicamente los electrones, en la conductividad electrolítica se mueve la carga conjuntamente con la partícula que la porta (ión).

Cuando llegan los iones a los electrodos la corriente eléctrica los descarga, de manera que se forma el elemento correspondiente, que si es sólido se deposita en el electrodo (el cátodo) y si es un gas se desprende.

FIGURA 76

Celda electrolítica



celda electrolítica

142. Electrólisis del agua



En el agua acidulada (ácido sulfúrico diluido en agua al 10%, para hacerla conductora), cuando es atravesada por una corriente eléctrica entre los electrodos de platino, en el cátodo se desprende hidrógeno (H_2) y en el ánodo oxígeno (O_2 , aunque es transportado por el SO_4^{2-}) del agua. Es decir, se descompone el agua en sus dos elementos

Procedimiento

Una manera tradicional de llevar a cabo esta experiencia ha sido mediante el voltímetro de Hoffmann, que es una celda electrolítica con una forma especial que permite recoger los gases cuando se desprenden y medir su volumen. Consiste, básicamente, en dos tubos graduados unidos en forma de U, con llaves de paso (A y B, mirar la figura 77). Estos tubos van unidos a un tercero que tiene un depósito esférico (C). Los electrodos se colocan en unos alojamientos en la parte de abajo de los tubos graduados (D y E).

Antes de conectar la corriente se introduce la disolución a la que se hará la electrólisis por la parte de arriba (C) con las llaves de los tubos abiertas, hasta que queden llenas. A continuación se cierran las llaves y se conecta la corriente (aproximadamente 6 V de corriente continua). Si se desprenden gases, quedarán recogidos en los tubos y se podrá medir su volumen.

Si no se dispone de este aparato se puede montar un dispositivo como el de la figura 76 con dos tubos de ensayo (si son grandes y/o graduados, mejor). Si no se dispone de electrodos de platino se pueden utilizar otros, por ejemplo, de hilo de cobre (sacado de un cable) o de grafito (de una pila gastada), aunque no funcionan tan bien en la electrólisis del agua. Los tubos de ensayo se llenan con la disolución acidulada, se tapan con un dedo y se introducen boca abajo sobre los electrodos. A continuación hay que lavarse bien las manos.

Sugerencias

El voltímetro de Hoffmann, ya que su nombre es equívoco, también puede utilizarse para medir intensidades de corriente eléctrica a partir del volumen de gases desprendidos, del tiempo de conexión, de las condiciones de presión y temperatura del laboratorio, y del conocimiento de los valores del Número de Avogadro y de la carga del electrón. O al revés, si con un polímetro medimos la intensidad de corriente, es posible calcular el Número de Avogadro.

Algunas preguntas que se pueden hacer a los alumnos son:

FIGURA 76

Electrólisis del agua

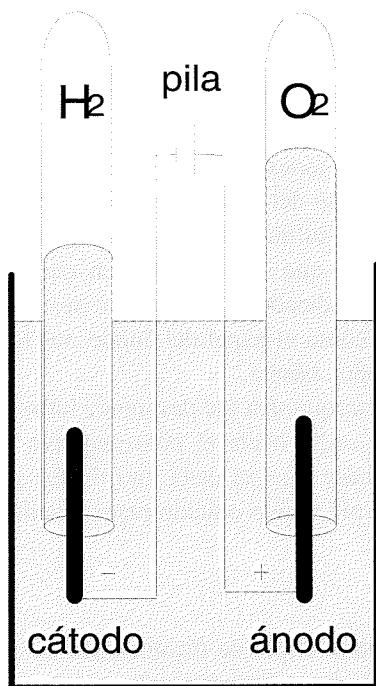
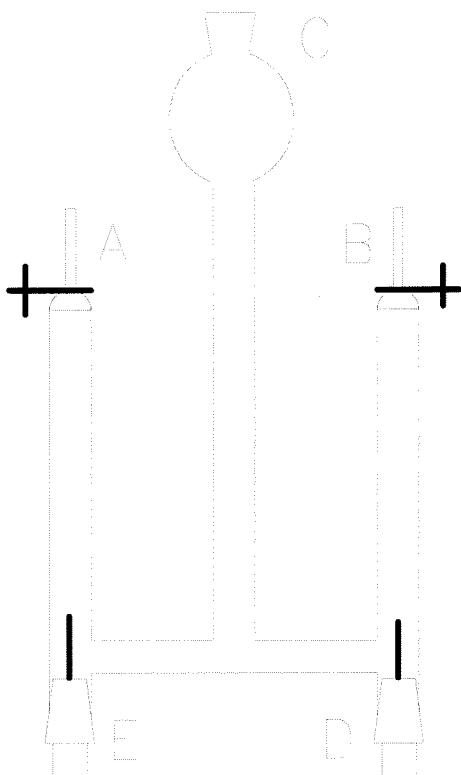
celda para la electrólisis
del agua

FIGURA 77

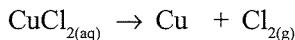
Voltámetro de Hoffmann



Al recogerse los dos gases (O_2 y H_2) por separado, ¿en qué proporción de moléculas los obtendremos?, ¿dónde se desprende el oxígeno?, ¿Cuál es el electrodo positivo?

143. Electrólisis del cloruro de cobre (II) ($CuCl_2$)

En este caso, a diferencia de la electrólisis del agua acidulada, lo que se deposita en el ánodo y el cátodo no es oxígeno e hidrógeno, sino los iones (cloro y cobre) de la sal disuelta en el agua, ya que estos últimos necesitan un voltaje inferior. Si se utiliza otra sal de cobre, como el sulfato de cobre (II) lo que obtendremos es cobre y oxígeno.



Para comprobarlo, se monta una celda como la de la figura anterior donde se pone la disolución de cloruro de cobre (II) y se conectan los dos electrodos de grafito (que hemos conseguido al separar los componentes de una pila de petaca) a una fuente de alimentación a unos 6 V, durante unos 10 minutos.

144. Electrólisis del sulfato de sodio (Na_2SO_4)



Es idónea para comprobar el movimiento de los iones en una celda electrolítica.

Se prepara una celda electrolítica, como en el caso del cloruro de cobre (II), pero ahora en un tubo en U. Al realizar la electrólisis del sulfato de sodio, los iones sodio y sulfato se mueven hacia sus respectivos electrodos que ahora están bien separados. Si se colocan en cada boca del tubo dos papeles indicadores ácido-base se observa al cabo de un rato (depende del voltaje aplicado) cómo el papel del ánodo nos indica que la disolución se vuelve ácida y el del cátodo, básica.

¿Qué sucede? Paralelamente a la reacción electroquímica (se desprende hidrógeno y oxígeno), hay un desplazamiento de los iones sodio hacia el polo negativo y de los iones sulfato hacia el polo positivo, lo que hace que en cada uno de los polos la disolución inicialmente neutra aparezca con un pH básico o ácido respectivamente.

Sugerencias

Se puede pedir a los estudiantes que comprueben el pH de disoluciones de ácido sulfúrico, de hidróxido de sodio, de sulfato de sodio y de agua sola, y los anoten en un papel aparte en una tabla como la de abajo, para compararlos con el que aparece en los electrodos.

| | Ácido sulfúrico | Hidróxido de sodio | Sulfato de sodio | Agua sola | Electrodo positivo (después del paso de la corriente) | Electrodo negativo (después del paso de la corriente) |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------|---|---|
| Color del indicador | | | | | | |
| pH (ácido, básico o neutro) | | | | | | |

Con estas experiencias se pretende que los alumnos conozcan las diferentes operaciones básicas de química, como: extracción líquido-líquido, extracción sólido-líquido, filtración, decantación, evaporación, destilación y cristalización. Igualmente es un objetivo el que los alumnos conozcan el nombre y manejen el material más corriente de laboratorio.

145. Extracción líquido-líquido



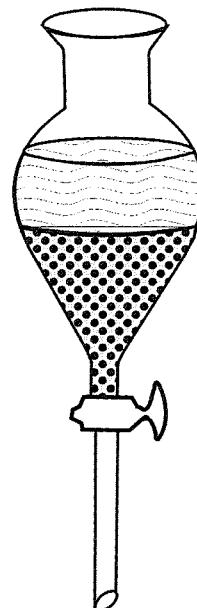
Se preparan 50 ml de una disolución acuosa diluida (solo una punta de espátula) de violeta de cristal. La ponemos en un embudo de decantación y añadimos 30 ml de un disolvente orgánico: diclorometano, cloroformo, éter etílico, tetracloruro de carbono, etc.

Se pone un tapón en la boca superior, invertimos el embudo, lo agarramos por la boca superior con la mano izquierda y con la derecha por la llave. Agitamos primero suavemente y abrimos la llave para dejar escapar algo de vapor. Cerramos la llave y volvemos a agitar, esta vez enérgicamente, durante unos minutos abriendo la llave de vez en cuando. Siempre con el embudo en posición invertida, es decir con la llave hacia arriba.

Dejamos reposar unos minutos hasta que las dos fases se separen, entonces las separamos dejando salir la fase inferior por la llave y la otra fase la podemos retirar por la boca superior del embudo.

FIGURA 79

Embudo de decantación



Sugerencias

La disolución acuosa de violeta de cristal no debe prepararse excesivamente concentrada, ya que sino la extracción no se realiza totalmente y las dos fases quedan coloreadas de azul. Entonces en el momento de la separación no resulta fácil distinguir la línea de separación de las dos fases.

El violeta de cristal se puede sustituir por otro colorante como azul de metileno, o bien yodo sólido. En cualquier caso el soluto ha de ser más soluble en el disolvente con el que se quiere extraer que en el agua. Al final, los alumnos han de tener claro que la fase más densa será la que se sitúe abajo que en ocasiones será el agua y en otras el disolvente orgánico.

En muchas ocasiones quedan pequeñas gotas de disolvente (coloreadas de azul) en el seno de la fase acuosa (casi incolora) y/o una gota gruesa en la línea de separación de las dos fases. Acostumbran a despegarse ésta y caer las otras con un suave movimiento de giro.

Si se quiere hacer una extracción sólido-líquido, véase la práctica 181 de obtención de aceite de pipas de girasol.

146. Filtración a través de un filtro de arena

En primer lugar hay que proveerse de grava pequeña procedente de algún edificio en construcción. Se separan dos o tres tamaños de piedras aproximadamente uniformes. Se lavan bien con agua y se dejan secar.

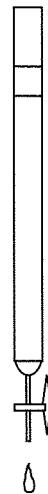
Se coloca una columna de vidrio provista de llave y con algún medio filtrante. Se pone en la columna una capa de arena lavada y luego sucesivas capas de gravilla por tamaños de menor a mayor. Luego se filtra agua turbia dejándola caer lentamente manteniendo la llave medio cerrada.

Sugerencias

La arena lavada la venden en el proveedor habitual de productos químicos. Si se quiere sustituir por arena de mar y lavarla en el laboratorio habrá que hacerlo

FIGURA 80

Filtro de arena



bastantes veces con agua y otras tantas con clorhídrico diluido hasta que no se produzca efervescencia, ¡ah! y armarse de mucha paciencia.

Esta experiencia se puede hacer en el laboratorio cuando se estudie la potabilización del agua.

147. Separación de una mezcla de sal común y arena

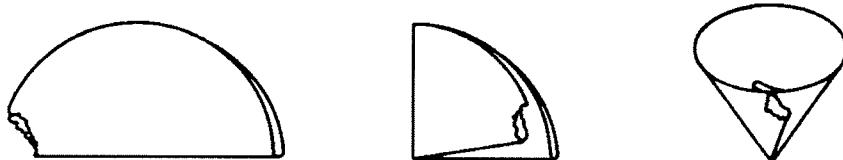
El objetivo es separar una mezcla de arena y sal común, y recuperar la mayor parte posible de ambos componentes.

Se prepara una mezcla de unos 5 g de cada componente en un vaso de precipitados previamente tarado y se mezclan bien. Se añaden 100 ml de agua destilada y se agita para conseguir que toda la sal se disuelva. Dejamos decantar la arena y separamos el agua que sobrenada filtrándola a través de un papel de filtro.

Se pone la disolución en una cápsula previamente tarada y se deja evaporar el disolvente en una estufa, al aire o a la llama suave de un mechero. Cuando el agua haya evaporado totalmente se pesa la sal recuperada. Por otro lado se deja secar la arena en una estufa o al aire y pesamos la cápsula. Luego determinamos el porcentaje de arena y sal recuperados.

FIGURA 81

Preparación de un filtro liso



Sugerencias

Un filtro liso se puede preparar cortando un círculo de papel de tamaño mayor que el embudo que se va a utilizar. Se dobla por la mitad y se rompe con la mano una de las puntas. Se dobla otra vez por la mitad sin dejar que el extremo roto llegue a la misma altura que el otro. Luego se abre y se coloca de modo que la parte rota se pegue a la pared del embudo.

El filtro liso se utiliza preferentemente cuando se desean mejores filtraciones. Va más lento que el de pliegues.

Si la disolución se evapora a la llama de un mechero ha de hacerse muy suavemente de manera que no hierva ni salpique gotas que harían perder soluto. Para asegurarnos que no se pierde soluto se puede tapar parcialmente la cápsula con un vidrio de reloj, lo que obliga entonces también a tararlo.

Se puede comprobar que no queda más sal en la arena lavándola con agua destilada y recogiendo el agua. A esta se le echa unas gotas de disolución de nitrato de plata y se observa si precipita cloruro de plata.

148. Separación de una mezcla de sal y limaduras de hierro

Se prepara una muestra de 4 g de sal y 6 g de limaduras de hierro. Se añade un poco de agua destilada y se agita para disolver completamente la sal. Decantamos la disolución y lavamos varias veces las limaduras para que no queden restos del agua con sal. Se filtra la solución con un filtro de pliegues sobre una cápsula tarada, se evapora el disolvente, se pesa el residuo y se calcula el porcentaje de sal recuperada. Las limaduras de hierro se secan en estufa o al aire y se pesan.

Es posible seguir otro método sin utilizar agua separando en primer lugar el hierro con ayuda de un imán. Se pueden comparar los dos métodos para ver cuál es más efectivo.

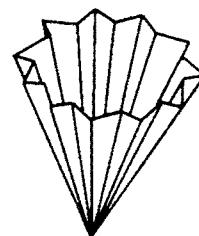
Sugerencias

El filtro de pliegues se hace con un papel circular de mayor tamaño que el embudo donde se va a colocar y se dobla por la mitad, luego otra vez por la mitad, de modo que se dobla en cuatro partes, para obtener ocho partes, luego otra vez por la mitad y obtener 8 pares y una última vez para obtener 16 partes.

El filtro de pliegues es más rápido que el liso ya que tiene más superficie de filtración.

FIGURA 82

Filtro de pliegues



149. Separación de sal común y yodo



Se pone en una cápsula una cantidad de sal y rápidamente otra cantidad igual de yodo. Hay que tener en cuenta que el yodo sublima fácilmente de modo que conviene separarlo lo más pronto posible. Se pone sobre la cápsula un matraz de fondo redondo con agua fría y todo ello se calienta muy suavemente hasta que sublima el yodo y se condense en el fondo del matraz una cantidad suficiente para poder recogerlo. El yodo recuperado se devuelve al frasco para una posterior utilización.

Sugerencias

Otra forma posible de separación es: añadir un disolvente orgánico como cloroformo a la mezcla. El yodo se solubilizará en él mientras que la sal no. Luego se seca la sal (a la estufa o al aire en vitrina) y el yodo se recupera por cristalización de la solución (cristalización por sublimación).

150. Cristalización por disolución



La cristalización por disolución se basa en la formación de cristales a partir de una solución sobresaturada que se consigue por disolución de la sustancia deseada en caliente.

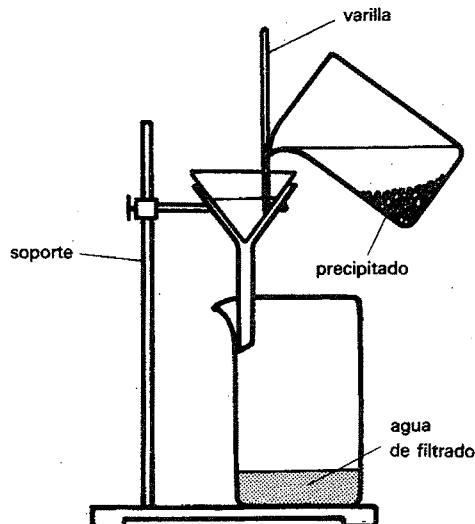
FIGURA 83

Técnica del filtrado

Procedimiento

Se prepara una disolución saturada disolviendo 40 g de sulfato de cobre (II) en 100 ml de agua destilada a 60°C. Se filtra en caliente con un filtro de pliegues y se recoge en un cristalizador o vaso de precipitados. Se siembra la disolución con un cristalito pequeño de la misma sustancia. Dejamos enfriar lentamente y en reposo, al día siguiente aparecen unos cristales rómbicos de color azul.

Se filtra con un embudo Büchner si es necesario y secamos los cristales cuidadosamente con un papel de filtro.



Sugerencias

Cuando se cristaliza el sulfato de cobre, no es conveniente preparar una disolución excesivamente próxima a la saturación, es decir hay que evitar que la sal cristalice en la varilla con la que se agita o en el mismo filtro. El cristal que se añade como siembra ha de ser lo más perfecto posible, de forma romboidal, separado de anteriores cristalizaciones. Conviene vigilar el cristal porque si la disolución es demasiado diluida se puede disolver.

Es posible determinar las moléculas de agua de cristalización por pérdida de agua. Para ello lo mejor es tomar una porción de la sal en un tubo de ensayo tarado, pesar y calentar a la llama directa del mechero. Cuando el CuSO_4 se vuelve blanco (vigilar que esté también blanco por el interior, no sólo por la superficie) pesamos de nuevo y por diferencia se determinan las 5 moléculas de agua de cristalización.

El sulfato de cobre es nocivo por ingestión y por contacto con la piel. Especial cuidado hay que tener si es anhidro, pues hay que evitar respirar el polvo.

151. Destilación de vino

Se monta un equipo como el de la figura, provisto de matraz, cabeza de destilación, termómetro, refrigerante, alargadera, vasos, gomas y matraz colector. Se pone en el matraz de destilación unos trozos de porcelana porosa, perlas de vidrio o piedra pómmez, para regular la ebullición. Se añaden 150 ml de vino, se conecta una goma al grifo (en contracorriente) y la otra al desagüe y se comienza la calefacción. El final del bulbo del termómetro ha de quedar justo a la altura de la salida del refrigerante.

Se mide las variaciones de temperatura con el tiempo, anotando especialmente la temperatura cuando comienza a resbalar la primera gota por la parte alta del refrigerante. Luego se representan los datos en una gráfica temperatura-tiempo. Se termina la ebullición cuando la temperatura alcanza y mantiene los 100 °C, momento en el que la porción que destila es totalmente agua.

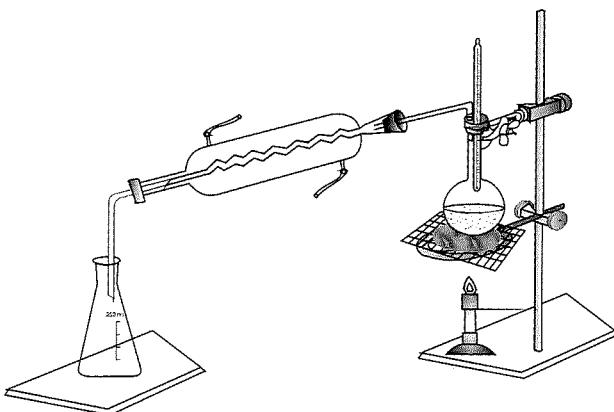
¿Qué sucede? Dado que el vino es una mezcla homogénea formada mayoritariamente por agua, alcohol, azúcares, ácidos (tartárico, málico, láctico..), sales y colorantes, no destila a una temperatura fija (si fuese una sustancia pura el punto de ebullición no variaría). El comienzo se sitúa en torno al punto de ebullición del etanol (78°C). Si la riqueza en etanol del vino está en el 12%, la fracción que se obtiene es de un 35-40%.

Se puede determinar aproximadamente el grado alcohólico del vino si partimos del supuesto que todo el alcohol del vino ha sido destilado. Entonces por regeneración del destilado con agua hasta alcanzar el mismo volumen de partida se obtiene un líquido cuya densidad es parecida a la del vino. Luego se mide la densidad llenando

un matraz aforado pequeño previamente tarado y volviéndolo a pesar lleno del destilado mezcla de agua y etanol. Una vez hallada la densidad se consulta una tabla de densidades de una mezcla de agua y etanol y se lee el porcentaje de alcohol.

FIGURA 84

Destilación



Sugerencias

Se puede apreciar el olor vinoso del destilado alcohólico, incluso se puede probar (el profesor), lo mismo que el residuo que queda en el matraz. La destilación separa los sabores opuestos del vino, el destilado representa el sabor azucarado (y una parte del sabor ácido) y el residuo los ácidos, amargos y salados. El destilado es pastoso, algo dulzón y muy alcohólico. El residuo es ácido, amargo, muy desagradable.

El calentamiento puede ser fuerte al principio, pero cerca del comienzo de la destilación la temperatura se dispara por lo que es necesario estar muy atento, y calentar suavemente. Se puede poner un matraz de destilación de dos bocas y en la otra se coloca un termómetro introducido en el vino para controlar mejor el aumento brusco de temperatura.

152. Separación de pigmentos vegetales por cromatografía sobre papel

La cromatografía es la técnica de separación de mezclas de sustancias, basada en la diferente velocidad con que se mueve cada uno de los componentes, a través de un medio poroso, arrastrados por un disolvente en movimiento.

En un erlenmeyer, preferiblemente de boca ancha, o en un vaso de precipitados se colocan unos 10 ml de éter etílico y se tapa con un vidrio de reloj. Aparte, si

no se dispone de capilares ya hechos, se preparan unos cuantos con un tubo de vidrio calentado a la llama de un mechero. Cuando el vidrio esté blando, se estira hacia ambos lados y al enfriar queda formado el capilar.

Se trituran en un mortero unas hojas verdes (espinacas, acelga o algo similar) con un poco de arena lavada y un poco de acetona hasta que ésta quede coloreada.

Se corta una tira de papel de filtro de una anchura y longitud tal que entre bien en el erlenmeyer y no sobresalga por encima de él, como indica la figura. Se traza sobre el papel una línea recta (línea base) con un lápiz a una distancia de 1 cm o 1,5 cm en sentido transversal.

Se toma, con la ayuda de un capilar, un poco de líquido que sobrenada en el mortero y se vaciará sobre la línea base.

Se deja evaporar y si la mancha es muy pequeña o está muy diluida se vuelve a hacer otra aplicación. La mancha no ha de quedar excesivamente gruesa de modo que sobresalga exageradamente de la línea recta.

Se coloca el papel dentro del erlenmeyer o el vaso de precipitados y se tapa de nuevo. La línea base siempre ha de estar por encima del nivel del líquido, ya que de otro modo los componentes de la muestra se mezclarían rápidamente con el líquido eluyente.

Según asciende el líquido, aparecen una serie de bandas, que de arriba a abajo son: verde de clorofila, amarillo de xantofila, grises de productos de degradación de la clorofila y una última amarilla de carotenos.

FIGURA 85

Cromatograma

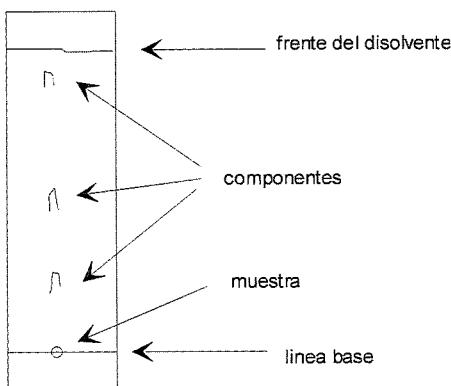
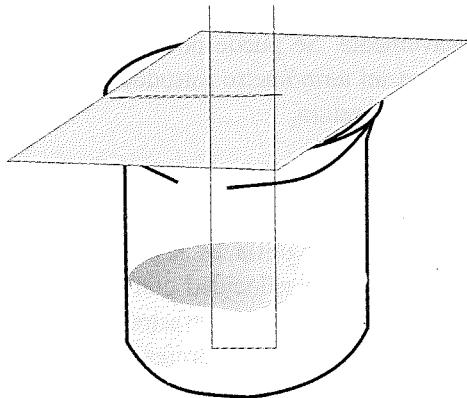


FIGURA 86

Cromatografía de papel



153. Separación de los componentes de una tinta por cromatografía



Se mancha un trocito de papel con sendos rotuladores de color negro. Se ponen en un tubo de ensayo con una mezcla a partes iguales de etanol y agua. Entretanto se prepara sendos erlenmeyers con un dedo de una mezcla variable de etanol y agua, se tapa con un vidrio de reloj. De la misma manera que se indica en la práctica anterior se corta una tira de papel de filtro.

Pasados unos minutos cuando el disolvente se haya teñido se hace una aplicación sobre el papel de filtro o una placa de gel de sílice y se introduce en el erlenmeyer. Acabada la elución se saca el papel y se observa la separación de varios colorantes, suelen aparecer: amarillo, rojo, azul oscuro, naranja, fucsia, lila, amarillo verdoso, etc.

Sugerencias

Se ha de preparar la cubeta o el erlenmeyer y taparlo antes de iniciar la práctica para que la atmósfera interior se sature de vapor del líquido eluyente.

Luego de hacer la aplicación sobre el papel, ha de evaporarse el disolvente antes de introducirlo en el erlenmeyer. Si la disolución fuese muy diluida habrá que hacer dos o más aplicaciones dejando evaporar el disolvente entre ellas.

Si el papel es ancho se pueden hacer dos aplicaciones, pero en ningún caso han de hacerse cerca de los laterales del papel (dejar al menos 1 ó 1,5 cm). Este no ha de perder su rigidez y doblarse dentro del erlenmeyer, si así fuera habría que cogerlo con el borde del erlenmeyer. Para sujetarlo verticalmente también se puede pasar por una rendija hecha en una tapa de cartón rígido, que entonces sustituiría al vidrio de reloj. El papel se retira de la cubeta antes de que el eluyente llegue al extremo superior.

La práctica sale mejor sobre un soporte de capa fina. Las casas comerciales venden placas de 20 × 20 cm de gel de sílice sobre lámina de aluminio, a un precio no muy alto, de las que se pueden cortar tiras fácilmente.

En la experiencia de los extractos vegetales, los componentes extraídos son muy lábiles y se destruyen rápidamente por lo que un dibujo coloreado de lo que se observa es necesario. Por la misma razón es conveniente hacer la práctica al abrigo de la luz.

La descomposición en distintos colores no sucede con todos los rotuladores del mercado, parece que la generación anterior de rotuladores gruesos es más proclive a la separación que la última de punta fina. También se puede probar con tinta para plumas.

Los eluyentes a utilizar pueden variar según el tipo de rotulador, de ahí que el disolvente elegido para disolver la mezcla en el tubo de ensayo es una orientación de la polaridad del eluyente. La regla general de que la polaridad del disolvente ha

de ser análoga a la de la muestra a separar es siempre útil. Si se elige un disolvente apolar como el ciclohexano para eluir una muestra polar, los componentes de la misma no se moverían del punto de aplicación. Más abajo figura una lista de disolventes ordenada según su polaridad.

TABLA NÚM. 10

Escala de polaridad (en orden creciente hacia abajo)

Hexano, éter de petroleo
Ciclohexano
Tetracoruro de carbono
Benceno
Tolueno
cloroformo
Éter etílico
Acetona
Propanol
Etanol
Metanol
Agua
Ácidos en agua



154. Observación de células vegetales: epidermis de la cebolla

El objetivo es obtener, teñir y observar células vegetales para estudiar sus principales estructuras. Hay que tener en cuenta que para observar cualquier muestra al microscopio, ésta ha de ser totalmente transparente, por tanto se han de buscar muestras de las cuales se puedan obtener láminas finas como es el caso de la epidermis del bulbo de la cebolla (*Allium cepa*).

Procedimiento

Se arranca con las pinzas un poco de tejido que recubre la parte cóncava de una de las capas de la cebolla, de forma que quede transparente (la muestra ha de ser pequeña). El tejido se coloca sobre un porta-objetos y se añade una gota de agua destilada para que no se arrugue. Se tinge la muestra echando unas gotas (2-4) de azul de metileno sobre ella hasta que quede bien cubierta dejando actuar el colorante unos tres minutos. Se escurre el colorante sobrante y se lava con agua destilada hasta que el agua quede transparente. Se coloca una gota de agua destilada sobre la preparación para que ésta no quede arrugada y se coloca el cubre-objetos encima, secando el agua que sobre con un papel de filtro. Se debe observar primero con el objetivo de menor aumento (4x) y a continuación cambiar al siguiente, si se desea verlo más aumentado.

Sugerencias

Al colocar el cubreobjetos se debe apoyar sobre el portaobjetos por una de sus aristas y después se deja caer oblicuamente acompañándolo con una aguja enmangada para evitar la formación de burbujas de aire.

Se pueden dibujar las células observadas al microscopio y dar nombre a las estructuras: pared celular, núcleo adosado generalmente a la pared y citoplasma. En muchas células observadas, en el núcleo se ven unas estructuras muy teñidas que

son los nucleolos. Se puede observar también que no todas las células tienen la misma forma y tamaño debido al crecimiento. La observación de la epidermis con una gota de lugol es muy sencilla y práctica

155. Observación de estomas: la epidermis de la hoja de lirio

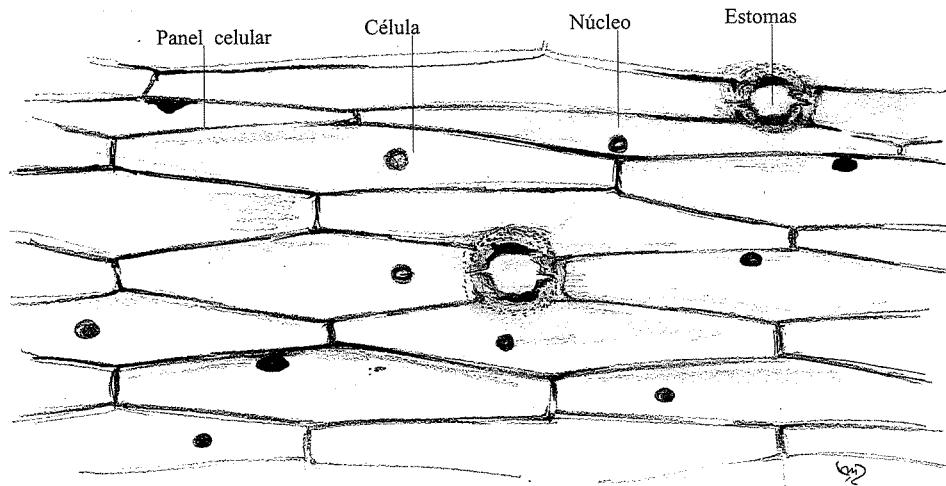
Los estomas permiten regular la circulación de gases: CO_2 , O_2 y H_2O (g) entre el interior y el exterior de la planta.

Procedimiento

Se toma una hoja y con una navaja se hace una pequeña incisión transversal en la misma. Con unas pinzas de punta fina o sencillamente con los dedos se estira uno de los bordes en el sentido longitudinal de la hoja, procurando que sea transparente y sin restos verdes. La epidermis se enrollará inmediatamente por lo que se coloca sobre un portaobjetos con una gota de agua. Si la muestra es grande se corta en varios trozos. Se echan unas gotas (2-4) de azul de metileno sobre la muestra hasta que quede bien cubierta dejando actuar el colorante unos tres minutos. Se escurre el colorante sobrante y se lava con agua destilada hasta que el agua quede transparente. Al echar el agua con la botella o con un cuentagotas, se ha de fijar la preparación

FIGURA 87

Epidermis y estomas



con la aguja enmangada para evitar arrastrarla. Se coloca una gota de agua destilada sobre la preparación para que ésta no quede arrugada y se coloca el cubreobjetos encima, secando el agua que sobre con un papel de filtro. Se debe observar primero con el objetivo de menor aumento (4x) y a continuación cambiar al siguiente, si se desea verlo más aumentado.

156. Observación de una semilla

Para observar cómo es una semilla se cogen tres o cuatro semillas de judía, garbanzo, lenteja... y se dejan dos o tres días en un recipiente con agua. Despues, con unas pinzas, se arranca la piel (formada por dos capas) y se parten en dos para buscar el germen, se observan los dos cotiledones, donde la semilla almacena los nutrientes que la planta utilizará cuando comience a crecer.

Con una lupa se observará el embrión (planta en miniatura) en el que se distinguen dos hojas pequeñas (tallo embrionario) y la raíz embrionaria. Es interesante observar también semillas de monocotiledóneas (trigo, cebada, maíz) y compararlas con las dicotiledóneas.

157. Germinación de una judía

La finalidad de esta práctica es observar el crecimiento de una nueva planta a partir de la semilla.

Procedimiento

Se ponen seis u ocho judías en remojo un día entero. Se prepararán dos recipientes transparentes y se coloca en el fondo algodón humedecido. Se introducen las semillas que estaban en remojo entre el algodón. Mantenemos uno a la luz y otro en la oscuridad. Se prepara un tercero con tierra de jardinería y se colocan las semillas a germinar. Se observa como germinan día a día: la plántula con la radícula y las primeras hojas (cotiledones) y posteriormente las verdaderas hojas. Se pueden comparar las diferencias entre las semillas del tiesto y las del recipiente de cristal al cabo de una, dos y tres semanas,... Se comprueba que la oscuridad no influye en la germinación de las semillas.

Sugerencias

Los factores ambientales, tales como la luz, la humedad y la temperatura, condicionan el desarrollo de la vida. Para ello compararemos la germinación de unas semillas de judía en unas condiciones normales con la de otras judías puestas en

condiciones diferentes. Se colocan los recipientes con las semillas en diferentes situaciones: en estufa, en la nevera, en algodón seco,...

Se puede utilizar otras clases de semillas, como los ajos o cualquier leguminosa.

158. Seguimiento de reproducción vegetativa

Se puede obtener una nueva planta no únicamente a partir de la germinación de una semilla sino mediante la reproducción asexual o vegetativa. La finalidad de esta práctica es observar el ciclo vital, es decir las sucesivas fases de reproducción y crecimiento de diversos vegetales partiendo de diferentes estructuras: tallo (patata o esqueje) y raíz.

Procedimiento

Para observar el crecimiento del tallo a partir de una sustancia de reserva caulinar (del tallo), se coloca una patata (tubérculo) con grillos o yemas en un recipiente de cristal lleno de agua, aguantándola con palillos al borde del mismo, de manera que le cubra una tercera parte de agua y que algunos grillos queden en la parte superior en contacto con el aire. Se observará el crecimiento de las primeras hojas (cotiledones) y en sentido inverso las raíces. A los pocos días aparecen las hojas verdaderas y se caen los cotiledones (con aspecto de hoja pequeña).

Para observar el crecimiento del tallo a partir de un esqueje (rosal, menta, geranio...) con un cuchillo se cortan brotes jóvenes de no más de cinco centímetros, que tengan 4 o 5 nudos con hojas y se planta el esqueje en una maceta manteniendo la humedad y las condiciones de luz. Con posterioridad se observará los brotes de las nuevas hojas.

Para observar también el crecimiento de un tallo a partir de las raíces (zanahorias, remolachas y nabos), se pone un trozo de raíz sin hojas de unos 5 cm en un recipiente poco profundo con agua sujetándolo con unos palillos en el borde del mismo. Se observará que se producen gran cantidad de hojas, pero no se formará una nueva planta.

159. Observaciones con musgo

Con unas pinzas, se coge un trozo pequeño de musgo y se pone con una gota de agua entre el portaobjetos y el cubreobjetos. La observación con el microscopio permite ver las células marcadas por la pared de celulosa y los cloroplastos de color verde en el interior de las células. Con una lupa binocular se puede observar musgos con los esporangios dependiendo de la época del año y las condiciones de humedad.

FIGURA 88a

Esporangios de musgo
Rhodobryum sp

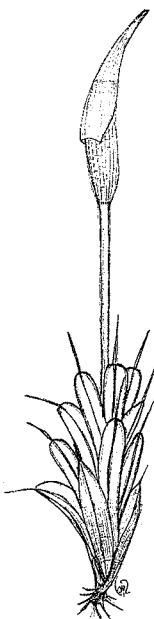
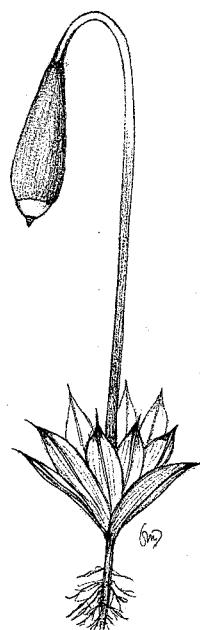


FIGURA 88b

Esporangios de musgo
Tortula muralis



160. Los árboles. Los 25 principales

Esta práctica pretende observar y determinar en el aula los árboles más comunes del paisaje mediterráneo continental, de los márgenes de nuestros ríos o de nuestros jardines urbanos.

Procedimiento

Se recolectan muestras que comprendan una rama con un mínimo de tres hojas, con la flor o el fruto si es posible. Se recogen del suelo los frutos secos, si los hay. Se anota el lugar de recolección, altura del árbol o arbusto.

Se distribuye por grupos o individualmente la siguiente tabla de determinación de árboles basada en claves dicotómicas:

1a. Con hojas aciculares. Perennes. Su fruto es la piña individual que cuelga de la rama.

consulta 2

1b. Con hojas sin forma de aguja . Perennes o caducos. Producen otras clases de frutos.

consulta 3

2a. Hojas cortas, menos de 10 cm y 1/2 mm de anchura, delgadas y blandas. Agrupadas de 2 en 2. Color verde claro. Piña grande superior a 8/12 mm × 3,5 mm y curvada respecto a la rama.

Pinus halepensis

2b. Hojas solitarias, con cuatro ángulos y puntiagudas. Piña pequeña de 10- 15 cm, ligeramente curvada y con escamas delgadas en forma de rombo.

Picea excelsa

3a. Hojas muy pequeñas y inferiores a 6 mm de longitud superpuestas. Caducas. Inflorescencia en racimo. Arbusto con abundantes flores pequeñas de color blanco o rosado. Viven en suelos poco consolidados o salinos.

Tamarix sp

3b. Hojas más largas, superiores a 6 mm, no imbricadas.

consulta 4

4a. Hojas compuestas: yemas, flores o frutos en la base de las hojas, no de los folíolos.

consulta 5

4b. Hojas simples: yemas, flores o frutos en la base de las hojas.

consulta 9

5a. Ramas espinosas. Entre 11 y 23 folíolos por hoja. Las hojas no terminan en zarcillo. Caducas. Con dos espinas en la base del pecíolo. Flores blancas, papilionáceas y de unos 2 cm, agrupadas en racimos colgantes. Su fruto es una legumbre.

Robinia pseudoacacia

5b. Ramas sin espinas.

consulta 6

6a. Folíolos dentados, lanceolados, grandes, en disposición palmeada siguiendo los 5-7 nervios principales. Ramas y hojas opuestas. Caducas. Flores blancas o rosadas en racimos erectos cónicos. Fruto parecido a la castaña, espinoso. Cultivada.

Aesculus hippocastanum

6b. Folíolos formados a partir de las divisiones de un único nervio principal, con o sin dientes.

consulta 7

7a. Hojas y ramas opuestas. Con 5-9 folíolos dentados y elípticos, de punta alargada. Caducas. Frutos en sámaras, con una sola semilla alada que cuelgan en grupos compactos.

Fraxinus oxyacarpa

7b. Hojas y ramas alternas. Folíolos enteros.

consulta 8

8a. Folíolos pares, pequeños y elípticos. Hojas coriáceas, brillantes y perennes. Raquis, nervio principal, con alas. Aspecto arbustivo. Flores verdes y sin pétalos. Fruto de unos 4 mm, redondo, primero rojo y en la madurez negro.

Pistacia lentiscus

8b. Folíolos impares, grandes y ovalados. Olor penetrante. Nervios bien marcados. Hojas caducas. Inflorescencias masculinas en amentos colgantes y las femeninas más pequeñas. Fruto en nuez recubierto de una pulpa o piel de color verde.

Juglans regia

9a. Sus frutos son las bellotas.

consulta 10

9b. Sus frutos son unas piñas pequeñas y pedunculadas dispuestas en grupos, primero verdes y más tarde negras y abiertas que persisten largo tiempo en el árbol. Hojas tan largas como anchas de 5 a 9 nervios secundarios. Caducas. Flores masculinas, en amentos colgantes y flores femeninas.

Alnus glutinosa

9c. No produce frutos de estas características.

consulta 11

10a. Hojas enteras o con dientes espinosos, muy coriáceas, más blancas en el envés. Perennes. Nervios secundarios (12 a 20) más o menos alternos. Cara inferior de las hojas piloso-algodonosa. Árbol sin corcho.

Quercus ilex

10b. Hojas lobuladas o dentadas, poco coriáceas. Verdes por las dos caras. Caducas, que persisten en el árbol secas durante el invierno. Nervios secundarios paralelos. El fruto, las bellotas están revestidas por un involucro formados por escamas cortas, peludas y triangulares.

Quercus faginea

11a. Hojas enteras o dentadas.

consulta 14

11b. Hojas profundamente divididas, lobuladas (3-7 lóbulos).

consulta 12

12a. Hojas pequeñas con tres lóbulos obtusos no dentados. Glabras (sin pelos), y coriáceas. Caducas. Pecíolo largo y delgado. Parte inferior de la hoja mate o blanca. La infrutescencia se compone de frutos glabros con dos alas muy próximas.

Acer monspessulanum

12b. Hojas grandes, generalmente con más de tres lóbulos dentados. Pecíolo bastante largo, grueso o ensanchado en la base.

consulta **13**

13a. Hojas palmeadas con lóbulos dentados agudos y pilosas en fase juvenil y luego glabras. Flores en amentos esféricos. Fruto seco formado por una bola estéril largamente peciolada. Caducas. Corteza cubierta de una piel que se va desprendiendo paulatinamente.

Platanus x hybrida

13b. Hojas con lóbulos fina e irregularmente dentados y redondeados. Aterciopeladas, pilosas, en el envés. Caducas. Fruto carnoso, el higo. Aspecto arbustivo de corteza blanca.

Ficus carica

14a. Hojas enteras, sin dientes.

consulta **15**

14b. Hojas dentadas.

consulta **16**

15a. Hojas lanceoladas, rígidas, blanco-plateadas por la cara inferior y frecuentemente un poco torcidas. Perennes. Flores blancas. La variedad silvestre es espinosa y de aspecto arbustivo y la variedad cultivada produce un fruto comestible, la oliva.

Olea europaea

15b. Hojas alternas dispuestas en dos hileras, lineales y planas. De color verde oscuro y más pálidas en el reverso. La base del pecíolo se prolonga formando una tira que se adhiere al tallo. Perennes. Su fruto está recubierto por una pulpa carnosa de color rojo-pardo (arilo).

Taxus baccata

16a. Con dos tipos de hojas. Unas son pequeñas brácteas lanceoladas y sin dientes donde se sitúa el pedúnculo de las inflorescencias ascendentes (tila). Las otras hojas son más grandes, 3-14 cm, asimétricas, acorazonadas y acabadas en punta larga y estrecha. Caduca.

Tilia sp

16b. Con un solo tipo de hojas.

consulta **17**

17a. Hojas asimétricas en la base consulta 18

17b. Hojas no asimétricas consulta 19

18a. Hojas con limbo redondeado y extremo agudo. Con dos clases de dientes. Remarcada asimetría en la base del pecíolo. Caducas. Nervios rectos y paralelos. Fruto pequeño con una ala alrededor de la grana.

Ulmus minor

18b. Hojas pecioladas, alternas con limbo ovadolanceolado y acabado en una punta larga. Caducas. Su fruto es una drupa redonda (<10 mm) y de color negro en la madurez, comestible.

Celtis australis

19a. Hojas claramente blanquecinas en la cara inferior. Limbo redondeado o dividido en 3-5 lóbulos. Caducas. Pecíolo cilíndrico. Flores amentosas. Fruto ligero provisto de pelos para poder ser diseminado por el viento.

Populus alba

19b. Hojas más o menos verdes en las dos caras. consulta 20

20a. Hoja alargada. consulta 21

20b. Hoja no alargada. consulta 22

21a. Hojas pequeñas, blandas, con limbo lanceolado acabado en una punta estrecha, con mayor anchura en la mitad basal. Dientes finos. Estípulas, pequeñas hojitas, caducas en la base de la hoja. Caducas. Ramas largas y flexibles, especialmente en la variedad mimbrera. Puede presentar aspecto arbustivo. Inflorescencia amentosa.

Salix sp

21b. Hojas grandes, unos 20 cm, rígidas y relucientes con limbo lanceolado ancho. Dientes espinosos. Caducas. Nervios rectos y paralelos. Flores masculinas amentosas. Produce castañas reunidas de tres en tres y recubiertas por un vellón espinoso. .

Castanea sativa

22a. Hojas grandes redondeadas, acorazonadas en la base del pecíolo y acabadas en punta en el extremo opuesto. Pilosas y con dos clases de dientes. Caducas. Con nervios secundarios muy marcados y paralelos. Pecíolo corto. Aspecto arbustivo con varios troncos principales. Flores masculinas amentosas. Su fruto es comestible, la avellana, y se presenta recubierto por hojas.

Corylus avellana

22b. Hojas más pequeñas.

consulta **23**

23a. Hojas con dos clases de dientes. Limbo triangular y puntiagudo, recto en la base. De color verde claro y sin pelos. Ramas jóvenes colgantes. Caducas. Corteza del tronco blanca. Frutos pequeños formados por una grana con dos alas y agrupados en una pequeña piña alargada.

Betula Alba

23b. Hojas finamente dentadas. Limbo triangular sin pelos. De color verde intenso por las dos caras y relucientes. Caducas. Pecíolo aplanado. Flores masculinas amentosas con 12 o más estambres. Fruto ligero provisto de pelos para poder ser diseminado por el viento.

Populus nigra

Sugerencias

La lista puede reducirse a conveniencia. Por otra parte al no ser exhaustiva y fundamentarse en el análisis y la comparación de un grupo de muestras previamente seleccionadas, puede plantear problemas para la determinación de un ejemplar en solitario.

Es muy útil para favorecer la observación dibujar las hojas, flores o frutos de los árboles analizadas. Puede medirse el limbo de las diferentes muestras, contar los folíolos y cuantificar su variabilidad, es decir el margen de variación del número de ellos en el mismo o diferente árbol. Debe evitarse recoger ejemplares de hojas muy jóvenes.

Se recomienda realizar la práctica en primavera y como complemento del trabajo en el campo. Se observará si la floración y la fructificación son anteriores, simultáneas o posteriores a la aparición de las hojas. Otra alternativa consistiría en prensar las plantas, realizar un herbario y disponer de ellas todo el año.

TABLA NÚM. 11

Glosario de botánica

| | |
|----------|---|
| ACICULAR | En forma de aguja, alargada y muy estrecha. |
| AMENTO | Inflorescencia racemosa con las flores muy juntas, generalmente unisexuales y sin brácteas envolventes. |
| ARILO | Carnosidad delgada o membranosa que recubre la semilla en mayor o menor parte. |
| BRÁCTEA | Hojas pequeñas, diferentes del resto, en cuyas axilas se formará una flor o inflorescencia. |

| | |
|----------|--|
| CADUCA | Referido a la hoja. Contrario de perenne. |
| CARPELO | Hoja embrionaria cuya suma constituye el pistilo de la flor. |
| DIOICA | Con flores unisexuales, es decir de dos tipos: masculinas y femeninas y situadas en diferentes lugares del árbol como en los pinos o bien árbol o arbusto con flores únicamente masculinas, que nunca dará fruto, o sólo con femeninas como en los chopos. Contrario de monoica. |
| DRUPA | Fruto carnoso simple como el melocotón formado por un solo carpelo con una sola semilla. La carne corresponde al mesocarpo y el hueso al endocarpo. |
| ESTÍPULA | Apéndices o accesorios de la hoja, generalmente láminares que suelen encontrarse en la base y a ambos lados de la hoja. |
| FOLÍOLOS | Subdivisiones de la hoja hasta el nervio principal en número par o impar. Para distinguir una hoja de un folíolo debe observarse que las flores, yemas o frutos están situadas entre el tallo y la base de la hoja, o en su axila, nunca en la base o axila de los folíolos. |
| GLABRO | Sin pelos. |
| GRANA | Semilla. |
| LIMBO | Parte de la hoja junto con la base y el pecíolo o mango que comprende la parte laminar. |
| PERENNE | Referido a la hoja. Árbol que se mantiene con hojas verdes durante todo el año. |
| PULPA | Tejido que constituye la casi totalidad de ciertos frutos carnosos y generalmente azucarado en su madurez. |
| SÁMARA | Fruto seco con una sola semilla, aplanado, con una ala para facilitar su dispersión por el viento e indehiscente, es decir que permanecen cerrados con la semilla en su interior. |

FIGURA 89

Acer monspessulanum

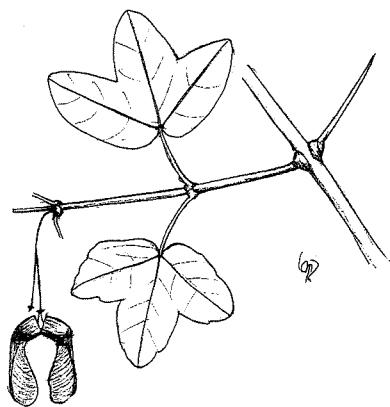


FIGURA 90

Aesculus hippocastanum
(hoja y fruto)

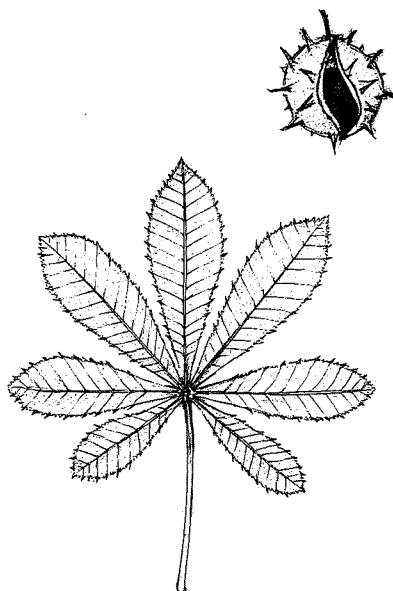


FIGURA 91

Aesculus hippocastanum
(inflorescencia)

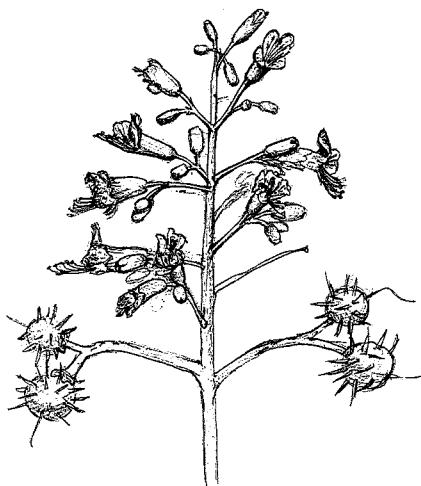


FIGURA 92

Alnus glutinosa

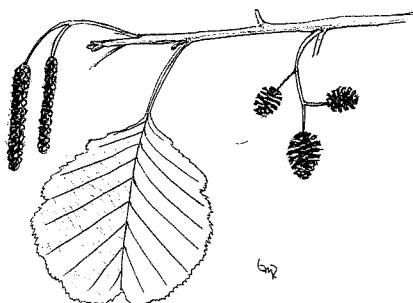


FIGURA 93

Betula pendula

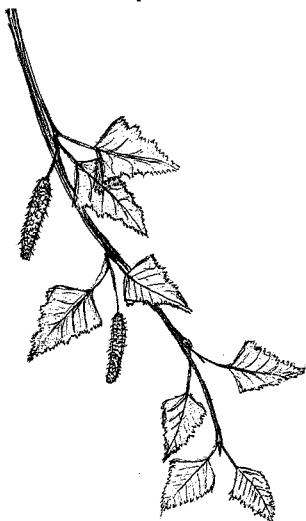


FIGURA 94

Castanea sativa

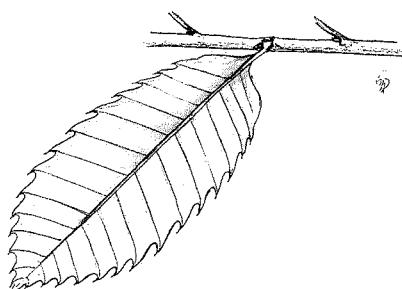


FIGURA 95

Celtis australis

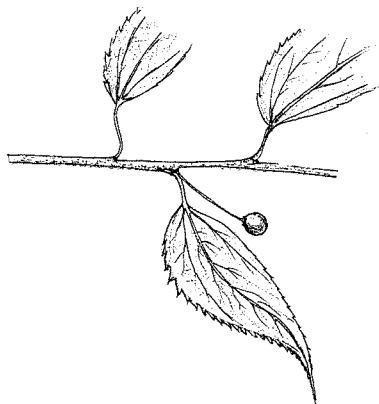


FIGURA 96

Corylus avellana

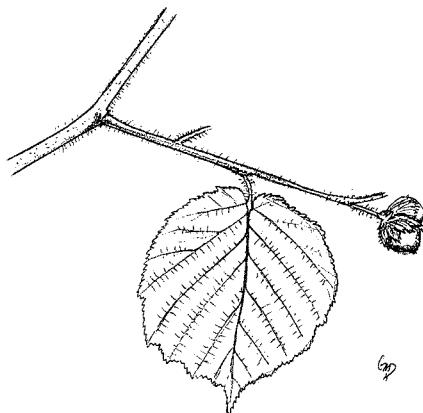


FIGURA 97

Ficus carica

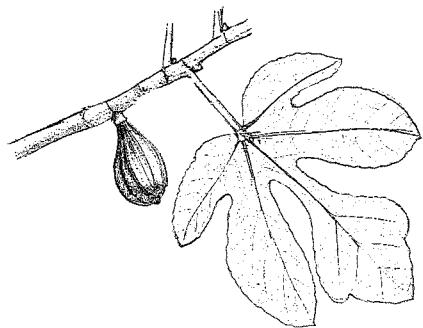


FIGURA 98

Fraxinus oxycarpa



FIGURA 99

Juglans regia

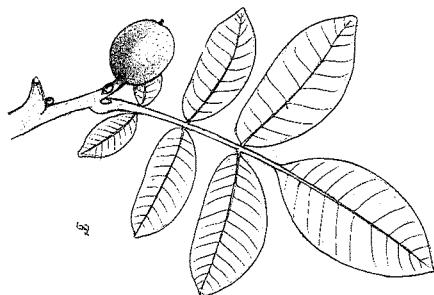


FIGURA 100

Olea europaea



FIGURA 101

Picea /Abies Excelsa

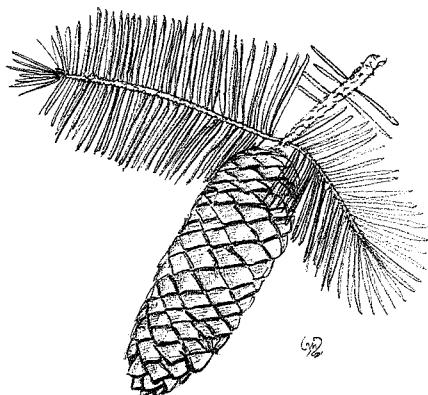


FIGURA 102

Pinus halepensis

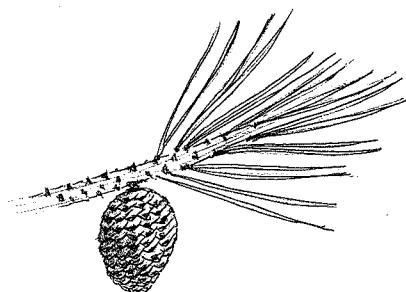


FIGURA 103

Pistacia lentiscus

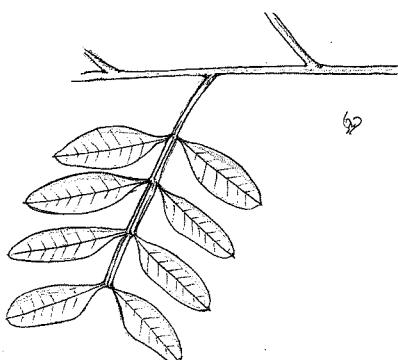


FIGURA 104

Platanus x hybrida

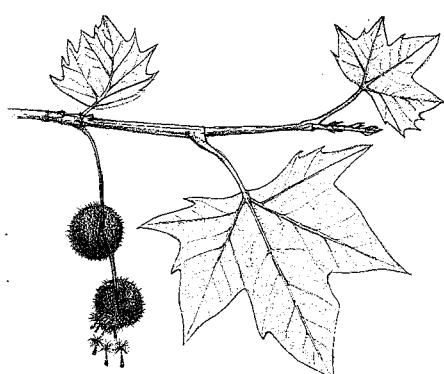


FIGURA 105

Populus alba

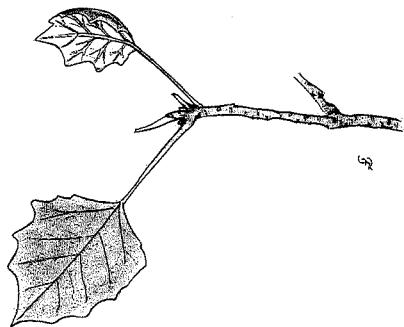


FIGURA 106

Populus nigra

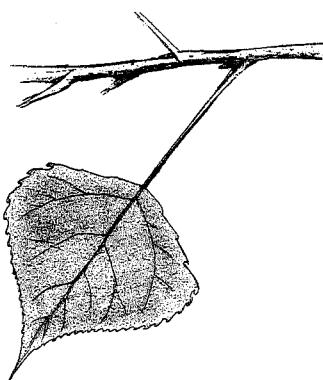


FIGURA 107

Quercus faginea

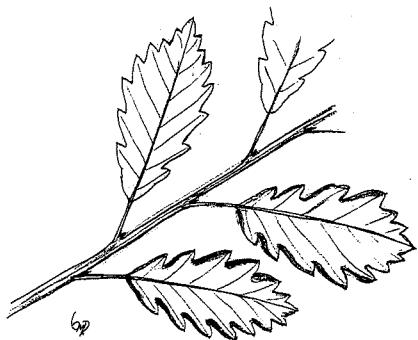


FIGURA 108

Quercus ilex

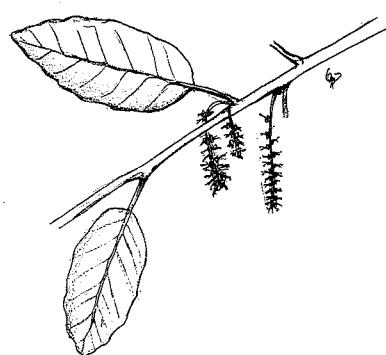


FIGURA 109

Robinia pseudo-acacia

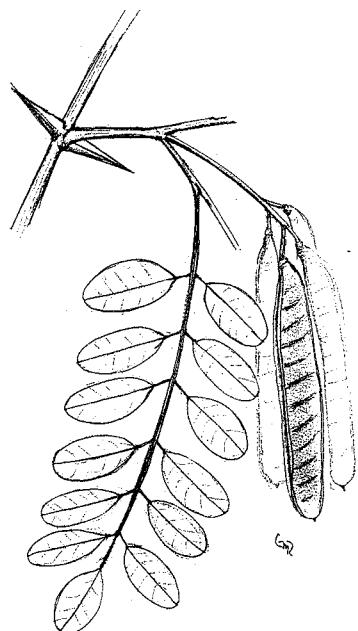


FIGURA 110

Salix alba

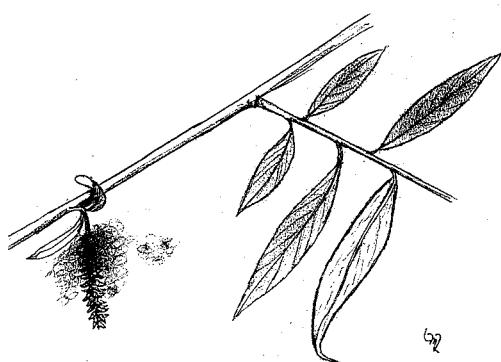


FIGURA 111

Tamarix sp.

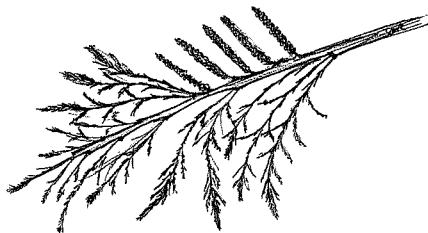


FIGURA 112

Taxus baccata

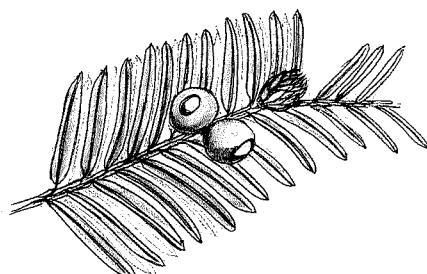


FIGURA 113

Tilia sp.

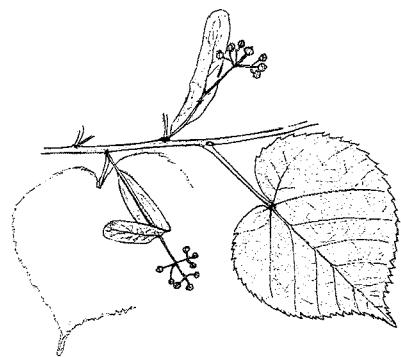


FIGURA 114

Ulmus minor



TABLA NUM. 12

Nombre de los árboles

| Nombre científico | Castellano | Catalán | Gallego | Vasco | Familia |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------|
| <i>Acer monspessulanum</i> | Arce de Montpellier | Auró negre | Eihar frantsesa | Aceraceae | |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> | Castaño de Indias | Castanyer d'Índies | Castanheiro do India | Indigaztainondoa | Hippocastanaceae |
| <i>Alnus glutinosa</i> | Aliso | Vern | Ameneiro | Altza | Betulaceae |
| <i>Betula pendula</i> | Abedul | Bedoll | Biduleiro | Urkhi | Betulaceae |
| <i>Castanea sativa</i> | Castaño | Castanyer | Castanheiro | Gaztainondoa | Fagaceas |
| <i>Celtis australis</i> | Almez | Lledoner | Lodoero | Almeza | Ulmaceas |
| <i>Corylus avellana</i> | Avellano | Avellaner | Aveleira | Urilitza | Betulaceae |
| <i>Ficus carica</i> | Higüera | Figuera | Figueira brava | Uztapiko/Pikondoia | Moraceae |
| <i>Fraxinus oxycarpa</i> | Fresno | | Freixe fulla petita | Lizarra | Oleaceas |
| <i>Juglans regia</i> | Nogal | Noguer | Nogueira | Inixaurreondo | Juglandaceae |
| <i>Olea europaea</i> | Acebuchete/Olivo | Ullastre /Olivera | Zambuje/Oliveira | Oliondo/Olibondoia | Oleaceas |
| <i>Picea/Abies Excelsa</i> | Árbol/Abeto de Navidad | Avet/Picea | Espruce europeu | Izei gorria | Pinaceas |
| <i>Pinus halepensis</i> | Pino carrasco | Pi blanc | Pinheiro de alepo | Aleppo pinua | Pinaceae |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | Lentisco | Lentiscle | Almacegueira | Legeltxoi/Gartxua | Terebinthaceas |
| <i>Platanus x hybrida</i> | Plátano | Plàtan | Plátano de sombra/Pradeiro | Platano arrunta | Platanaceas |
| <i>Populus alba</i> | Alamo blanco | Àlber | Sincero/Chopo prateado | Zumalakar/Zurzuria | Salicaceas |
| <i>Populus nigra</i> | Alamo negro | Pollancré | Choupo negro | Elitzun Belz/Makala | Salicaceas |
| <i>Quercus faginea</i> | Roble carrasqueño | Roure fulla petita | Carvallo | Háritz | Fagaceas |
| <i>Quercus ilex</i> | Encina | Alzina | Azineira | Abarra | Fagaceas |
| <i>Robinia pseudo-acacia</i> | Robinia/Acacia | Falça acàcia | Robinia/Falsa mimosa | Sasiarkazia | Papilionaceas |
| <i>Salix alba</i> | Sauce | Salze | Salgueiro branco | Zarika/Zume Zuria | Salicaceas |
| <i>Tamarix sp.</i> | Tamariz | Tamaratu | Tamargueira | Millazka | Tamaricaceas |
| <i>Taxus baccata</i> | Tejo | Teix | Teixo | Agin | Taxaceas |
| <i>Tilia sp.</i> | Tilo | Tilíer | Tilha | Ezku | Tiliaceas |
| <i>Ulmus minor</i> | Olmo | Om | Ulmiera | Zumar/Hostotxikia | Ulmaceas |

161. Microbiología de alimentos

Los hongos y otros microorganismos crecen en los alimentos. Se trata de observar la incidencia sobre el crecimiento fúngico de diferentes parámetros como, la humedad, los antibióticos, la sal, el pH y el azúcar.

Procedimiento

Se colocan trozos de alimentos en diferentes placas de Petri.

En la placa nº 1 se pone pan tierno. En la placa nº 2 se pone pan humedecido con H_2O destilada. En la placa nº 3 limón. En la placa nº 4 tomate. En la placa nº 5 tomate en solución salina. En la placa nº 6 tomate en una solución azucarada. En la placa nº 7 carne. En la placa nº 8 carne en una solución de antibiótico en H_2O destilada. En la placa nº 9 zanahoria. En la placa nº 10 zanahoria previamente hervida.

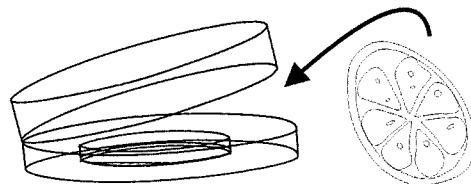
Se colocan todas las muestras tapadas en un lugar cálido y un poco protegido de la luz durante 15 días. Se realiza una observación al cabo de 7 días y una última a los 14 días. Se pueden obtener preparaciones microscópicas para observarlas con el microscopio.

¿Qué sucede? Como el agua es un factor limitante del crecimiento fúngico, en la placa 1 no hay crecimiento de hongos, pero sí en la 2, en la que se observan diferentes tipos.

Se observa un mayor crecimiento de hongos en los alimentos con pH ácido (limón). La placa con carne es un medio idóneo para bacterias pero no para hongos.

Los antibioticos inhiben el crecimiento bacteriano como puede comprobarse en las placas 7 y 8.

FIGURA 115
Crecimiento de microorganismos



El tratamiento térmico aplicado a los alimentos elimina el desarrollo de hongos y bacterias tal como se demuestra comparando las placas 9 y 10 y observando que no crecen hongos en la zanahoria previamente hervida.

162. Observación de mohos

Esta práctica permite desechar una vez más la idea preconcebida acerca de la generación espontánea y maravillarse con la observación de los esporangios.

Procedimiento

Para la realización de esta práctica se puede aprovechar las frutas, verduras o el pan de molde enmohecidos en nuestras neveras o bien humedecer un trozo de pan o practicar un corte en un limón. Para continuar el desarrollo de los hongos simplemente se espera unos días conservándolos en una atmósfera humedecida y templada. Se pueden colocar en un recipiente y taparlos para favorecer la condensación.

Transcurridos unos días se observarán en primer lugar a la lupa y se anota los diferentes tipos observados diferenciándolos por su color. Los más corrientes son los azulado-verdosos como el queso roquefort (*P. roquefortii*) que corresponden al hongo *Penicillium* del que se extrae la penicilina (*P. notatum*) y cuyos esporangios o conidióforos recuerdan a un pincel y de ahí le viene el nombre. Fácilmente encontraremos un moho blanco que corresponderá seguramente al *Mucor Mucedo*. La lupa nos permite ver que los mohos están formados por un tejido ramificado formado por unas células llamadas hifas que constituyen el micelio que se desarrolla en la superficie del alimento.

FIGURA 116A

Hifas y esporangios del moho *Penicillium*

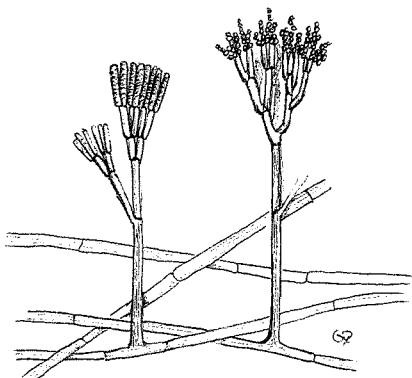
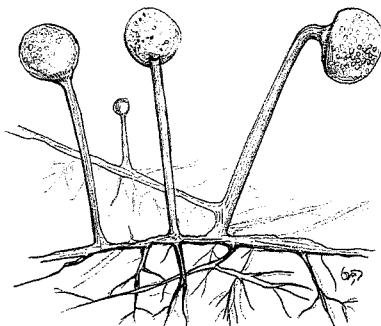


FIGURA 116B

Hifas y esporangios del moho *Mucor Mucedo*



Posteriormente colocaremos una gota de lugol o en su defecto agua en un portaobjetos sobre la que depositaremos unas cuantas hifas o filamentos. Se hará una primera observación a 200x sin cubreobjetos en la que se podrá visualizar las hifas entrelazadas, los tabiques de separación de las células y los esporangios o conidióforos que sobresalen de ellas sostenidos por columnas o pedicelos, así como una multitud de esporas unicelulares, los conidios, que pueden germinar inmediatamente después de formadas.

A 400x y con cubreobjetos se podrá apreciar más nítidamente las diferentes formas de conidióforos y dibujarlos. Los conidios (esporas) de *Penicillium* son arrosariados y se producen sobre conidióforos ramificados. Los esporangios del moho blanco, *M. mucero* están formados por una columna que sostiene un ápex globuloso que se observa incoloro cuando es joven o bien de color negro con multitud de esporas cuando madura.

163. Observación de protistas en un jarrón de flores

Esta práctica sirve para familiarizarse con el uso del microscopio y permite darse cuenta de los microorganismos que hay en un jarrón con flores.

Con un cuentagotas se pone una gota de agua de un charco en un portaobjetos bien limpio. Si se pretende que los organismos no se muevan rápidamente y se puedan observar mejor con el microscopio, se pueden coger unos cuantos hilos de algodón y ponerlos sobre la gota de agua. Se cubrirá la gota con un cubreobjetos, apoyándolo primero en un lado y cuando todo ese lado entre en contacto con el agua, dejarlo caer lentamente sobre la gota para evitar que queden gotas de aire. Después se pasará a observar la preparación con los diversos aumentos.

Sugerencias

Podemos obtener un buen cultivo de infusorios dejando macerar restos de hojas o verduras en agua o bien paja hervida durante unos días.

164. Estudio de la vida en una gota de agua verde

A partir de la práctica anterior en la que el alumno ha descubierto la vida “escondida” en una gota de agua más o menos transparente, nos introducimos en las complejas redes tróficas que existen en las aguas dulces.

Los charcos, estanques o albercas, incluso una piscina o lavadero acercan al ojo de nuestros alumnos, a través del microscopio y la lupa, un complejo ecosistema con una biodiversidad mayor y más asequible que la de otros ecosistemas terrestres o acuáticos. El conocimiento de los principales grupos de macro i microinvertebrados

de agua dulce nos permitirá asimismo avanzar en el estudio de la calidad de las aguas utilizando estos organismos como indicadores de la misma.

Procedimiento

Se recoge en un bote de conserva una muestra de agua verde —*eutrófica*—, sin putrefactar —mal olor— con algas y todos aquellos pequeños invertebrados que podamos capturar.

Se anota, desde el principio, las incidencias observables a simple vista. Los carnívoros más destacados y las posibles defunciones o metamorfosis.

Aguparemos las especies según su tamaño en tres niveles de observación:

Nivel I. En el laboratorio observamos y dibujamos a la lupa o a simple vista los invertebrados superiores a 5-10 mm aproximadamente. Los más corrientes en las aguas estancadas son los insectos:

Larva y pupa de cícido (mosquito) que podemos ver con su sifón anal o sus dos tubos cefálicos respectivamente dirigidos a la superficie del agua para respirar o bien los restos de piel de su metamorfosis.

La larva de quironómido (mosquito) probablemente roja o de color blanco con sus 2 pseudopatas torácicas y sus pelos y protuberancias anales.

Las ninfas de libélula, grandes, alargadas o más redondeadas, generalmente con esbozos alares y las de caballito del diablo que diferenciaremos fácilmente por sus branquias alargadas, los cercos, en el extremo del abdomen mientras que las de las libélulas permanecen escondidas en el recto.

La ninfa de efémera con sus delicadas branquias abdominales moviéndose como hojas.

La larva de hidrofilido, un coleóptero acuático de potentes mandíbulas y patas cortas con dos protuberancias en los extremos de los segmentos abdominales y la menos corriente larva de Ephydra, un díptero, con un tubo respiratorio que se divide en dos en su extremo y potentes garfios negros en sus pseudopatas. Entre los adultos, los chinches acuáticos como los zapateros, barqueros o nadadores de espaldas, cada vez menos frecuentes por su carácter indicador de aguas limpias. Las sanguijuelas, gusanos anélidos hirudíneos, son frecuentes e inconfundibles, oscuras, segmentadas, viscosas y con dos ventosas en sus extremos, desplazándose fijadas por una de ellas.

Nivel II. Capturaremos las muestras con una pipeta de plástico de ecología (no desanimarse si fallamos en el primer intento) o con un tubo rígido de plástico de 2-4 mm de calibre. Los ejemplares de invertebrados los podemos ver moviéndose a simple vista, pero sin que podamos distinguir bien su forma. Los depositaremos en el centro de un portaobjetos sin cubreobjetos. Utilizaremos los objetivos de 4x o 10x.

Descubriremos los crustáceos:

Copépodos, propulsados como un cohete, con sus huevos a los lados de las furcas caudales, ojo de cíclope y largas antenas en la cabeza.

Los cladóceros o pulgas de agua dando vueltas y alargando la uña de su extremo abdominal para excretar, con sus huevos detrás del tubo digestivo y su corazón posterior latiendo.

Los ostrácodos como pequeños puntos negros en movimiento con su caparazón bivalvo del que emergen sus apéndices retráctiles. Son muy resistentes en aguas con deficiencia de oxígeno.

Nivel III. Cortamos una pequeña muestra milimétrica de los diferentes ejemplares de algas filamentosas de los que dispongamos, añadiremos una gota de agua de la charca y el cubreobjetos correspondiente y descubriremos:

La *Spirogyra*, verde oscura, con su cloroplasto helicoidal, posiblemente con esporas rojas y otras cloroficeas como la *Cladofora*, de color verde claro, ramificada y fibrosa frecuente en las aguas de riego.

Posiblemente aparecerán ante nuestros ojos gusanos anélidos oligoquetos previamente localizados a simple vista o escondidos entre las algas, los de menor tamaño o ejemplares más jóvenes. Son inconfundibles por sus segmentos, colores vistosos y haces de cerdas, pelos, en buena parte de sus segmentos.

Estas sencillas preparaciones nos introducirán en una compleja red trófica y una multiplicidad de formas biológicas aparecerán a nuestros ojos, visibles ya a 100x y observados con mayor detalle a 400x. Nos referimos a:

Los Paramecios y otros protozoos, puede que incluso observemos una conjugación o apareamiento, y una división.

Rotíferos, fijos por su pie o estirándose y encogiéndose.

Gusanos nemátodos rapidísimos, como pequeñas "serpientes", con la boca partida. Multitud de algas que empezamos a distinguir por su color, verdes como las desmidacias con sus dos hemicélulas redondeadas en *Cosmarium* y alargadas en *Closterium*, el redondo *Pediastrum* con sus células periféricas en forma cuernos o media luna, la reticular y poligonal *Hydrodyction*, multitud de pequeñas diatomeas marrones o anaranjadas como pequeños bastoncillos estriados individualizadas, aparejadas o en grupos más numerosos que se agrupan y se separan fácilmente y las procariontes algas, azules o cianoficeas, formando tiras de pequeñísimas células cuadradas o redondas.

Sugerencias

Conviene tener los botes abiertos o con agujeros y expuestos a la luz. Podemos realizar muy interesantes observaciones morfológicas y de comportamiento aunque

no conozcamos el nombre exacto o aproximado de la especie. Un buen número de guías nos servirán de ayuda.

Podemos obtener fácilmente muestras de los ríos, desde la orilla levantando piedras y recogiendo sedimentos y macrófitos (algas y fanerógamas) con una red o en su defecto con una cubeta de plástico y realizar un primer estudio comparativo entre las aguas quietas y corrientes, más o menos eutróficas.

Nivel I

FIGURA 117

Ninfa de libélula

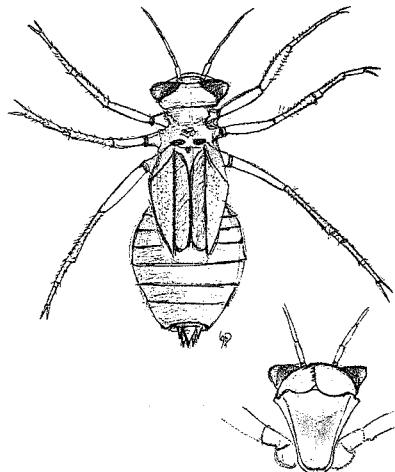


FIGURA 119

Larva de hidrofílico, coleóptero

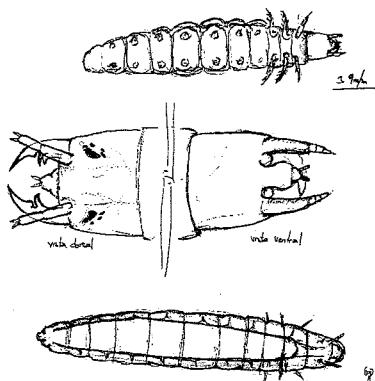


FIGURA 118

Larva de *Ephydria*, díptero

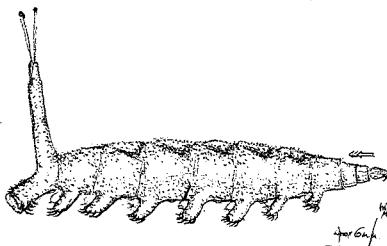


FIGURA 120

Ninfa de efémera

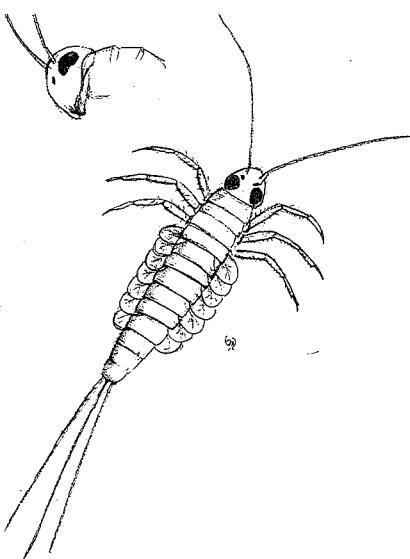


FIGURA 121

Larva de culícido

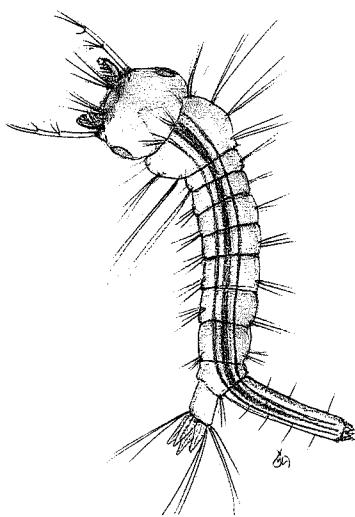


FIGURA 123

Larva de quironómido

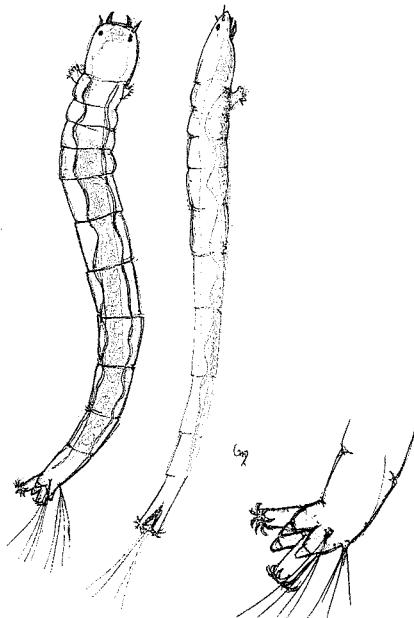


FIGURA 122

Pupa de culícido

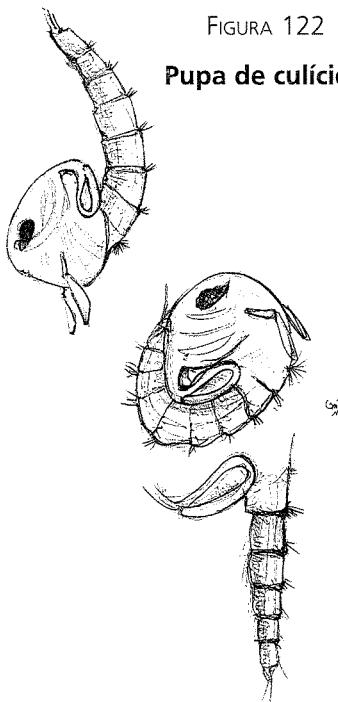


FIGURA 124

Nadador de espaldas

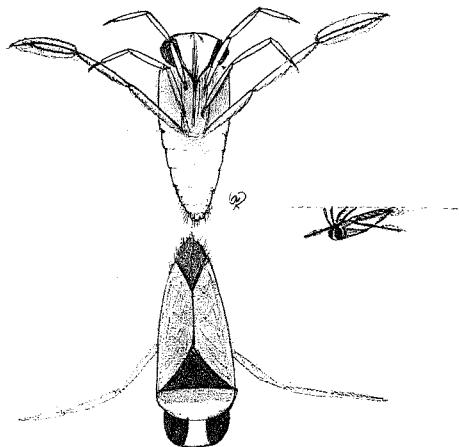
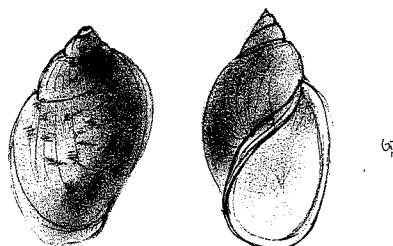


FIGURA 125

Concha de limnea



Nivel II

FIGURA 126

Larva nauplius de copépodo

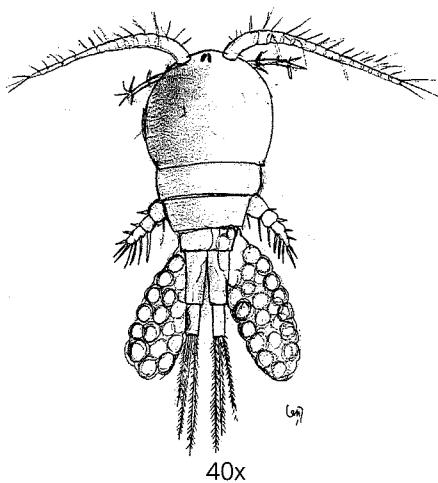


FIGURA 127

Copépodo adulto

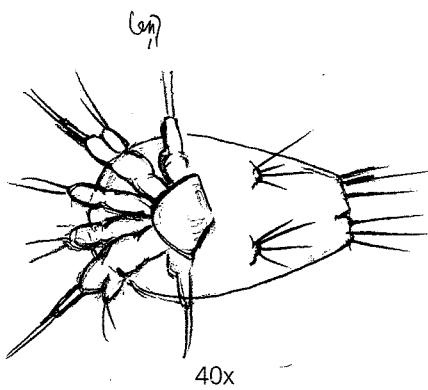


FIGURA 128

Pulga de agua, cladócero

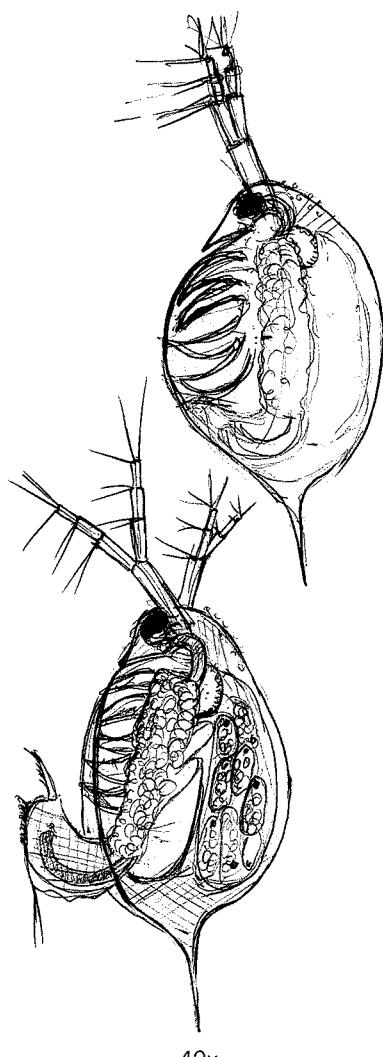


FIGURA 129

Ostráculo

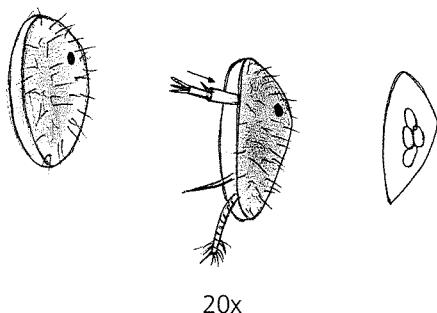
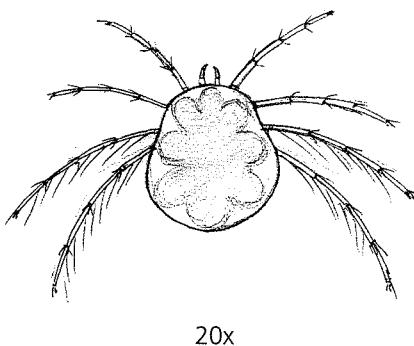


FIGURA 130

Ácaro rojo



Nivel III

FIGURA 131

Rotíferos

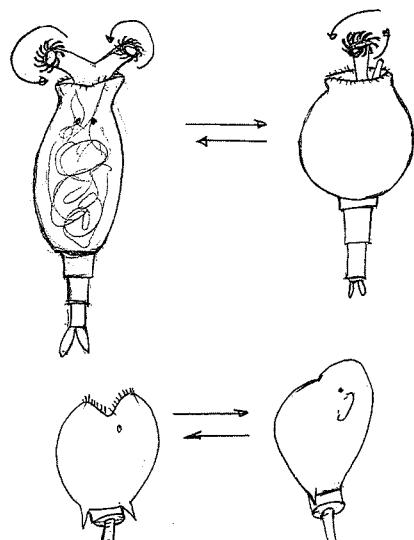


FIGURA 132

Vorticelas, protozoo

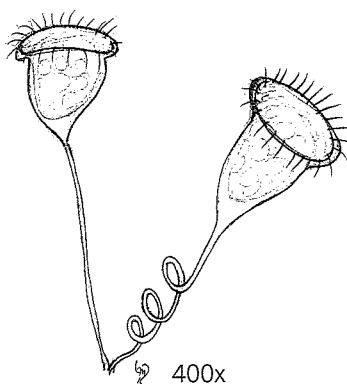


FIGURA 134

Paramecio, protozoo

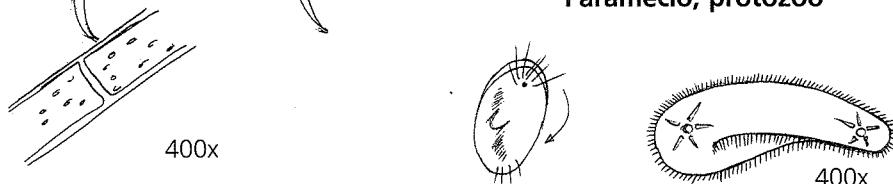


FIGURA 135

Gusano nemátodo

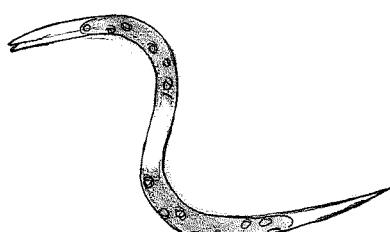
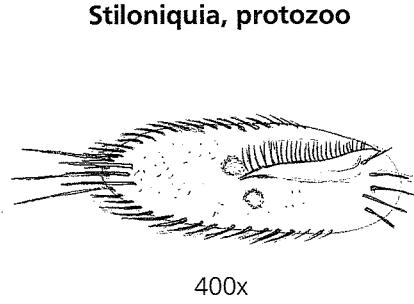
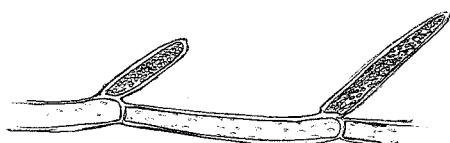


FIGURA 136

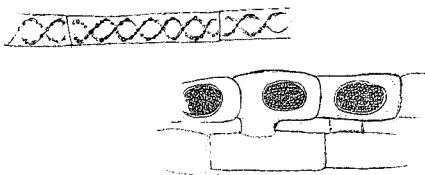
Cladófora, alga



250x

FIGURA 137

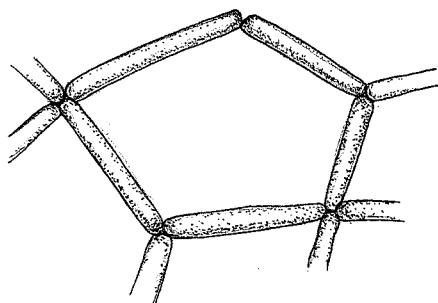
Spirogyra, alga



250x

FIGURA 138

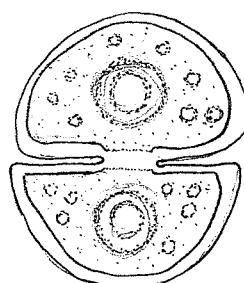
Hydrodycyon, alga



250x

FIGURA 139

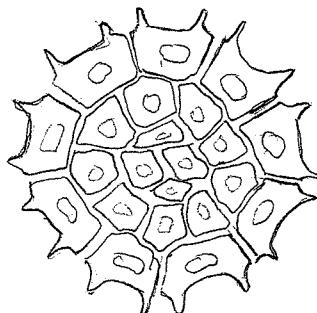
Cosmarium, alga desmidiácea



400x

FIGURA 141

Pediastrum, alga



250x

FIGURA 140

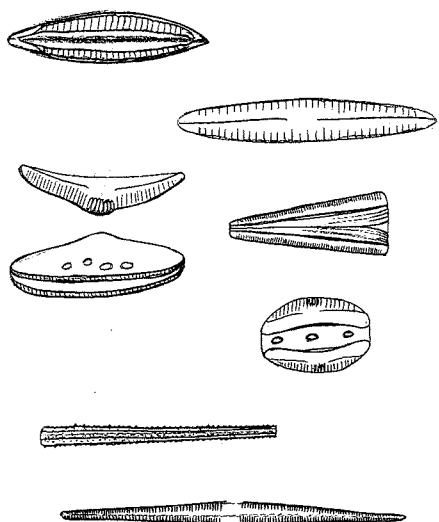
Closterium, alga desmidiácea



400x

FIGURA 142

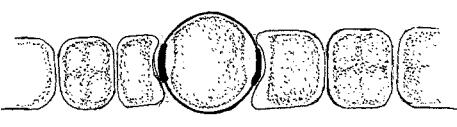
Diatomeas, algas



400x

FIGURA 143

Cianofíceas, algas procariotas



1.000x

165. Observación de células animales en la mucosa bucal

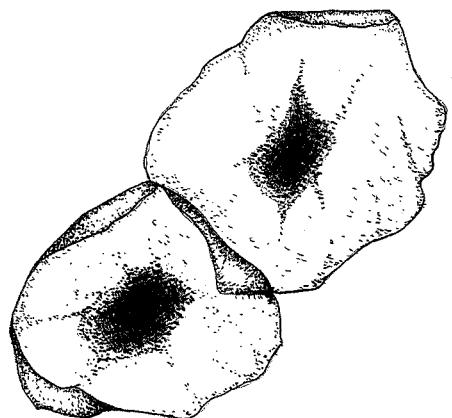
El objetivo es observar células animales y poderlas comparar con las vegetales.

Procedimiento

Se pone una gota de solución salina en el centro del portaobjetos. Se pasa la parte ancha de un palillo plano por la cara interna de la mejilla para obtener las células, que se desprenderán solas, sin frotar. A continuación se mezcla el raspado blanquecino con la solución salina.

Se añade una gota de azul de metileno dejándola actuar unos minutos, tras lo cual se lava la preparación y se coloca el cubreobjetos secando el exceso de agua.

FIGURA 144
Mucosa bucal



166. Un modelo simplificado para entender la nefrona



Esta práctica pretende hacer comprensible el mecanismo básico de depuración de la sangre en el riñón construyendo un modelo de plástico de su unidad funcional: la nefrona, en el que se simula los procesos de oxidación y depuración con indicadores de pH.

Procedimiento

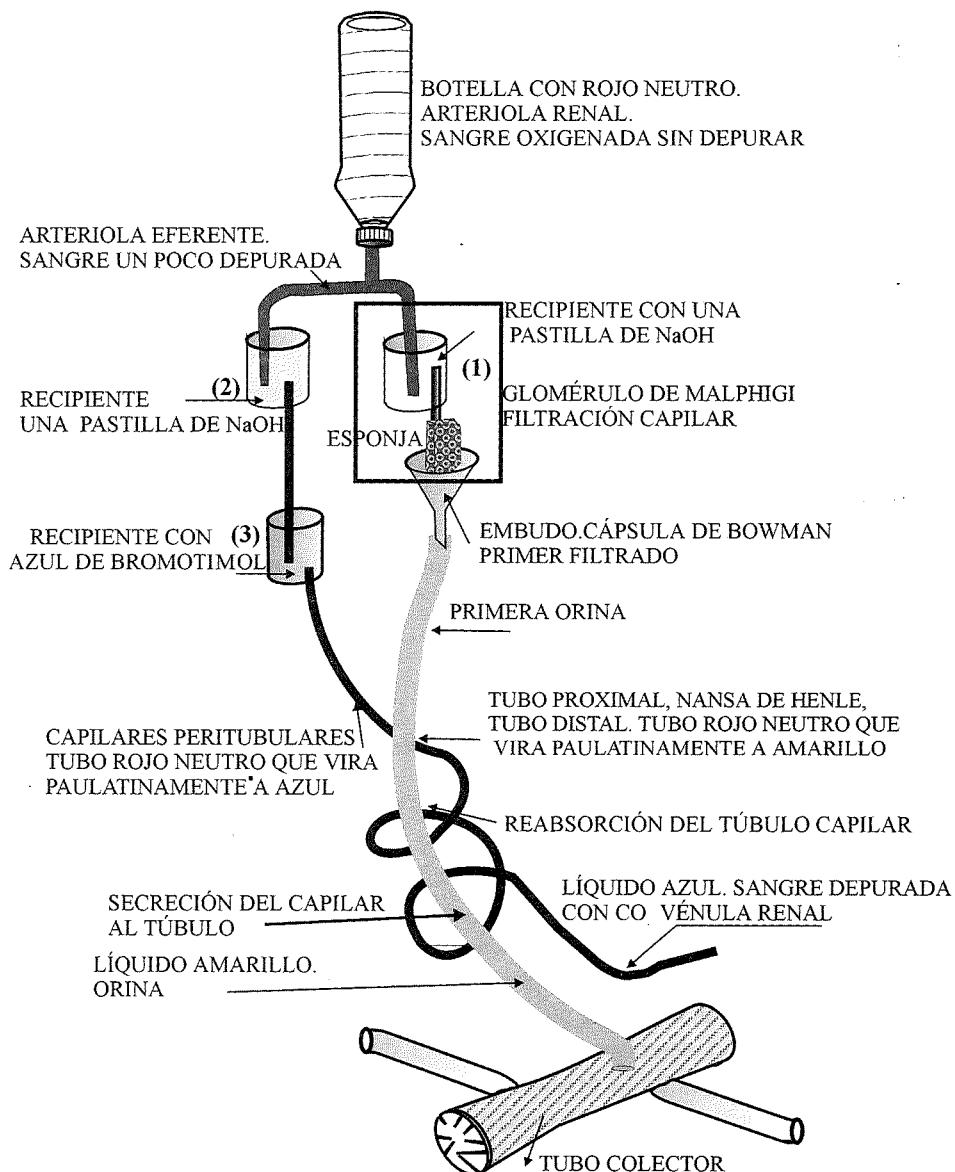
Se prepara un montaje como el del dibujo con los siguientes elementos:

- Se necesita un tubo de plástico transparente y flexible de 5×800 mm aproximadamente para representar el sistema formado por los tubos urinarios: tubo distal, asa de Henle y tubo proximal.
- Se intercala un recipiente (1) con tapa, la funda transparente de un carrete de fotografía puede servir. Dentro del recipiente, el tubo se corta y se disponen los extremos en efecto sifón para que pueda hacerse el llenado del recipiente.
- Se añade un embudo que recogerá el primer filtrado que representa la cápsula de Bowman.
- Se intercala una esponja entre el recipiente y el embudo para simular el glomérulo de Malpighi, los capilares de la arteria aferente.
- Se necesita un segundo tubo de plástico transparente y flexible de 3×600 mm aproximadamente para representar los capilares sanguíneos peritubulares.
- Se atraviesan en el tubo dos recipientes con tapa (2, 3), al igual que el anterior se pueden construir con los envases de dos carretes de fotografía. Dentro de los recipientes se corta el tubo y se disponen sus extremos en efecto sifón para dar tiempo al llenado del recipiente (ver figura).
- Se unen los dos tubos mediante una conexión en forma de T y se enrolla el tubo urinario de 5 mm con el tubo peritubular de 3 mm según indica el dibujo.
- Se conecta en la otra salida de T un tubo conectado a una botella en posición invertida que representa la arteriola renal aferente. Es útil conectar una pequeña llave de paso al tapón de rosca o insertar en el tubo una pinza regulable.
- Finalmente se conecta el tubo urinario de 5 mm a un tubo de mayor calibre, junto a otros dos cabos que representan sendas nefronas para simular la conexión con el tubo colector.
- Se insertan sendas pastillas de NaOH en los recipientes 1 y 2.
- Se llena el recipiente 3 con azul de bromotimol, indicador de pH.
- Se llena la botella con rojo neutro, indicador de pH.
Se activa la nefrona para observar su funcionamiento.
- Se abre la llave de paso (o la pinza) y entonces el rojo neutro empieza a difundirse hacia los dos sistemas tubulares.
- En un medio básico (recipiente 1) a medida que el indicador rojo neutro se va filtrando por la esponja y es recogido por el embudo, se observa un viraje hacia el amarillo, simula la orina que se recoge al final del tubo colector.
- En medio básico (recipiente 2), el rojo neutro junto al azul de bromotimol vira a azul, equivalente a la sangre con CO_2 , que se recoge a lo largo de los capilares peritubulares hacia la vénula renal.

¿Qué sucede? La sangre oxigenada, con energía (rojo neutro), que llega a través de la arteria renal ha de eliminar en la nefrona el exceso de urea, sales, NH_3 y otros catabolitos.

FIGURA 145

Modelo de nefrona



De la primera filtración que se realiza en el glomérulo se obtiene una primera orina sin células, ni proteínas, pero llena de moléculas nutritivas, glucosa, de pequeño tamaño. El resto de la sangre no filtrada, pero aún en proceso de depuración, continúa por la arteria eferente hacia los capilares peritubulares y la vénula renal.

A largo de los túbulos nefronales se producirán nuevos intercambios con la sangre, capilares peritubulares, para reabsorber las moléculas necesarias y agua, y excretar hacia la orina desde la sangre catabolitos de deshecho, K^+ , etc. Estos intercambios requieren energía, recogeremos pues el producto del catabolismo oxidativo, CO_2 , hacia las vénulas.

Finalmente se obtienen dos productos: una sangre cansada pero limpia que se recoge en la vena renal de color azul y una orina, decolorada, amarilla, con los productos de deshecho que conduciremos por los tubos colectores hacia los uréteres.

Sugerencias

Pueden acoplarse otras dos llaves de paso o pinzas a la conexión T para individualizar el proceso de cada uno de los dos sistemas. Se deberá colocar un recipiente para recoger los líquidos al final de los tubos. Es conveniente realizar la demostración en pequeños grupos y que los alumnos construyan y dibujen el modelo de nefrona. Posteriormente se comparará el modelo con el dibujo del libro. Los tubos deben renovarse frecuentemente ya que pierden transparencia y se debilitan.

167. Análisis cualitativo de orina



Esta práctica reflexiona también sobre la eliminación de sustancias tóxicas provenientes de la actividad celular, desde la sangre a la orina a través de los riñones.

Procedimiento

- Detección de sal en la orina.** Primero se realiza una prueba patrón. Se pone 2 ml de disolución de NaCl en un tubo de ensayo y se añade 2 gotas de $AgNO_3$ al 5%. Se produce un precipitado de color blanco que indica la presencia de $AgCl$. Por comparación con la anterior prueba se sustituye el NaCl por 2 ml de orina y se añade 2 gotas de nitrato de plata. La presencia o no de precipitado con respecto a la prueba patrón determinará la presencia de sal.
- Detección de glucosa en la orina.** Primero se realiza una prueba patrón. Se pone 2 ml de glucosa en un tubo de ensayo. Se añade 4 gotas de reactivo Fehling A. A continuación 4 gotas de reactivo Fehling B y se calienta hasta cambio de color. Se producirá una disolución de color naranja que indica la presencia de glucosa.

Por comparación con la anterior prueba se sustituye la glucosa por 2 ml de orina. Se añaden 4 gotas de reactivo Fehling A, 4 gotas de reactivo Fehling B y se calienta hasta cambio de color. Si el color es parecido al de la prueba patrón indicará la presencia de glucosa.

c) **Detección de proteínas en la orina.** Primero se realiza una prueba patrón. Se pone 2 ml de solución de albúmina (1 clara de huevo en 100 ml de agua) en tubo de ensayo y se realiza la determinación de Biuret. Se añade 1 ml de NaOH al 20% y 5 gotas de sulfato de cobre diluida aproximadamente al 1%, en frío. Se producirá un cambio hasta coloración violeta-rosado que indica la presencia de proteínas.

Por comparación con la anterior prueba se sustituye la glucosa por 2 ml de orina y se sigue el mismo procedimiento. Si el color es parecido al de la prueba patrón indicará la presencia de proteínas.

d) **Determinación del pH de la orina.** Mediante pH-metro digital o tiras reactivas el valor de pH oscila entre 6-7.

e) **Observación de cristales de nitrato de urea.** Se coloca 1 gota de orina en un portaobjetos. A la llama y con ayuda de pinzas de madera se evapora el agua. Se añaden 2 gotas de HNO_3 . En el microscopio se observan los cristales de nitrato de urea.

Sugerencias

Al principio de la práctica el alumno deberá indicar qué sustancias espera encontrar en la orina. Se reflexionará sobre la presencia de proteínas y glucosa en la orina y se comparará el contenido en sales de la orina y sudor. Se debe manejar con cuidado el ácido nítrico.

168. Disección de un ojo

El objetivo es dar a conocer un órgano fundamental y practicar una disección poco compleja.

Procedimiento

Se adquiere un ojo de cordero o vaca bien fresco. Es conveniente congelarlo previamente. Se deposita el ojo sobre la cubeta o plancha de disección y se procede a examinarlo externamente. Se observa y se dibujan los restos de párpados y músculos oculares. Se identifican además: la esclerótica, de color blanco en el exterior y mitad y tercio posterior, la córnea, transparente, como un vidrio de reloj, en el tercio anterior

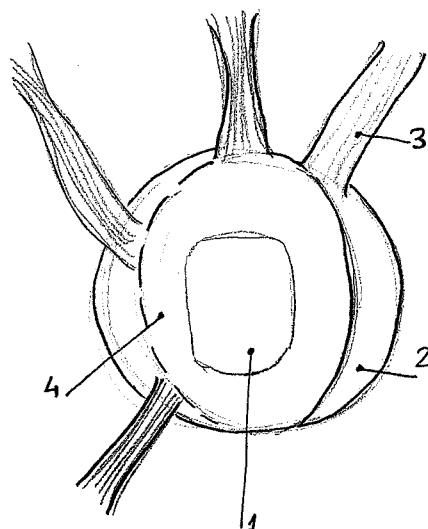
que continua de la esclerótica y la pupila, más o menos dilatada debajo de la córnea.

Se cortan los restos de músculos y párpados y se deja el nervio óptico, cilindro blanco, bien visible. Se sujetta con las manos el globo ocular procurando que no resbale y se practica un corte con el bisturí o las tijeras dividiendo el ojo en dos partes: aproximadamente el tercio anterior y el resto. A medida que vayamos cortando se observa que se desprende un líquido más o menos viscoso o una gelatina, en función del grado de congelación, que corresponde al humor vítreo. Se deposita el humor en la cubeta o en una placa de Petri. Mezclado con él se puede ver el cristalino, lente biconvexa transparente, alrededor del cual se observan unas líneas de color negro que representan la huella de los músculos ciliares que regulan la curvatura del cristalino. Se deposita el cristalino limpio sobre un papel escrito para observar su efecto lupa y el hecho que forma una imagen real del objeto. Se anota su tacto y consistencia y se mide su tamaño.

Una vez finalizado el corte se observan las partes anterior y posterior. La parte anterior permite ver ahora con claridad que la esclerótica, blanca y más externa, continúa en la córnea transparente y abombada. En la zona interna aparece otra capa, muy pigmentada y de color negro, la coroides, que continúa en esta zona anterior con los músculos ciliares, radiales y concéntricos, que regulan la curvatura del cristalino, y con los músculos del iris que regulan el tamaño de la pupila, orificio. El conjunto se denomina capa intermedia o úvea. Se desprenden

FIGURA 146

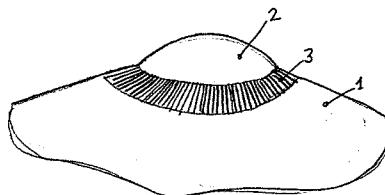
Ojo externo



(1. pupila, 2. esclerótica, 3. músculos oculares, 4. córnea)

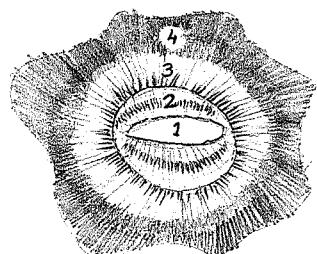
FIGURA 147

Ojo



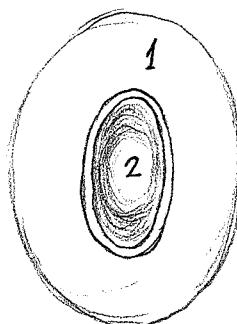
(1. humor vítreo, 2. cristalino, 3. impresión músculos ciliares).

FIGURA 148
Coroides anterior



1. pupila, 2. iris, 3. músculos ciliares,
4. coroides negra.

FIGURA 149
Esclerótica anterior sin la coroides



1. esclerótica, 2. córnea.

de con cuidado la coroides-iris interna de la capa externa esclerótica-córnea.

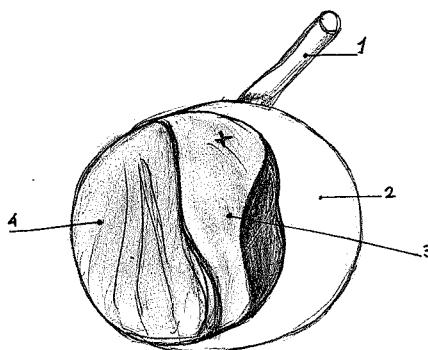
Se observa la parte posterior del corte. En ella se ven tres capas: la esclerótica externa y blanca, la coroides en medio, de color azul tornasolado en la parte más interna en contacto con la retina y de color negro en la externa en contacto con la esclerótica y la retina, transparente o de color a caramelito con finos vasos

sanguíneos, muy poco consistente y normalmente desprendida y sujetada únicamente en la salida del nervio óptico. Finalmente, se introduce una aguja muy fina por el orificio de salida del nervio óptico para ver su continuación con el mismo, se observa desde el exterior como un cilindro de color blanco de unos pocos milímetros de diámetro. Se desprenden cada una de las tres capas y se efectúa el dibujo correspondiente.

Sugerencias

Puede extraerse el ojo de la cabeza de cordero. Alarga la práctica pero da una visión más completa de la relación entre el ojo, los músculos oculares y la cavidad ocular.

FIGURA 150
Ojo posterior



1. nervio óptico, 2. esclerótica, 3. coroides azul-tornasolado, 4. retina.

169. Extracción de ADN

Se pretende comprobar que el ADN tiene una estructura filamentososa.

Procedimiento

Se Trituran 10 g de hígado de pollo en 50 cm³ de agua. De esta manera se rompen las membranas citoplasmáticas, quedando libres los núcleos.

Se filtra dos o tres veces el triturado en un vaso de precipitados, utilizando una gasa y se separan los restos de tejido que no se han roto.

Se añade al filtrado el mismo volumen de una solución de NaCl (60 g de NaCl en medio litro de agua). La solución salina provoca la rotura de los núcleos, de manera que quedan libres las fibras de cromatina.

A la solución anterior se añaden 2 cm³ de detergente diluido al 20%. El detergente retiene las proteínas de la cromatina y el ADN queda libre.

Se añaden 50 cm³ de etanol 96%. El alcohol debe verterse por las paredes del recipiente de manera que se formen dos capas. Entre las dos capas precipitará el ADN.

Se introduce una varilla de vidrio haciéndola rodar. Sobre la vara se van depositando fibras de color blanco (ADN).

Se colocan las fibras en un portaobjetos con una gota de agua y se tapan con un cubreobjetos y se procede a la observación al microscopio óptico.

Sugerencias

Anotar las dificultades y los problemas que surgen durante la realización de esta práctica. Al añadir el alcohol debe hacerse lentamente. Se puede colorear la preparación de ADN. Se puede utilizar metanol al 70% y los resultados son igualmente satisfactorios. Con 1 hígado de pollo se pueden realizar 5 experiencias.

170. Estudio de la información genética. Huellas dactilares

El objetivo es partir de la información contenida en las yemas de los dedos para dar a conocer el concepto de variabilidad genética y disponer de un material (carácter huella genética) muy práctico y accesible para comprobar las leyes de Mendel ampliando la práctica a padres y abuelos. Por otra parte acostumbra ser un ejercicio muy motivador ya que permite a los alumnos ejercer de detectives genéticos.

Existen seis tipos de huellas dactilares (dermatoglifos).

Procedimiento

Seunta el dedo pulgar con tinta y se obtiene sobre papel la reproducción de la huella dactilar. Al presionar sobre el papel hay que realizarlo en vaivén hacia los extremos del dedo. Decida a que grupo pertenece, escogiendo la huella patrón de más parecido.

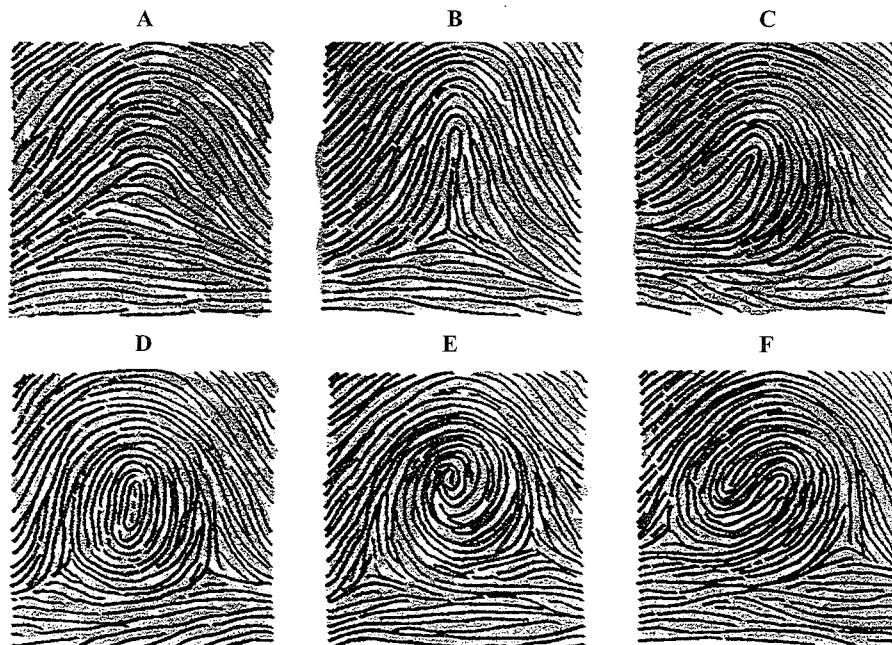
Sugerencias

En caso de no disponer de tinta, se puede untar el dedo con harina o polvo de tiza visionando la huella *in situ*. Si se utiliza tinta no es necesario utilizar mucha cantidad ya que en algunos casos cuesta identificar la huella. Se puede elaborar un estudio estadístico con un grupo de alumnos. De las múltiples experiencias realizadas, más del 50% de la población se incluye en el grupo *e*, mientras que nunca se han encontrado individuos del tipo *c*.

Se pueden utilizar otros caracteres también accesibles como la forma del lóbulo de la oreja o el hoyo de la barbilla, enrollamiento de la lengua, forma de cruzar las manos o las piernas...

FIGURA 151

Huellas dactilares



171. Disección del corazón de cordero

El objetivo de la práctica es introducir a los alumnos en el aprendizaje de uno de los órganos fundamentales de la anatomía animal e iniciarlos en las técnicas de disección y observación de estructuras.

Procedimiento

Cada alumno adquirirá un corazón de cordero bien fresco recubierto por su envoltura pericárdica el día anterior a la práctica, sin cortes y sin desangrar. Si se dispone de corazón y pulmones debe tenerse cuidado al cortar los vasos sanguíneos, unos 5 cm por encima de la zona superior del corazón.

FIGURA 152

Envoltura pericárdica

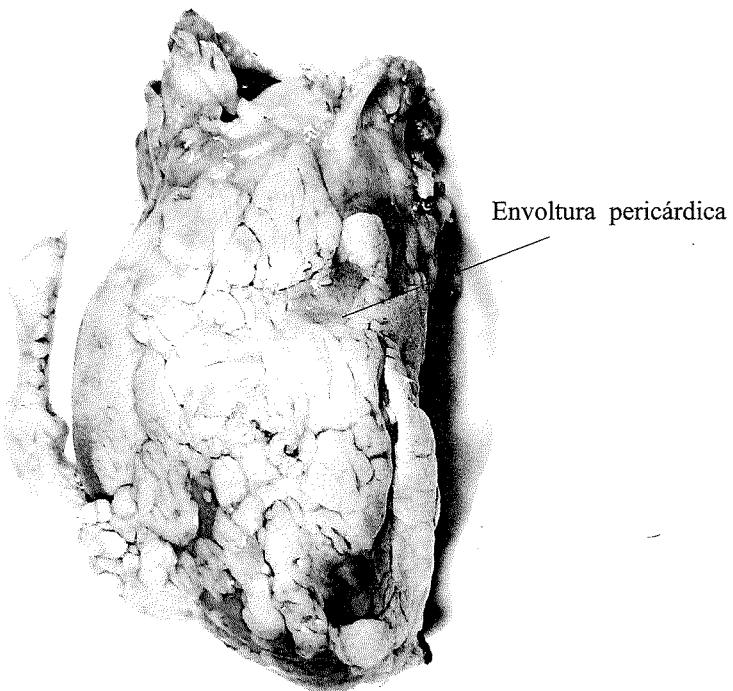
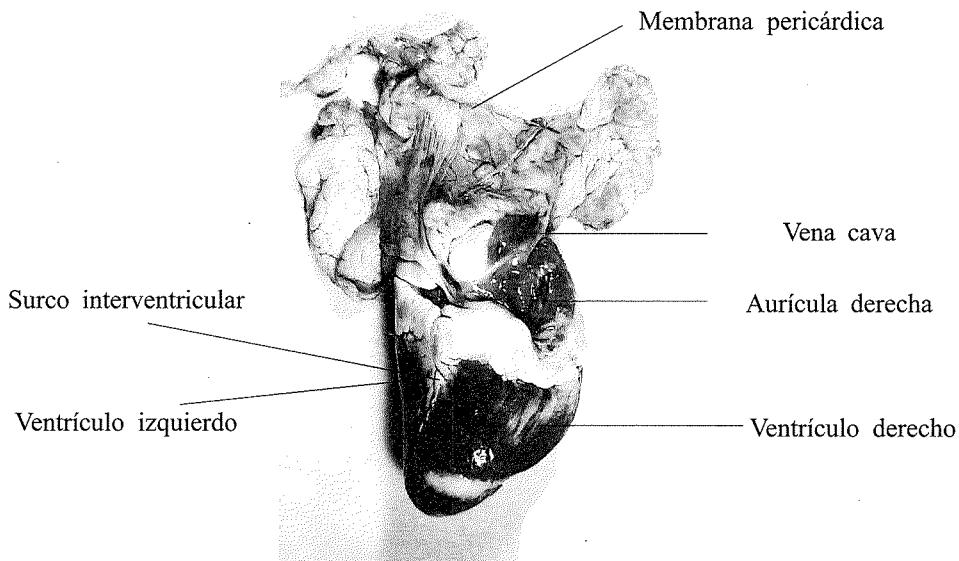


FIGURA 153

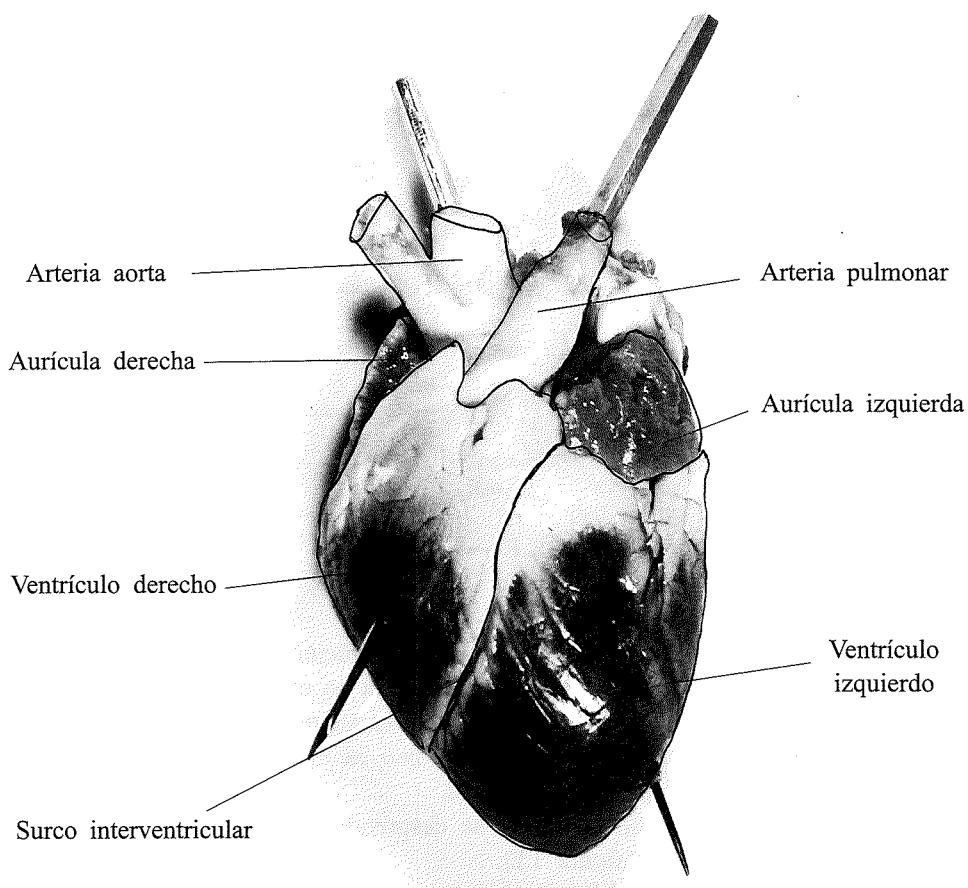
Envoltura y corazón



- Se deposita el corazón en una bandeja, cubeta o mejor plancha de disección de corcho o de porexpan cubierta con un papel para no ensuciarla. Se observa que la envoltura pericárdica está unida tan solo en la región superior con el corazón. Se recuerda la presencia de líquido pericárdico en el corazón *in vivo*. Se hace el dibujo correspondiente. Ver figura 152.
- Se levanta la envoltura pericárdica y se desprende. Se observan las cavidades externas del corazón. Ver figura 153.
- Se sitúa el corazón apoyándolo por su cara dorsal, la más plana y con el surco interventricular vertical.
- Se observa y se dibuja la cara ventral. Se distinguen en la zona superior unos vasos consistentes y de color blanco, las arterias, que salen del corazón conectadas con los ventrículos que ocupan más de 2/3 del corazón en disección y las aurículas en la parte lateral superior, muy replegadas. Nos fijamos que los ventrículos están separados por un surco dispuesto en diagonal. Se hace el dibujo correspondiente. Ver figura 154.
- Se deduce la situación de la zona derecha e izquierda. La posición del corazón es la fisiológica, por tanto, sólo tenemos que levantar las manos. Por otra parte

FIGURA 154

Cara ventral

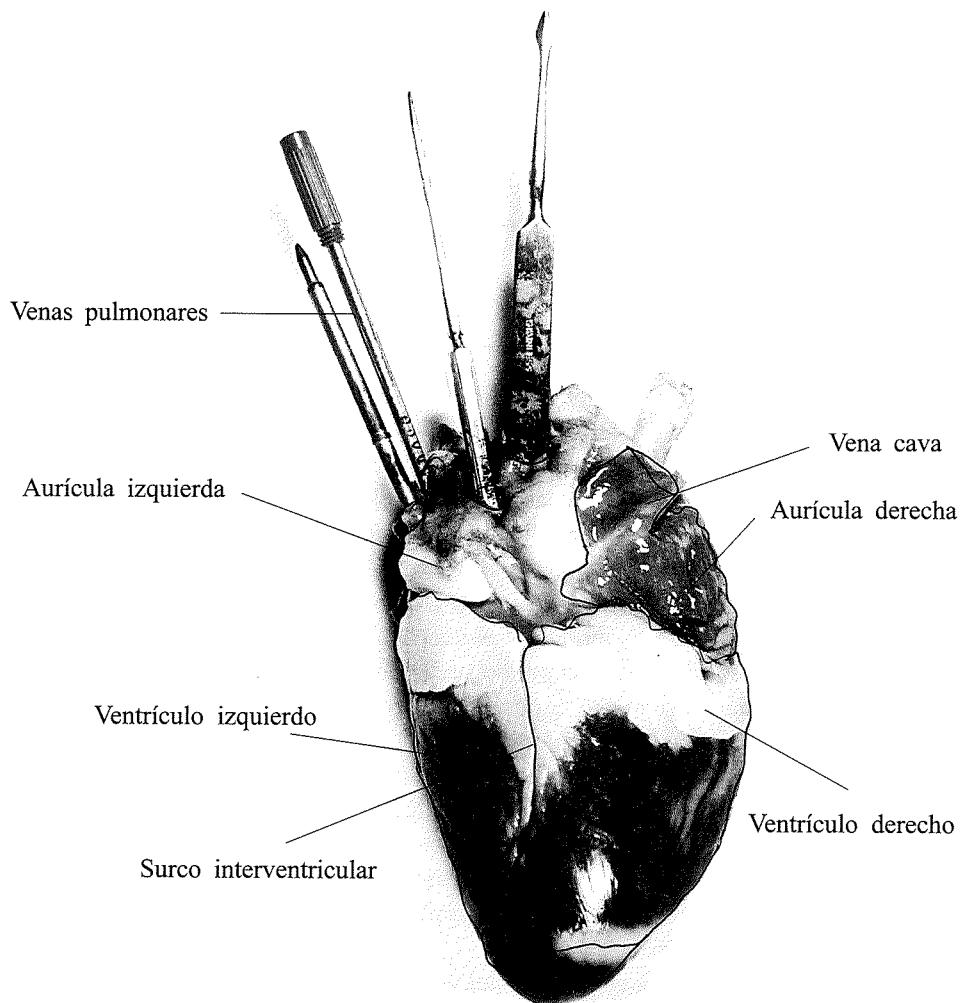


no podremos confundirnos si observamos que el ventrículo izquierdo es mayor que el derecho.

- Se introducen las cánulas o sondas acanaladas por las arterias y se observa a donde conducen. La arteria anterior que comunica con el ventrículo derecho, más pequeño, en posición más o menos paralela al surco interventricular es la arteria pulmonar, que envía la sangre con CO_2 del ventrículo derecho hacia los pulmones. La arteria, posterior, la que comunica con el ventrículo izquierdo, de mayor tamaño,

FIGURA 155

Cara dorsal



es la arteria aorta, que envía la sangre con O_2 del ventrículo izquierdo a las células. Se observa que la arteria aorta se ramifica en dos justo después de aparecer por detrás de la pulmonar. Se hace el dibujo correspondiente.

- Se da la vuelta al corazón y se observa la cara dorsal. En la zona superior se observan las aurículas comunicadas con las venas, que entran al corazón, menos consistentes que las arterias y de color carne. Por debajo de las aurículas se observan los dos ventrículos separados por el surco interventricular. Ver figura 155.
- Se identifican las zonas izquierda y derecha recordando que se está observando el corazón desde la espalda. El recorrido del surco interventricular, vertical con final curvado, nos ayuda delimitando un ventrículo derecho más pequeño. Se hace el dibujo correspondiente.
- Se introduce una cánula por la vena que comunica con la aurícula derecha, la vena cava, que lleva la sangre con CO_2 desde las células al corazón. La vena se funde en la aurícula derecha como si fuera un ensanchamiento de la misma. La aurícula se nos presenta muy replegada. Si continuamos, podremos notar que existe una comunicación entre la aurícula y el ventrículo derecho.
- Se observa, aunque con mayor dificultad, la zona izquierda y se intenta localizar las cuatro venas pulmonares que confluyen en la aurícula izquierda desde los pulmones con O_2 también muy replegada. Del mismo modo, se verifica que existe una comunicación entre la aurícula y el ventrículo izquierdo. En algunas muestras no es posible observar las venas pulmonares más que como simples agujeros. Para mejorar y ampliar la práctica se puede adquirir el corazón junto a los pulmones y hacer los cortes en el laboratorio. Se hace el dibujo correspondiente.
- Se vuelve a dar la vuelta al corazón y en posición ventral se corta, siguiendo el recorrido de la arteria pulmonar, hasta llegar al ventrículo derecho. Ahora se observa y se dibujan las tres finas membranas en forma de cazoleta o nido de paloma que separan el ventrículo derecho de la arteria pulmonar. Son las válvulas sigmoideas o semilunares, cerradas o semiabiertas. Se hace el dibujo correspondiente. Ver figura 156.
- Se continúa el corte hacia el extremo del ventrículo derecho. Se observa la posición de la válvula aurículo-ventricular de la derecha o tricúspide que nos recuerda un cilindro hueco unido por cuerdas a una base. Se corta, se abre y se sujetan en la plancha de disección las paredes del ventrículo, el miocardio y observamos detenidamente la válvula. Está formada por un conjunto de haces de filamentos tendinosos, las cuerdas, unidos a pies musculares, base, de las paredes internas del ventrículo. Los filamentos sujetan finas 3 láminas fibrosas o hojuelas, el

FIGURA 156

Válvulas sigmoideas

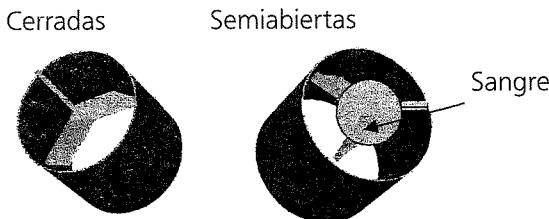
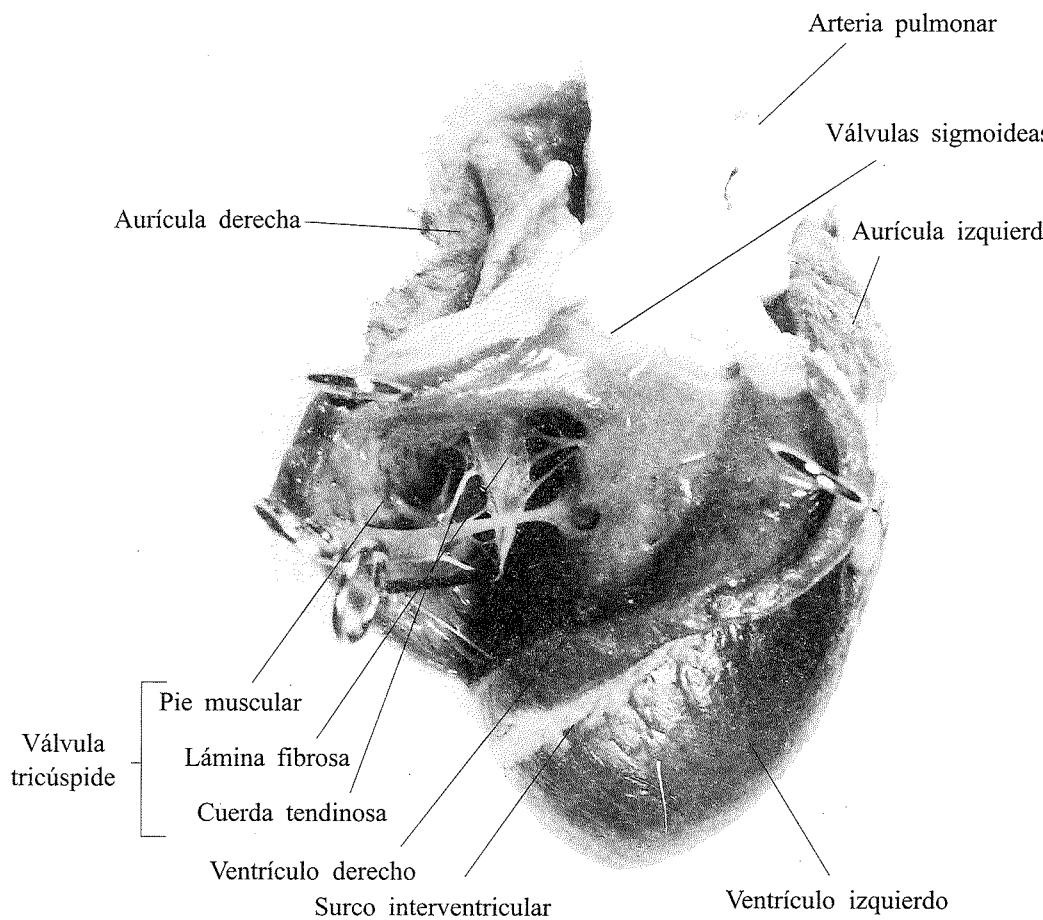


FIGURA 157

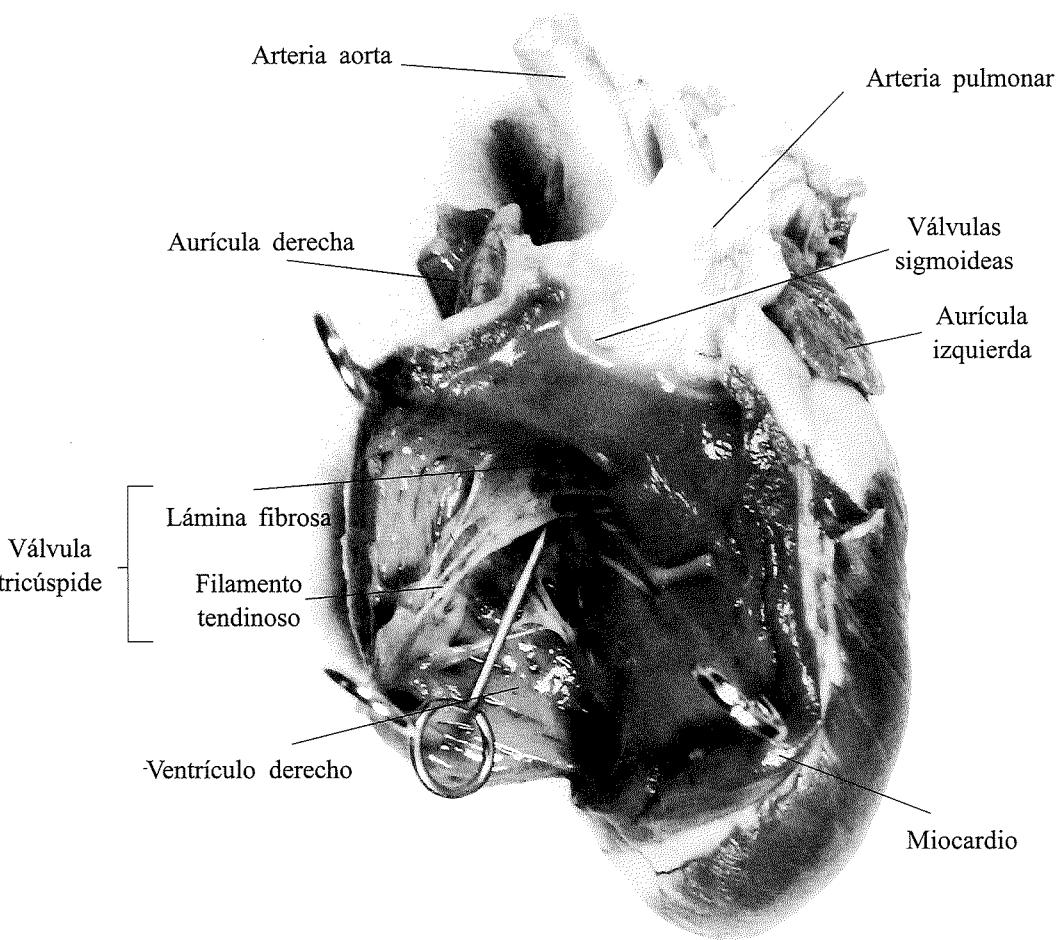
Válvula tricúspide I



cilindro, más o menos transparentes cuyo movimiento cerrará o abrirá la comunicación con la aurícula derecha. Es conveniente utilizar las pinzas con sumo cuidado para no romper las láminas y estirarlas observando su relación con los filamentos tendinosos. Se aprecia que las válvulas ocupan buena parte del interior

FIGURA 158

Válvula tricúspide II

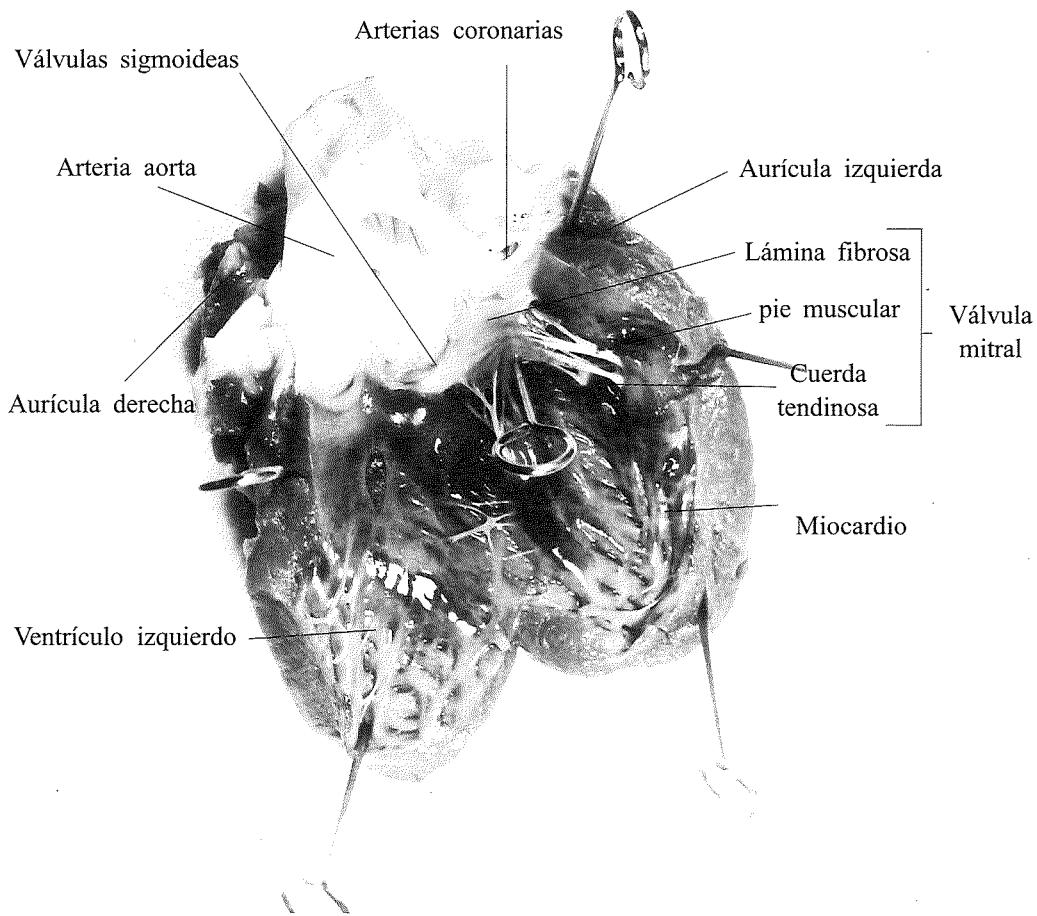


del ventrículo. Se hace el dibujo correspondiente y se señala el recorrido de la sangre con CO_2 . Se puede utilizar también un modelo anatómico de plástico para observar y dibujar las válvulas sin cortar. Ver figuras 157 y 158.

- Continuando en posición ventral se corta siguiendo el recorrido de la arteria aorta hasta llegar al ventrículo izquierdo. Se observan nuevamente las tres finas membranas en forma de cazoleta, bolsa o nido de paloma que comunican el

FIGURA 159

Válvula mitral



ventrículo izquierdo con la arteria aorta. Son las válvulas sigmoideas o semilunares, cerradas o semiabiertas. Se dibujan. Si nos fijamos detenidamente en los extremos de la arteria cortada, en su inicio, se observan dos pequeños orificios que representan el inicio de las arterias coronarias que riegan el músculo miocárdico.

- Se continúa el corte y se observa la válvula aurículo-ventricular de la izquierda o válvula mitral, también llamada bicúspide por estar formada por dos hojuelas, parecida a la tricúspide de la derecha pero más desarrollada ya que ha de bombear

la sangre hacia todas las células desde los pies a la cabeza. Se continúa cortando las paredes del ventrículo izquierdo, se separan y se fija también en la cubeta de disección. Se observa que justo debajo de las válvulas sigmoideas aparece una lámina muy fibrosa y resistente unida a diversos haces de filamentos o cuerdas tendinosos apoyados en robustos pies musculares adosados a la pared del ventrículo. Junto a otra lámina más fina conforman el paso de la sangre a través de la válvula formando una estructura cilíndrica sujetada con cuerdas a una base, parecida a la válvula derecha. Se hace el dibujo correspondiente y se señala el recorrido de la sangre oxigenada. Ver figura 159.

- Se hace hincapié en que no existe ninguna comunicación entre los dos ventrículos ya que se encuentran totalmente separados por un tabique muscular.
Se lava, se seca y se recoge el material.

Sugerencias

- Se puede combinar la disección de corazón con la de pulmones, observando los anillos traqueales. Si se introduce un tubo flexible por la tráquea y se tapa la entrada de la misma con la mano, veremos como se inflan los pulmones al insuflar aire. Si se introduce un tubo flexible por los bronquios y se insufla aire se hincha una determinada parte del pulmón, apreciándose muchos vasos sanguíneos e incluso se puede separar la pleura.
- Se puede cortar la tráquea longitudinalmente para irse introduciendo paulatinamente en las diversas ramificaciones de bronquios y bronquiolos y observar como se va reduciendo la sección del tubo y ampliando la superficie ventilada.
- Si se introduce una pajita por la arteria aorta y se llena el corazón con agua o un líquido coloreado, el líquido saldrá por las venas pulmonares. Si se realiza el mismo procedimiento por la arteria pulmonar, el líquido saldrá por la vena cava.

172. Reconocimiento de minerales: los 25 principales



Con esta práctica se pretende dar a conocer a los alumnos los minerales más frecuentes mediante la observación de características químicas y físicas sencillas.

Procedimiento

Se utilizan los minerales más frecuentes:

Elementos nativos: azufre.

Sulfuros: pirita, galena.

Halogenuros: halita.

Oxidos: hematites, pirolusita dendrítica, cuarzo_{var} cristal de roca, cuarzo lechoso, cuarzo_{var} silex, cuarzo_{var} jacinto de compostela, cuarzo amatista.

Carbonatos: malaquita, azurita, calcita, aragonito.

Sulfatos: yeso alabastro, yeso laminar, yeso rosa del desierto, baritina.

Silicatos: olivino, granates, talco, moscovita, biotita y caolinita.

- Se necesita HCl de una concentración aproximada del 10% y una placa de porcelana sin vitrificar.
- Se sitúan los minerales **mezclados** en la mesa.

Se indica a los alumnos que los agrupen en función del criterio que crean más conveniente y los sitúen encima de un trozo de papel numerados previamente del 1 al 25. Los alumnos anotan en la libreta el criterio de clasificación.

Se procede a la determinación de los minerales mediante la utilización de una serie de claves dicotómicas. Se puede llegar a determinar un mineral en función del aspecto que presenta o de sus propiedades características mediante uno o más recorridos.

- Se aplica una gota de HCl al 10% en cada muestra y obtenemos tres grupos:
 - 1a.** Positivas(+), efervescentes o carbonatadas, sin olor. (2 muestras) consulta 2
 - 1b.** Positivas(+), efervescentes con mal olor. De color amarillo chillón.

Azufre

- 1c. Negativas(-), no efervescentes el resto, consulta 4
- Se observan, si los hubiera, los poliedros (cristalización macroscópica) de los HCl (+):
 - 2a. Romboedro **Calcita**
 - 2b. Prisma hexagonal, macla **Aragonito**
 - 2c. Sin cristalización aparente consulta 3
- Se observa el color:
 - 3a. Blanco, beige o transparente. Se observará la birrefringencia en la variedad muy transparente, Espato de Islandia **Calcita**
 - 3b. Marrón, a veces verde **Aragonito**
- Se observa, si los hubiera, los poliedros (cristalización macroscópica) de los HCl (-):
 - 4a. Prisma hexagonal acabado en pirámide, en grupos consulta 5
 - 4b. Prisma hexagonal acabado en bipirámide, de color rojizo o incoloro, en cristales individuales

Cuarzo_{var} jacinto de compostela

- 4c. Cubos (3 muestras) consulta 6
- 4d. Dodecaedros, frecuentemente granates, a veces verdes **Granates**

Pirolusítica dendrítica

- 4e. Como pétalos de rosa o discos imbricados (2 muestras) consulta 7
- 4f. Con pequeñas hojas dibujadas, de color negro. Puede confundirse con un fósil

Cuarzo_{var} cristal de roca

- 4g. Sin forma definida o cristalización aparente el resto, consulta 8

- Se observa el color de las muestras:
 - 5a. Incoloro, de brillo vítreo y generalmente unido a otros cristales mejor o peor formados **Cuarzo_{var} cristal de roca**
 - 5b. Violeta, frecuentemente en geodas **Cuarzo_{var} amatista**
- Se observa el color y el brillo de las muestras:
 - 6a. Gris plateado con brillo metálico **Galena**
 - 6b. Como el oro con brillo metálico **Pirita**
 - 6c. Blanco o incoloro con brillo graso **Halita o sal gema**
- Se observa el color:
 - 7a. Beige tostado, blanco, poco densa **Yeso_{var} rosa del desierto**
 - 7b. Blanco o rosado, densa **Baritina**
- Se analiza el color de la raya, rascando con fuerza el mineral sobre una superficie de porcelana sin vitrificar y observando su color:
 - 8a. Negra o gris-negruzca, con brillo metálico (2 muestras) consulta 9

- 8b. Rojiza, con o sin brillo metálico
- 8c. Verde
- 8d. Azul
- 8e. Blanca o sin raya
- Se observa el color y el brillo:
 - 9a. Gris plateado con brillo metálico
 - 9b. Como el oro con brillo metálico
- Se analiza el sabor:
 - 10a. Salado, no amargo. Incoloro o blanco, con brillo graso, resbaladizo, al tacto se deshace al humedecerse
 - 10b. Sin sabor característico
- Se observa la exfoliación laminar, es decir la facilidad del mineral para deshacerse en finas láminas.
 - 11a. Positiva
 - 11b. Negativa
- Se observa el color y brillo de los exfoliables:
 - 12a. Incoloro o gris o beige, con brillo nacarado
 - 12b. Negro nacarado
- Se constata la dureza rayando los minerales entre sí y se observa cuál realiza una incisión sobre los otros una vez retirado con el dedo el producto de la pulverización:
 - 13a. Raya a todos y raya el acero
(3 muestras) consulta 14
 - 13b. Más blandos que los anteriores
el resto, consulta 15
- Se observa el color y el brillo:
 - 14a. Incoloro con brillo vítreo y probablemente con cristalización externa, prisma hexagonal acabado en pirámide y unido a otros cristales
Cuarzo var cristal de roca
 - 14b. De colores oscuros, opaco, nunca cristalizado **Sílex**
 - 14c. Blanco, opaco, muy abundante
Cuarzo lechoso

Hematies o Oligisto
Malaquita
Azurita
 el resto, consulta **10**

Galena
Pirita
Halita
 el resto, consulta **11**

(2 muestras) consulta **12**
 el resto, consulta **13**

Mica moscovita
Mica biotita

FIGURA 160

Dureza

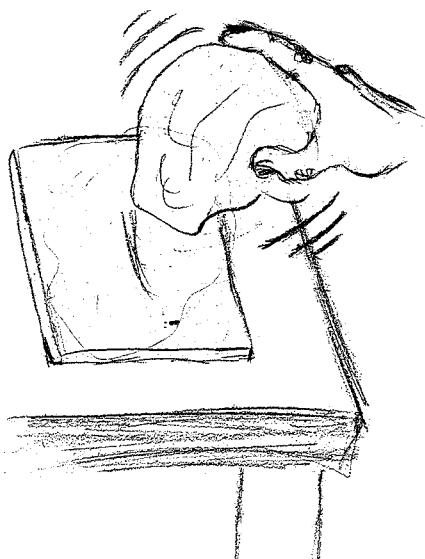
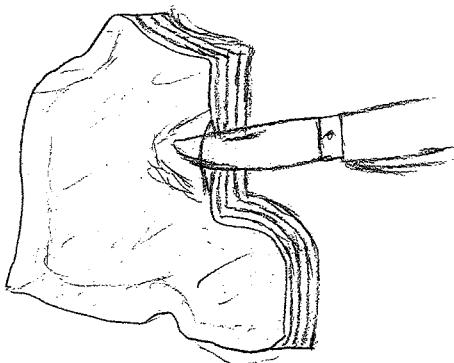


FIGURA 161

Exfoliación laminar



- Se observa el color:

15a. Incoloros o blancos consulta **16**

15b. Azul, oxidación de otros minerales junto a malaquita

Azurita

15c. Verde consulta **20**

15c. Amarillo chillón de brillo graso, raramente cristalino

Azufre

- Se analiza la dureza:

16a. Mayor dureza y densidad de color blanco o rosa

Baritina

16b. Muy blandos, se rayan con la uña y menor densidad consulta

..... **17**

- Se analiza el tacto:

17a. Jabonoso o sedoso, no es terroso, muy blando, se raya con la uña y raya la ropa

Talco

17b. Tacto no jabonoso

el resto, consulta **18**

- Se observa la transparencia:

18a. Positiva, disposición en láminas o en macla en forma de punta de flecha, muy blando, se raya con la uña

Yeso laminar

18b. Negativa,

consulta **19**

- Se observa el aspecto:

19a. Se deshace fácilmente, terroso, mancha de blanco los dedos, con brillo mate

Caolinita

19b. Poco o nada terroso, blanco y noduloso

Yeso alabastro

- Se observa el brillo:

20a. Con brillo vítreo, puede presentarse con basalto negro

Olivino

20b. Sin brillo vítreo

el resto, consulta **21**

- Se analiza el tacto:

21a. Jabonoso o sedoso, no es terroso, muy blando, se raya con la uña y raya la ropa

Talco

21b. Tacto no jabonoso, producto de oxidación de otros minerales junto a la azurita

Malaquita

TABLA NÚM. 13

Glosario de minerales

| | |
|-----------------|--|
| BIRREFRINGENCIA | Referente a la doble refracción del rayo que puede observarse como visión doble a través del mineral transparente. |
| GEODA | Masa hueca de paredes tapizadas de cristales, generalmente variedades de cuarzo o calcita. Se originan a partir de burbujas de gas o en las fracturas. |
| MACLA | Asociación de cristales de la misma naturaleza según leyes geométricas. |

Sugerencias

La lista se puede reducir a conveniencia. Es útil tener un montoncito para cada grupo (4/6 alumnos). Las muestras deben mezclarse, sacarse de las cajas y depositarse encima de las mesas. Si se dispone de suficientes muestras deben repetirse varios ejemplares de un mismo mineral por grupo para incrementar la fiabilidad del resultado. Los ejemplares de micas deben tener algunas láminas exfoliadas previamente. Un mismo mineral puede presentarse cristalizado externamente en poliedros o no. Se contrastará la clasificación intuitiva de los alumnos con la científica. También se puede utilizar material de porcelana de uso doméstico o de laboratorio por la parte áspera, sin vitrificar. Se visualizará la birrefringencia del espato de Islandia colocando el mineral sobre un papel con algún signo o letra.

TABLA NÚM. 14

Clases de minerales

| <i>E. nativos</i> | Sulfuros | Haluros | Oxidos | Carbonatos | Sulfatos | Silicatos |
|-------------------|----------|---------|-----------------------|------------|-------------------|-----------|
| Azufre | Pirita | Halita | Hematites | Malaquita | Yeso | Olivina |
| | Galena | | Pirolusita | Azurita | Alabastro | Granates |
| | | | Cuarzo | Calcita | Rosa del desierto | Talco |
| | | | Cristal de roca | Aragonito | Baritina | Moscovita |
| | | | Amatista | | | Biotita |
| | | | Jacinto de Compostela | | | Caolinita |
| | | | Sílex | | | |

173. Reconocimiento de rocas: las 25 principales



Esta práctica pretende dar a conocer a los alumnos las rocas más comunes o más representativas y trabajar la observación y el análisis comparativo.

Procedimiento

Se utilizan rocas muy frecuentes:

Magmáticas: granodiorita, sienita, diorita, gabro, pegmatita, pórfido, basalto y dacita granatífera.

Metamórficas: pizarra-esquisto, micaesquisto, gneis y mármol.

Sedimentarias: caliza, travertino, caliza fosilífera, carbones, petróleo, yeso, arcilla, marga, arenisca carbonatada, arenisca silícea, conglomerado carbonatado, conglomerado silíceo y bauxita.

- Se mezclan todas las rocas y se colocan encima de la mesa por grupos de alumnos.
- Se indica a los alumnos que las agrupen en función del criterio que crean más conveniente y las sitúen encima de un trozo de papel numeradas previamente del 1 al 25. Los alumnos anotan en la libreta el criterio de clasificación.

Se procede a la determinación de las rocas mediante la utilización de una serie de claves dicotómicas basadas principalmente en sus características químicas y mineralógicas.

- Se observa su estado a temperatura ambiente:
 - 1a. Líquido
 - 1b. Sólido

Petróleo
el resto, consulta 2
- Se aplica una gota de HCl al 10% en cada muestra y se obtiene dos grupos:
 - 2a. Positivas(+), efervescentes, carbonatadas (7 muestras) consulta 3
 - 2b. Negativas(-), no efervescentes

el resto, consulta 9
- Se observa la presencia de fósiles cimentados en la roca:
 - 3a. HCl(+), con nummulites, alveolinas, rudistas
 - 3b. HCl(-)

Caliza fosilífera
(6 muestras) consulta 4
- Se observa la consistencia:
 - 4a. Terrosa, se deshace con facilidad, de color beige, azulado o rojo, posiblemente con abundancia de fósiles, no cimentados en el afloramiento, es decir, *in situ*
 - 4b. Compacta

Marga o arcilla carbonatada
(5 muestras) consulta 5
- Se observa el brillo de la roca o superficie no pulida:
 - 5a. Tiene un brillo de azúcar, cristalino, es muy compacta, de color blanco, rosa o con vetas de colores

Mármol

5b. Es mate, no cristalina (4 muestras) consulta 6

- Se observa la porosidad a simple vista:

6a. Con agujeros de sección alargada o circular de tamaño centimétrico, de color beige, con aspecto marmóreo o de tosca **Travertino**

6b. Compacta, sin agujeros (3 muestras) consulta 7
- Se observa la textura:

7a. Formada por fragmentos de diferentes tamaños de otras rocas o minerales unidos por un cemento. En general, variedad de colores entre beige, gris y negro **Conglomerado carbonatado**

7b. De aspecto uniforme (2 muestras) consulta 8
- Se aprecia al tacto:

8a. Rugosa, formada por granos de arena fina, generalmente de color beige o gris **Arenisca carbonatada**

8b. Bastante fina al tacto, sin pulir, de color beige, gris, marronosa, roja, negra **Caliza**
- Se observa la porosidad:

9a. Con agujeros generalmente de tamaño milimétrico, en general de color gris o negro, de origen volcánico. Puede presentarse con olivino, verde **Basalto**

9b. Con agujeros generalmente de tamaño milimétrico de color gris o gris negruzco, de origen volcánico, menos densa que la anterior y con granates, mineral cristalizado en prismas dodecaédricos de color rojo y visibles a simple vista **Dacita granatífera**

9c. Sín poros el resto, consulta 10
- Se observa la textura:

10a. Formada por fragmentos de diferentes tamaños de otras rocas o minerales, no cristalina, unidos por un cemento. En general de tonalidad rojiza ... **Conglomerado silíceo**

10b. Con disposición laminar, más o menos exfoliable (que se puede separar) (2 muestras) consulta 11

10c. Con otras disposiciones, granular, en puntos, en líneas o bien uniforme el resto, consulta 12
- Se observa el brillo:

11a. Con brillo nacarado debido a las micas, de colores claros y de láminas finas. Pueden presentarse con granates, generalmente de color granate **Micaesquisto**

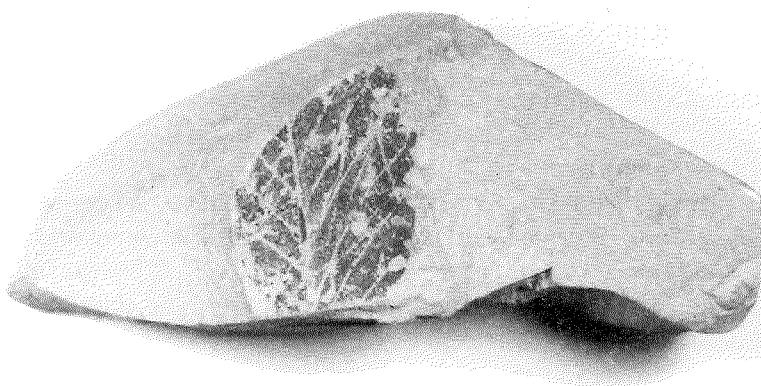
11b. Sin brillo o con brillo graso o sedoso, de color gris, verdoso, negro. Las negruzcas pueden contener fósiles **Pizarra-esquistosa**
- Se observa el aspecto cristalino:

12a. Con cristales (minerales) visibles y dispuestos en granos, puntos o líneas del mismo o diferente tamaño, de colores variados
 (7 muestras) consulta **13**

12b. Sin cristalización aparente y coloración uniforme. Si presenta aspecto cristalino, muy blanda
 el resto, consulta **18**

FIGURA 162

Arcilla con fósil vegetal



- Se observa la disposición de los cristales, colores:

13a. En líneas formando variados dibujos **Gneis**
13b. En puntos o granos el resto, consulta **14**
- Se observa el tamaño relativo de los granos:

14a. Equigranular, de tamaño parecido, milimétrico (4 muestras) consulta **15**
14b. Con granos, cristales, todos muy grandes (centimétricos o incluso decimétricos) de colores claros, de brillo nacarado por las micas. Pueden presentar también turmalinas, minerales prismáticos de color negro **Pegmatita**
- Se observa el color:

15a. Claros (2 muestras) consulta **16**
15b. Oscuros (2 muestras) consulta **17**

- Se observa la presencia de cuarzo, como un vidrio transparente:
 - 16a.** Prácticamente sin cuarzo, de tonalidad rosada por el mineral ortosa **Sienita**
 - 16b.** Con cuarzo transparente y granos negros, grises o blancos. Si se presenta con granos rosados, granito rosa **Granodiorita**
- Se observa el color:
 - 17a.** Uniforme, negro, muy dura, salta chispas si se golpea con un martillo, puede no apreciarse a simple vista su disposición granular y es difícil distinguir los diferentes minerales **Gabro**
 - 17b.** Formada por granos o puntos negros o grises, sin o muy poco cuarzo, visibles a simple vista **Diorita**
- Se observa la granulometría
 - 18a.** Formada por granos visibles a simple vista o rugosa al tacto
 - (2 muestras) consulta **19**
 - 18b.** Sin granos aparentes o lisa al tacto. Poco densas
 - (3 muestras) consulta **20**
- Se observa el tamaño y el aspecto del grano:
 - 19a.** Granos de diferentes tamaños formando nódulos, como verrugas, de colores granates o marrón oscuro, aunque podría ser blanca o blanca con granos granulosos **Bauxita**
 - 19b.** Granulometría uniforme, rugosa al tacto. Dura, generalmente de color rojizo **Arenisca silícea**
- Se comprueba el color:
 - 20a.** Sólo de color negro, como excepción la turba joven puede parecer hierba seca de color marrón. Muy poco denso. Con o sin fósiles. Con o sin brillo de tipo graso. Generalmente tizna las manos. Algunas variedades, muy poco abundantes, como el lignito azabache o la antracita, pueden no hacerlo **Carbones, hulla o lignito generalmente**
 - 20b.** Diversidad cromática, raramente negro y nunca como única opción el resto, consulta **21**
- Se observa el aspecto (estas dos rocas pueden aflorar mezcladas en el campo pero generalmente presentan una fracción dominante de yeso o arcilla):
 - 21a.** Muy versátil: nodular (con esferas), laminar (cristalino), macizo o fibroso de génesis secundaria. Generalmente de color blanco, pero puede ser rojo, y alguna vez gris o negro. Muy blanda siempre, se raya con la uña **Yeso**
 - 21b.** Más o menos compacta en función de su mayor o menor pureza silícea, pero nunca de aspecto cristalino. Fina al tacto. Versatilidad de colores. Según el grado de cemento carbonatado se obtiene una roca más terrosa que da reacción positiva al HCl **Arcilla**

Sugerencias

Es conveniente utilizar, si se dispone de ellos, varios ejemplares de una misma roca, pulidos y sin pulir. Se asocia en muchos casos a un determinado nombre: pórfito, caliza o gneis a rocas con una amplísima variedad de aspectos y composición. Esta tabla también se puede utilizar aunque no se disponga de alguna de las 25 rocas propuestas. Es muy conveniente relacionar esta determinación de rocas con su observación en afloramiento en el campo o como mínimo en diapositivas. Se compararán los resultados con la tabla intuitiva realizada por los alumnos.

TABLA NÚM. 15

Clases de rocas

| Sedimentarias | | | Metamórficas | | Magmáticas | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
| Orgánicas | Detriticas | Evaporíticas | Pizarra | Plutónicas | Filonianas | Volcánicas |
| caliza | arcilla | yeso | esquisto | granito | pegmatitas | |
| travertino | arenisca | | micaesquisto | sienita | pórfitos | |
| marga | conglomerado | | gneis | diorita | | dacita |
| petróleo | | | mármol | gabro | | basalto |
| carbones | | | | | | |
| bauxita | | | | | | |

174. Reconocimiento de sulfuros



Se pretende separar el azufre de un sulfuro por digestión en HNO_3 .

Procedimiento

- Se tritura la galena, SPb , con un martillo o maceta hasta convertirla en polvo.
- Se introduce una pequeña cantidad de polvo de galena con una punta de espátula en un tubo de ensayo.
- Se añade 1 cm^3 de HNO_3 .
- Se calienta directamente a la llama.
- Se observa el desprendimiento de gas y la aparición de un compuesto de color blanquecino.
- Se recoge la esponja de S , S° , amarilla, en un vidrio de reloj.
- Se pone la esponja a la llama y olemos.
- Se identifica el olor.

¿Qué sucede? La galena, que es un sólido gris metálico, reacciona con el ácido nítrico, dando lugar a nitrato de plomo (II), que es soluble, y a gases tóxicos de nitrógeno, quedando un residuo sólido amarillo de azufre:



Sugerencias

Esta práctica se debe hacer preferentemente en una campana de gases ya que se emiten vapores de NO_2 altamente tóxicos y malolientes. Como alternativa se puede hacer en el patio o ventana, si no podemos resistirnos a su espectacularidad. También se puede utilizar blenda, S_2Zn .

175. Los fósiles. Los 25 principales

Esta práctica pretende observar y distinguir grupos fósiles abundantes en el paleozoico, cenozoico y muy especialmente en el mesozoico y contribuir asimismo al conocimiento de la evolución de los invertebrados.

Procedimiento

Se utilizarán las muestras procedentes de las salidas de campo o bien de colecciones.

Se procede a la determinación de los fósiles mediante la utilización de claves dicotómicas basadas en la observación y comparación de su morfología externa.

| | | |
|---|-----------------------|----------|
| 1a. Fósiles vegetales | consulta | 2 |
| 1b. Fósiles de invertebrados | consulta | 4 |
| 1c. Restos que recuerdan dibujos de líneas o espirales dentadas. Asociados a pizarras. Invertebrados coloniales. | Graptolitos | |
| 2a. Localizados en las pizarras carbonosas paleozoicas de color negro | consulta | 3 |
| 2b. Localizados en otro tipo de rocas, generalmente arcillas o margas. Impresiones de hojas de árboles caducifolios cenozoicos como los actuales | | |
| Rhus foliola u otros caducifolios 3 ^a como el sauce o los arces | | |
| 3a. Impresiones de hojas parecidas a las de los helechos actuales | Helecho | |
| 3b. Columnas de hexágonos que representan las cicatrices foliares de la corteza. | Sigillaria sp. | |
| 4a. Parece una planta. Forma compleja con un pie o tallo fijador, brazos y tentáculos. Generalmente sólo encontramos los fragmentos de los brazos o el | | |

tallo, los artejos con simetría pentaradiada y un canal central. Lirio de mar.

Crinoideos

4b. Con formas circulares y planas que recuerdan las monedas de diferente tamaño. Formados por una sola célula. consulta 5

4c. Con cualquier otra forma. consulta 6

5a. Foraminíferos cónicos, parecidos a una lenteja. **Orbitolínidos**

5b. Foraminíferos de tamaño variable generalmente de 1 cm de diámetro. **Nummulítidos**

6a. Recubiertos por una concha con una o dos valvas. consulta 7

6b. Recubiertos por un caparazón dividido longitudinalmente por tres lóbulos: Cabeza con ojos en los extremos y abombamiento central.

Trilobites

6c. Con cualquier otra forma. Corales. consulta 16

7a. Concha formada por dos valvas. consulta 8

7b. Con una concha única. consulta 12

8a. Con una concha formada por dos valvas asimétricas: una inferior cilíndrica o cónica alargada para fijarse por su base y una valva superior, plana a modo de tapadera. Sección transversal circular, no elíptica. Fijos formando arrecifes. Rudistas. consulta 9

8b. Formados por dos valvas asimétricas. Una dorsal y una ventral. Con un orificio o foramen entre las valvas. Móobiles. Braquiópodos. consulta 1

8c. Formados por dos valvas simétricas. Pelecípodos consulta 11

9a. Sección transversal con tres repliegues o pilares que corresponden al ligamento y a los sifones branquial y anal. Complementariamente la concha está excavada por tres surcos longitudinales. **Hippurites sp.**

9b. Concha corta. Valva inferior menos alta que ancha, formada de láminas arrolladas unas dentro de las otras y fuertemente onduladas en los pilares branquial y anal. **Sphaerulites sep.**

10a. Caparazón liso. **Terebratula sp.**

10b. Caparazón con costillas y dos alas. **Rhynconella sp.**

10c. Con las alas muy anchas. **Spirifer sp.**

11a. Concha cubierta con pliegues concéntricos gruesos. Charnela con tres dientes en cada valva. Acostumbra a formar lumaquelas, conglomerado fosilífero. **Cyrena sp.**

11b. Con la concha en forma triangular y ornamentada con gruesas costillas nodulosas. **Trigonia sp.**

12a. Concha espiralada. consulta 13

12b. Concha no espiralada. consulta 15

13a. Concha plana, enrollada hacia arriba y la abertura hacia abajo. Nunca cónica. Mayores. Cefalópodos. **Ammonoideos.**

13b. Concha generalmente cónica o arrolladas en un plano. Más pequeños. Gasterópodos. consulta **14**

14a. Concha enrollada en un plano. Asociado a los lignitos. De agua dulce. **Planorbis**

14b. Concha cónica. **Turritela**

15c. Con forma de bala de fusil y una incisión o surco ventral y central **Belemnites**

15d. Con forma cónica alargada lisa o ornamentada con anillos superpuestos y homogéneos. **Ortocerátidos**

16a. Con forma cónica, aplanada y de sección transversal elíptica. Forma de babucha. Corales solitarios consulta **17**

16b. Con cualquier otra forma. Muy parecidos a los corales actuales. Solitarios o coloniales. consulta **18**

17a. Costillas horizontales. Con un opérculo o tapa. Con una cara plana **Calceola**

17b. Encorvado en el sentido del eje menor. Tabiques divididos por membranas horizontales de 2 ó 3 mm de alto. **Aulosmilia (ant. Placosmilia)**

18a. Con forma de cúpula más o menos aplanada. Con una simetría radial muy evidente y una incisión parecida a una hucha y plano formado por circunferencias concéntricas. Solitario. Tamaños variables entre mm o cm **Cunnolites (ant. Ciclolites)**

18b. Colonial. Con forma de media luna. Los pólipos se alojan a lo largo de un surco. **Diploctenium**

18c. Colonial. Formado por pólipos no individualizados describiendo curvas o circunvoluciones. **Anisoria**

Sugerencias

Si se carece de algunos o todos los ejemplares de fósiles propuestos se puede fotocopiar y recortar los dibujos del libro.

FIGURA 163

Ammonoideo

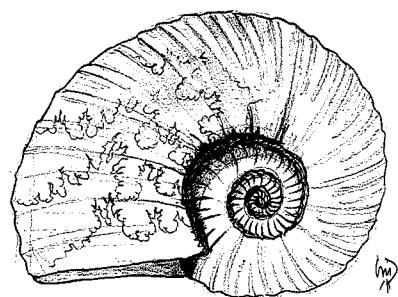


FIGURA 164

Anisoria

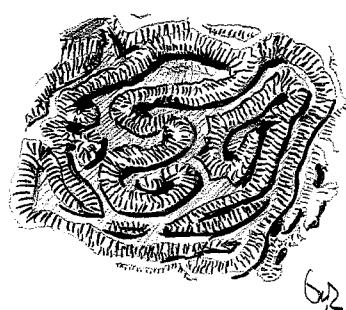


FIGURA 165

Aulosmilia

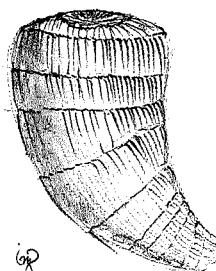
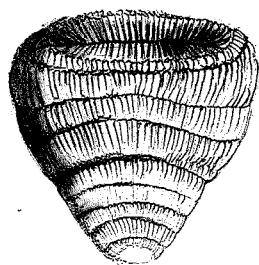


FIGURA 166

Belemnites

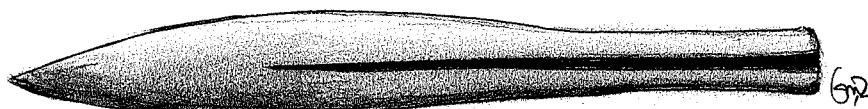


FIGURA 167

Cyrena

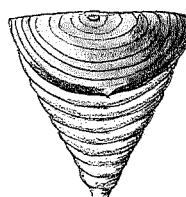
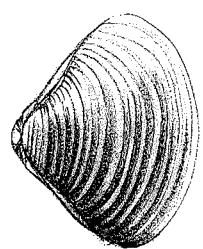


FIGURA 168

Calceola

FIGURA 168

Calceola

62

62

62

Crinoideos

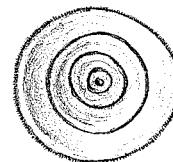
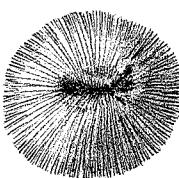
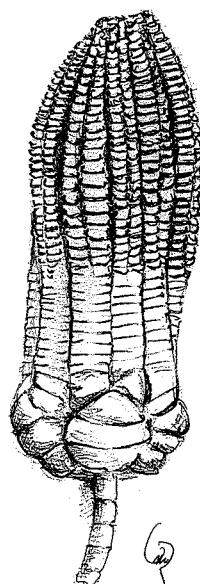


FIGURA 170

Cunnolites

63

63

63

Cunnolites

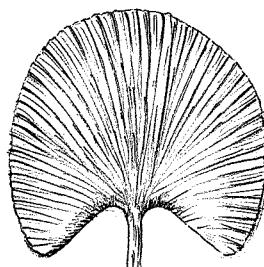
FIGURA 170

Cunnolites

FIGURA 171

Diploctenium

FIGURA 171



64

FIGURA 172

Graptolitos

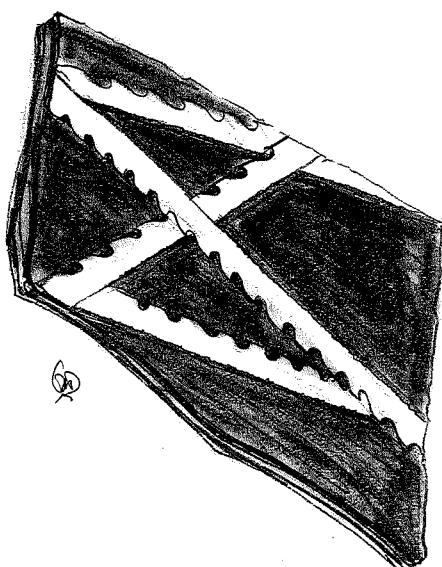


FIGURA 173

Helecho

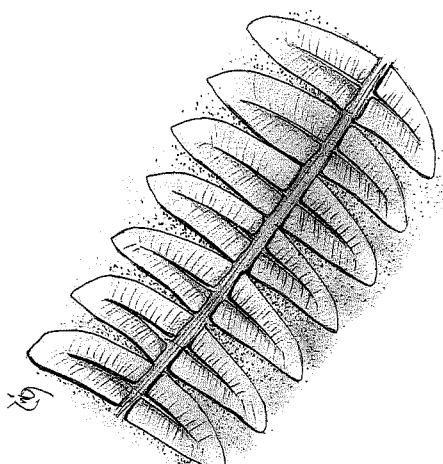


FIGURA 174

Hippurites

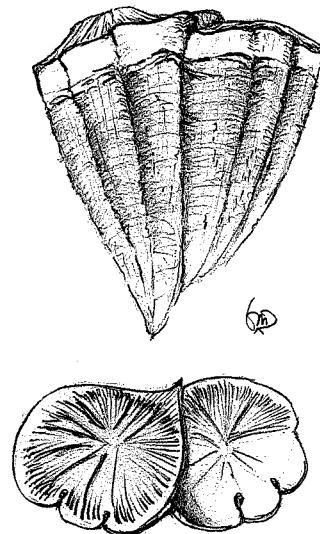


FIGURA 175

Nummulites

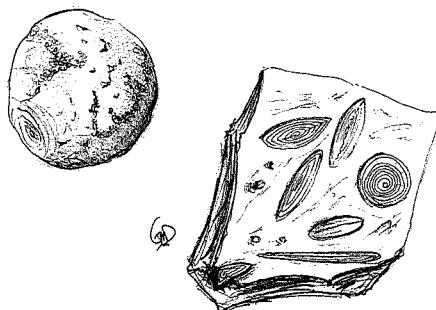
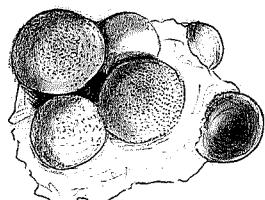


FIGURA 176

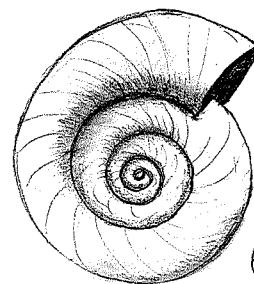
Orbitolines



601

FIGURA 178

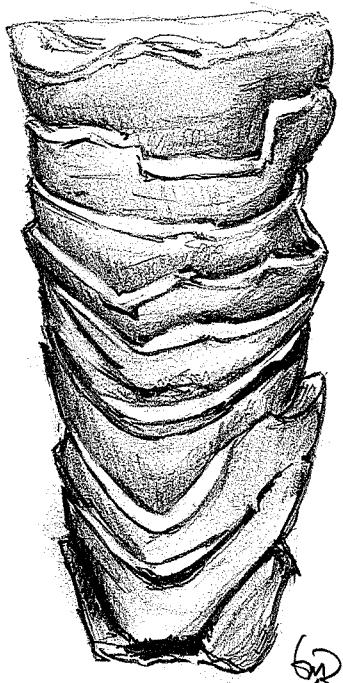
Planorbis



602

FIGURA 177

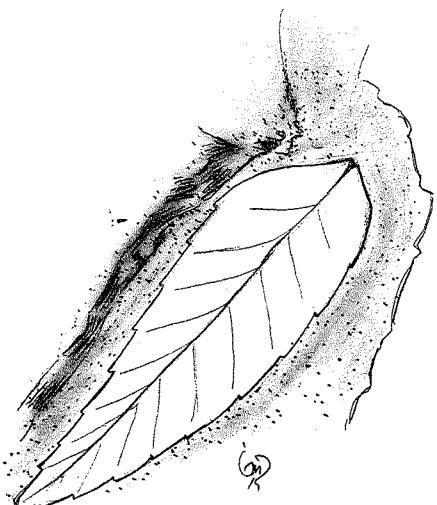
Ortocerárido



603

FIGURA 179

Rhus Foliola



604

FIGURA 180

Rhynconella

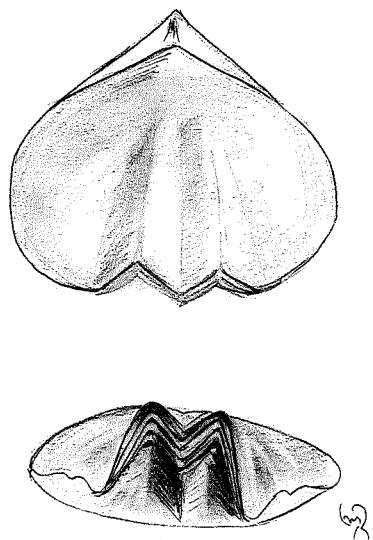


FIGURA 181

Sigillaria

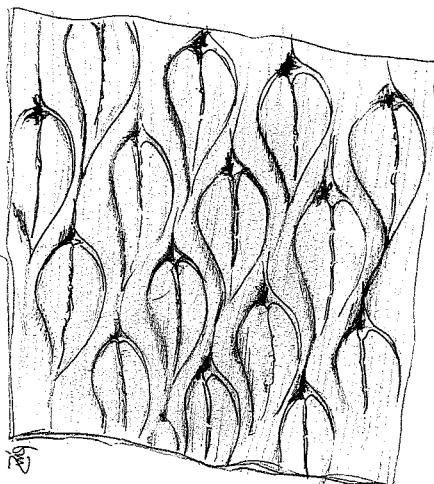


FIGURA 182

Sphaerulites

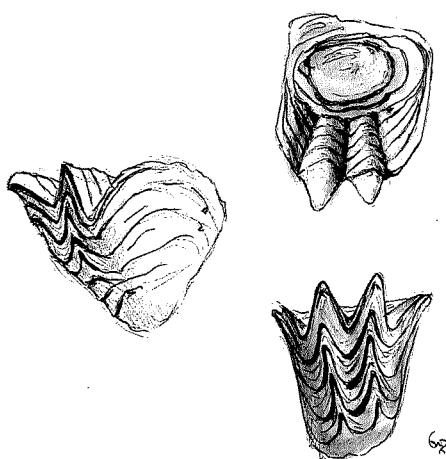


FIGURA 183

Spirifer

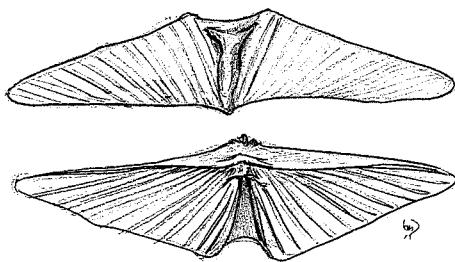


FIGURA 184

Terebratula

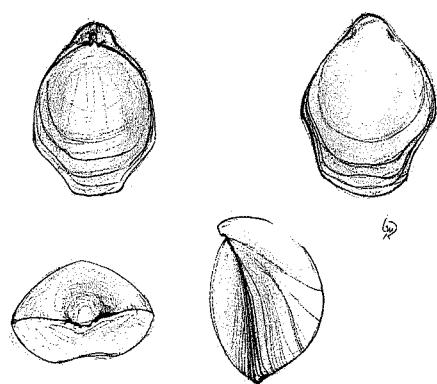


FIGURA 185

Trigonia

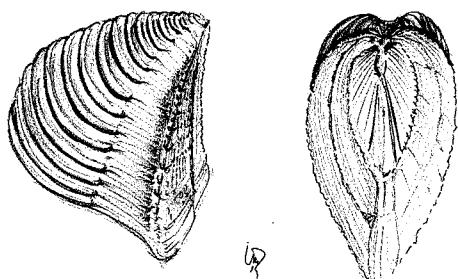


FIGURA 187

Turritela

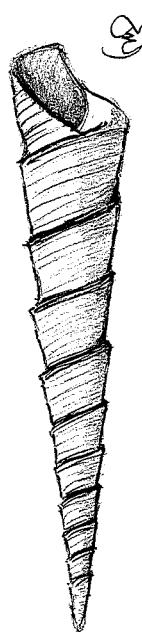


FIGURA 186

Trilobites

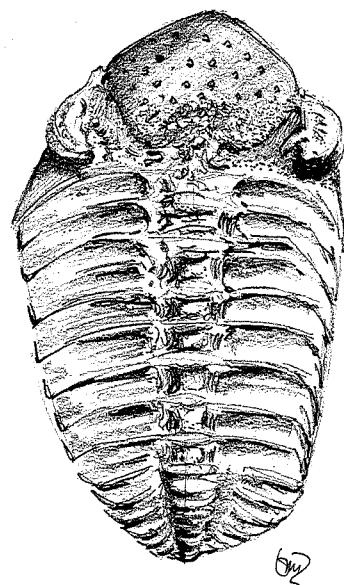


TABLA NÚM 16

Clases de fósiles

| Nombre | Grupo | Estatigrafía/edad |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <i>Ammonoideos</i> | Moluscos cefalópodos | Devónico-Mesozoico |
| <i>Anisoria sp.</i> | Cnidarios | Cretácico (2 ^a) |
| <i>Aulosmilia/Placosmilia sp.</i> | Cnidarios | Cretácico (2 ^a) |
| <i>Belemnites sp.</i> | Moluscos cefalópodos | Mesozoico |
| <i>Calceola sp.</i> | Cnidarios | Devónico (1 ^a) |
| <i>Crinoideos</i> | Equinodermos | Cámbrico-Actual |
| <i>Cunnolites/Cyclolites sp.</i> | Cnidarios | Cretácico (2 ^a) |
| <i>Cyrena sp.</i> | Moluscos pelecípodos | Cretácico (2 ^a) |
| <i>Diploctenium sp.</i> | Cnidarios | Cretácico (2 ^a) |
| Graptolitos | Graptolitos | Paleozoico |
| Helecho | Pteridófitos | Carbonífero (1 ^a) |
| <i>Hippurites sp.</i> | Moluscos rudistas | Cretácico (2 ^a) |
| Nummulítidos | Foraminíferos | Eoceno (3 ^a) |
| Orbitolínidos | Foraminíferos | Cretácico (2 ^a) |
| Ortocerátidos | Moluscos cefalópodos | Paleozoico |
| <i>Planorbis sp.</i> | Moluscos gasterópodos | Oligoceno (3 ^a) |
| <i>Sphaerulites sp.</i> | Moluscos rudistas | Cretácico (2 ^a) |
| <i>Rhynchonella sp.</i> | Braquiópodos | Jurásico (2 ^a) |
| <i>Rhus foliola</i> | Angiospermas | Terciario |
| <i>Sigillaria sp.</i> | Licopodiales (pteridófitos) | Carbonífero (1 ^a) |
| <i>Spinifer sp.</i> | Braquiópodos | Paleozoico |
| <i>Terebratula sp.</i> | Braquiópodos | Jurásico (2 ^a) |
| <i>Trigonia sp.</i> | Moluscos pelecípodos | Mesozoico-Actualidad |
| Trilobites | Artrópodos | Paleozoico |
| <i>Turritela sp.</i> | Moluscos gasterópodos | Eoceno (3 ^a) |

176. Análisis de suelos. Cálculo del contenido de materiales sólidos

De la existencia del reino vegetal depende la vida, y del suelo que pisamos, entre otras cosas, dependen los vegetales. Las características y propiedades del suelo permiten conocer qué tipo de plantas podrán crecer en él. A continuación se muestra una serie de experiencias relacionadas con el análisis de tierras.

Una primera aproximación grosera al análisis de suelos consiste en establecer el contenido en porcentaje de los diferentes tipos de materiales sólidos. Así, a partir de una muestra de 200 g de tierra se van separando los diferentes materiales sólidos que contenga (fragmentos de rocas y minerales, restos de raíces, hojas, ramas, restos de animales, etc.) y se calcula el porcentaje de cada fracción a partir de su peso en una balanza.

177. Análisis de suelos. Textura del suelo

La textura del suelo es una característica que hace referencia al tamaño preponderante de las partículas que lo constituyen, lo que a su vez influye en otras propiedades, como es la porosidad o las características químicas. En base a la textura se pueden definir los cinco tipos de suelos de la tabla 17.

Las partículas del suelo se clasifican por su tamaño en: partículas de arcilla de tamaño $< 0,002$ mm; partículas de limo ($0,002$ mm - $0,05$ mm) y partículas de arena entre $0,05$ mm y 2 mm.

Procedimiento

- Se coge una muestra de suelo de aproximadamente 100 g.
- Se separan las gravas (tamaño > 1 mm) y restos animales y vegetales (materiales sólidos) con un tamiz adecuado, o bien manualmente.
- Se prepara una pasta con un poco de tierra tamizada y de agua destilada, de manera que no se adhiera a las manos. Se trabaja la pasta como si fuese plastilina. Si se necesita añadir más agua se mojan las manos.
- A continuación se realizan en orden la pruebas siguientes:

Prueba 1: formar un cilindro de 3 mm de diámetro y 10 cm de longitud sin que se rompa.

Prueba 2: con el cilindro anterior, hacer un anillo sin que se rompa.

Prueba 3: hacer un cilindro de 1 mm de diámetro y 8 cm de longitud sin que se rompa.

Prueba 4: doblar el cilindro anterior y darle forma de anillo sin que se rompa.

Luego se valoran los resultados con la siguiente tabla:

TABLA NÚM. 17

Textura de suelos

| Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 | Prueba 4 | Resultado: tipo de suelo |
|----------|----------|----------|----------|------------------------------|
| Negativa | Negativa | Negativa | Negativa | Arenoso |
| Positiva | Negativa | Negativa | Negativa | Franco arenoso |
| Positiva | Negativa | Positiva | Negativa | Franco |
| Positiva | Positiva | Positiva | Negativa | Limoso o franco limoso |
| Positiva | Positiva | Positiva | Positiva | Arcilloso o limoso arcilloso |

Sugerencias

Si se dispone de una muestra de arcilla se puede verificar que las cuatro pruebas de la experiencia dan positivo. En cambio, con una muestra de arena no se puede conseguir realizar ninguna prueba completa.

178. Análisis de suelos. Porosidad del suelo

El agua y el aire ocupan los espacios vacíos entre las partículas del suelo, llenando los poros. Por tanto, para medir la porosidad del suelo tenemos que calcular el contenido de agua y de aire.

*Procedimiento**Volumen de agua*

- Se miden 200 cm³ de tierra con una probeta y se reparten por la superficie de una bandeja. Se coloca la bandeja sobre un radiador o situada al lado de la ventana donde toque el sol, removiendo de vez en cuando.
- Se deja 48 horas como mínimo para que se evapore toda el agua que contiene y una vez seca, se mide de nuevo el volumen que ocupa sin comprimirla.
- Se calcula la diferencia de volumen entre la tierra húmeda y la tierra seca. La diferencia corresponde al agua que contenía.

Volumen de aire

- Se prepara otra muestra de tierra de 200 cm³ en una probeta de medio litro y se le añaden 200 cm³ de agua destilada.
- Se deja la mezcla en reposo durante 3 ó 4 minutos. La diferencia entre el volumen esperado si no hubiese aire (400 cm³) y el volumen real de la mezcla es el volumen de aire.

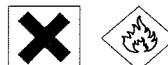
Con la suma del volumen de agua y el volumen de aire se obtiene la porosidad. Este valor se expresa en % y se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de porosidad} = \frac{\text{Volumen de aire} + \text{Volumen de agua}}{\text{Volumen total de tierra inicial}} \times 100$$

Sugerencias

Se puede realizar una comparación entre la muestra de tierra, una muestra de arcilla y otra de arena. La muestra de arena debe su porosidad únicamente a los espacios que ocupa el aire y la muestra de arcilla debe su porosidad básicamente a los espacios ocupados por el agua.

179. Formación de stalactitas



Se necesitan dos vasos, un hilo de lana gruesa, dos clips y sosa (Na_2CO_3). Se llenan los vasos con agua muy caliente, se les añade sosa y se remueve hasta que ya no se disuelva más. Se introduce los extremos de la lana en los vasos y se sujetan con los clips, de manera que la comba del hilo de lana no toque la superficie en donde se colocan los vasos. Al cabo de unos días se observará la formación de la stalactita.

180. Elaboración de aceite de oliva

La fabricación de aceite a partir de las aceitunas es un ejemplo de proceso industrial de gran tradición en los países mediterráneos que se puede reproducir en el laboratorio de una manera muy parecida al método tradicional por prensado y que ilustra la aplicación industrial de algunas operaciones de separación química.

Procedimiento

Se coge una muestra de aceitunas maduras, de las que en otoño acostumbran a vender en las tiendas de comestibles, y se pesan. Se separa cuidadosamente el hueso, y se Tritura la pulpa en una picadora o en un mortero. Se trasvaza la pasta a un recipiente y se calienta a unos 30°C (en un baño maría) al mismo tiempo que se agita con una varilla de vidrio.

Al cabo de 20 minutos de batido se añade agua templada a 30°C en una cantidad de un 20% respecto del peso de aceitunas. El batido finaliza cuando se observe una lámina de aceite sobrenadante.

Se trasvaza todo el conjunto a un colador metálico de cocina y se filtra durante un buen rato hasta que observemos que la pasta se seca. Despues se hace una separación del agua y el aceite con un embudo de decantación, sacando el agua por la parte inferior y el aceite por la superior.

Industrialmente la pasta restante se prensa y se obtiene diferentes calidades de aceite. Se puede simular esta operación si se dispone o construye algún tipo de prensa.

El rendimiento en aceite dependerá de la variedad de aceitunas y de su grado de maduración, no obstante debido a las limitaciones del método de obtención se estima que será de aproximadamente entre un 10-15% del peso de la aceituna.

Sugerencias

Es conveniente añadir arena lavada cuando se utiliza el mortero para triturar las olivas. Si se dispone de una centrífuga se puede utilizar para separar la pasta sólida de los líquidos. Puesto que la práctica tiene una duración superior a una sesión de una hora de clase, se aconseja acabarla con la operación de filtrado y continuar en la siguiente.

181. Obtención de aceite de girasol



Se puede reproducir también el proceso de fabricación de aceite de semillas mediante una extracción sólido-líquido. Se ilustra así, por una parte, un proceso de fabricación próximo al entorno del alumno y, por otra, un ejemplo de separación química.

Procedimiento

Se pesan aproximadamente 25 gramos de pipas de girasol y se muelen en un molinillo de café. La molienda ha de ser fina, pero no en exceso, para que no se forme una harina que podría impermeabilizarse frente al ataque del disolvente. Se prepara una columna de vidrio provista de llave, se introduce un poco de algodón en el fondo y luego las pipas molidas. Se tara un vaso de precipitados para recoger el aceite extraído y se añade por la boca superior unos 100 ml de un disolvente que puede ser éter etílico, de petróleo, cloroformo, metanol, etc. Si no se dispone de campana de gases el más eficaz e inocuo es el éter de petróleo.

Se abre la llave ligeramente y el disolvente con algo de la grasa disuelta se recoge en el vaso. En la boca superior de la columna se puede acoplar un embudo con un tapón de manera que vaya descargando disolvente lenta y continuadamente. Se repite el proceso varias veces con el mismo disolvente hasta que se aprecie una coloración intensa en el extracto. Luego dejamos evaporar el disolvente, pesamos el vaso y determinamos el porcentaje de aceite de la muestra.

Sugerencias

Por lo general la riqueza grasa del girasol está entre un 20 y 25%. El aceite extraído dependerá del número de pasadas que se haga con el disolvente. Los primeros extractos pobres en grasa se pueden volver a pasar por la columna, pero es conveniente que las últimas se hagan con disolvente limpio.

Es MUY PELIGROSO evaporar disolventes inflamables. Nunca debe acelerarse el proceso calentando a la llama de un mechero. Si la cantidad de disolvente y grasa obtenida es grande y no se quiere dejar evaporar al exterior, se puede recuperar de

nuevo el disolvente por destilación con un baño maría. Si el disolvente es éter etílico o acetona, disolventes muy volátiles, es mejor dejarlos evaporar a temperatura ambiente en la vitrina.

182. Elaboración de jabón



En el aceite de oliva, el producto que más abunda es la trioleína (un éster triglicérido formado por tres moléculas de ácido oleico y una de glicerina). Al hacerlo reaccionar con el hidróxido sódico, se obtienen como productos el oleato sódico (jabón) y la glicerina.

Procedimiento

Se coloca 10 ml de aceite de oliva en un tubo de vidrio ancho.

Se añade 5 ml de etanol 96° para facilitar la emulsión del aceite.

A continuación, se añade 10 ml de hidróxido de sodio al 20%.

Se remueve con una varilla y se introduce el tubo en un baño maría en ebullición durante 15 minutos, sin dejar de remover con la varilla de vidrio. Si se produce mucha espuma, es conveniente regular o retirar del fuego para que no sobresalga.

Cuando termine el proceso, se añaden 20 ml de una disolución saturada de cloruro sódico. Se tapa la boca del tubo, se agita y se deja reposar.

El producto sólido que flota es el jabón, menos denso e insoluble en agua salada. En la porción líquida resta, además de agua salada, la glicerina.

Se prepara un embudo con un papel de filtro y se filtra. Para eliminar el exceso de hidróxido sódico y glicerina, lavar el filtrado con agua caliente saturada de cloruro sódico.

Terminada la purificación, se seca el jabón un par de días o, si se tiene prisa, se aplasta entre dos láminas de papel de filtro.

Sugerencias

Podría completarse la experiencia añadiendo al jabón un aromatizante y también moldeándolo. Para ello, se coloca en una cápsula de porcelana sobre un trípode y se calienta. Una vez fundido, se retira del fuego, y se procede a añadir algún colorante, aromatizante como unas gotas de esencia de limón, etc., se mezcla bien y se coloca en un molde para darle la forma que se desee. Como molde puede servir cualquier recipiente pequeño, puede ser de plástico, cartón...

Si se quiere obtener jabón líquido, se debe de sustituir el hidróxido sódico por hidróxido de potasio.

183. Elaboración de pan

El pan se obtiene gracias a que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* produce una fermentación en la harina de trigo.

Procedimiento

Esta experiencia tiene 4 fases: mezcla, amasado, fermentación o reposo, y cocción.

a) **Mezcla.** Se vierte en un recipiente de plástico (cubeta de cocina) un 1 kg de harina de fuerza (harina de trigo de panadería) dándole forma de montaña. En la parte superior se realiza una cavidad, parecida a un cráter en un volcán, donde se añade 15 g-20 g de levadura, 4 g de sal y 4 g de azúcar (este último ingrediente es opcional).

Se calienta 1 l de agua hasta 30-40°C. Con el agua caliente se llena la cavidad empezando a remover hasta formar una pasta húmeda con la levadura, la sal y el azúcar. Esta pasta se adhiere a las manos. Se continua removiendo circularmente e incorporando la harina a la masa. Se va añadiendo agua en pequeñas cantidades y no se para de remover hasta que se consigue una masa única que ya no se adhiere a las manos.

b) **Amasado.** Es la fase más importante, ya que requiere movimientos enérgicos con las manos hasta conseguir que la masa quede blanda y esponjosa. Este proceso dura 15 minutos y variará dependiendo de la intensidad del amasado. Se debe poner harina espolvoreada por encima de la mesa. Si hace falta añadir más agua, simplemente nos mojaremos las manos. Al finalizar el amasado el gluten del trigo es muy elástico.

c) **Fermentación o reposo.** Se da la forma deseada a la masa y se deposita en un recipiente. Se tapa con un trapo de cocina y se deja fermentar durante 2-3 horas. Al finalizar este período se ha producido alcohol y sustancias aromáticas que se pueden oler.

d) **Cocción.** En un horno casero a 150 °C y entre 20 y 45 minutos se obtiene pan. Durante la cocción, el alcohol y otras sustancias se evaporan. El CO₂ atrapado en la masa dejará huecos que confieren la esponjosidad al pan.

Sugerencias

Es imprescindible iniciar la manipulación con las manos y la mesa de trabajo bien limpias. No se debe lavar las manos ni la mesa de trabajo con agua hasta haber retirado la totalidad de los restos de harina.

Durante la fase de amasado la masa no debe pegarse a las manos.

Al dar la forma al pan hay que tener en cuenta que la masa aumentará 3 veces su volumen y ciertas formas desaparecerán.

La cocción se puede realizar en el horno del centro educativo o en su defecto en casa del alumno asistido por padres o abuelos en la manipulación del horno.

184. Fabricación del yogurt

El yogurt es una fermentación láctica de la leche producida por dos bacterias (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*). La temperatura óptima para que las dos bacterias puedan multiplicarse y así transformar adecuadamente la leche, oscila entre 35 y 40°C.

Procedimiento

Se calienta un litro de leche y antes de que empiece a hervir se retira del fuego. Se espera a que se enfríe hasta 35°C y se añade un yogurt (al mezclarse con la leche las bacterias estarán en una proporción del 1% aproximadamente). Se remueve bien y se vierte el contenido en unos recipientes pequeños (de la medida de un vaso de vino).

Posteriormente se mantendrán los recipientes unas 12 horas a 35-40°C, para lo cual se colocarán en una estufa de laboratorio, o en una yogurtera, o en una caja de paredes aislantes junto con un recipiente de agua caliente, o encima de un radiador de la calefacción si es invierno, etc.

Sugerencias

Si se desea se puede añadir colorante, esencias o hasta trozos de fruta, para lograr diferentes sabores. La adición de leche en polvo mejora la cohesión del yogurt.

185. Fabricación de queso fresco por la acción del cuajo

El queso se obtiene por coagulación y desuerado de la leche. La caseína de la leche retiene los glóbulos grasos y los mantiene dispersos. El cuajo es una enzima que coagula la caseína y permite que los glóbulos de grasa se unan y precipiten.

Procedimiento

Se llena un recipiente con 1 l de leche entera y se calienta hasta 40 °C. Se añaden 10 ml de una disolución de cloruro de calcio (CaCl_2) de 20 g/l para acelerar el proceso de coagulación, ya que desestabiliza las micelas grasas y éstas precipitan en menor tiempo. Se añade a la leche 12 g de cuajo en polvo, previamente disuelto en agua o leche.

Para el salado del queso se añadirá cloruro de sodio (NaCl). Se puede añadir en cualquier momento. La sal es un potenciador de sabor, inhibidor bacteriano y favorece el desuero.

Se mantiene la temperatura a 40°C durante 45 minutos. Después de este período el cuajo ya ha actuado.

Se calienta hasta 80-90°C hasta obtener dos fracciones: una blanca y sólida que constituye el queso y otra más o menos amarillenta y líquida que se denomina lactosuero.

Con un trapo poroso, preferiblemente una gasa, se recoge y filtra el contenido del recipiente. Una vez traspasado todo, se sujetan el trapo por las cuatro puntas y se efectúan giros con el trapo a fin de prensar el queso y conseguir separar la mayor cantidad posible de lactosuero.

El pH óptimo de trabajo del cuajo es 5 y su temperatura óptima es de 40°C.

Se debe anotar la cantidad de queso obtenido y su humedad así como el pH del lactosuero.

Al ser leche entera, el contenido de grasa es de 36 g por cada litro y conociendo la densidad de la leche se puede averiguar el porcentaje de agua y grasa en el queso.

Si se desea obtener un queso con menos agua se puede poner en la nevera cubierto con una solución de sal gruesa o salmuera.

Sugerencias

Lo más complicado es mantener la temperatura a 40 °C constante, si no se dispone de estufa. A temperaturas más elevadas de 50 °C se desnaturaliza el cuajo. Por debajo de 40 °C la duración de la experiencia se alarga.

Se debe controlar el pH durante el proceso. Aproximadamente se obtiene un 70% de lactosuero de pH = 5,5 y quesos de 250 g con un contenido graso del 20%.

186. Obtención de papel reciclado

Se trata de obtener papel a partir de papeles que ya se hayan utilizado.

Procedimiento

Primeramente se prepara un marco de madera con una rejilla de plástico o metálica.

Se trocea papeles usados, utilizando tijeras o a mano. Es aconsejable que los trozos de papel sean lo más pequeño posibles.

Se colocan los trozos de papel en un recipiente de unos 15 l de capacidad y sección cuadrada. Se añade agua (mejor caliente) y se deja en remojo 24 horas. El agua debe cubrir totalmente el papel que hay en el recipiente.

En el mismo recipiente, se tritura con una batidora para obtener una pasta homogénea, añadiéndose agua caliente si la pasta fuese muy espesa. No triturar más de 5 minutos seguidos ya que el motor de la batidora suele ser sencillo y puede quemarse.

Se introduce el marco en el recipiente horizontalmente y en zig zag de manera que la pasta se reparta uniformemente sobre la rejilla del marco. Leves movimientos del marco de izquierda a derecha facilitan una mejor disposición de la pasta en la rejilla. Se levanta el marco y se deja escurrir.

Se coloca encima de la pasta una lámina de freselina o tejido poroso y a continuación se separa el conjunto (lámina de freselina y pasta de papel) de la rejilla.

Cuando se tengan 6 o 7 láminas se apilan y se prensan, utilizando una prensa sencilla, o bien colocando maderas y pesos encima con la finalidad de que la pasta quede lo más seca posible. Con el prensado también se consigue controlar el grosor final de la hoja de papel reciclado.

Después del prensado se colocan individualmente las láminas encima de una superficie para realizar el secado (24 horas). Cuando la hoja de papel reciclado está seca se puede planchar.

Sugerencias

Se puede pintar la hoja con dibujos de carácter ecológico.

Si se quiere obtener una pasta más blanca conviene utilizar trozos de papel sin tinta.

También se puede añadir a la pasta agua oxigenada para blanquearla u otros colorantes para darle color.

Hay que tener en cuenta que la pasta triturada en remojo es fermentada por microorganismos, por lo que es esencial que la fase de secado se efectúe correctamente.

Se pueden usar sargentos para realizar el prensado.

187. Descubre qué contienen los alimentos



Mediante pruebas sencillas se puede determinar la presencia de principios inmediatos (glúcidos, proteínas, lípidos) en los alimentos y comparar los resultados con muestras puras o patrón.

Procedimiento

Se prepara una batería con cuatro clases de muestras:

Soluciones conocidas y etiquetadas preparadas a partir de polvo de glucosa, maltosa, sacarosa, fructosa, almidón, lactosa, albúmina, glicocola, etc.

Soluciones incógnita, sin etiquetar, de sacarosa, almidón, glucosa, albúmina, etc., preparadas como las anteriores.

Soluciones de alimentos variados que contengan los diferentes grupos de principios inmediatos: leche, azúcar de mesa, clara de huevo, embutidos, hígado, aceites, galletas, queso fresco, uva y otros jugos de fruta, patata, etc.

Solución testigo: agua.

Si el alimento es vegetal, se Tritura un pequeño fragmento en el mortero con un poco de agua y se filtra con papel de filtro. Si es de procedencia animal, se Tritura en un mortero con un poco de agua, se hiere durante unos minutos, se deja enfriar y se filtra. Si el alimento es líquido, se realizan las pruebas directamente.

Se rotula el tubo de ensayo con la siguiente información: tipo de muestra y reactivo, se pipetea 1 cm³ de cada tipo de muestra y se introduce en el tubo.

Se añade cada uno de los siguientes reactivos a cada una de las muestras según los siguientes protocolos:

- A) Se añade 5 gotas de reactivo de Fehling A, azul, y 5 gotas de reactivo de Fehling B, incoloro, utilizando cuentagotas diferentes. Se observa que la disolución es de color azul. Se calienta al baño maría dos o tres minutos y se observa un cambio de color a rojo, anaranjado o marronoso o bien que no varía.
- B) Se añade 1 ó 2 gotas de solución Lugol. Se observa en frío si se vuelve de color azul intenso o violeta-negro o bien no varía.
- C) Se procede con la reacción de Biuret según la cual se añade 1 ml de NaOH al 10%, cinco gotas de CuSO₄ al 1% y se observa en frío si vira a color lila o permanece azul. O bien con el test xantoproteico añadiendo a la muestra entre 8-10 gotas de ácido nítrico concentrado y calentando al baño maría durante unos tres minutos, luego se enfriá y se añaden 6-8 gotas de amoníaco concentrado. Se observa si aparece un color amarillento-anaranjado o bien no varía.
- D) Se añade a la muestra 4-5 gotas del colorante Sudan III, se agita, se deja en reposo y se observa al día siguiente. Se prepara también otra prueba control añadiendo a la muestra 4-5 gotas de tinta roja, en lugar del colorante, se agita y se deja reposar. Se observa si aparece un color anaranjado en alguno de los tubos o no varía el color.

Se anotan los resultados, es decir el color final, en una tabla de doble entrada (muestras /reactivos) y se deduce si la prueba es positiva o negativa leyendo el *¿qué sucede?* que viene a continuación.

¿Qué sucede?

- A) La reacción de Fehling, oxidante débil, sirve para determinar azúcares reductores, es decir el OH hemiacetálico libre o no comprometido con el enlace glucosídico, como la glucosa, maltosa, lactosa o fructosa mediante una reacción redox:

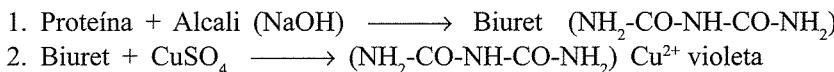


La fructosa puede presentar algún problema debido a que las cetonas son más difíciles de oxidar. El reactivo de Fehling B proporciona un medio alcalino a la reacción.

Se puede comprobar que aunque la sacarosa (glucosa + fructosa) o azúcar de mesa no es un azúcar reductor al hidrolizarlo da un resultado positivo. Para ello se hierve lentamente al baño maría durante unos ocho minutos 3 cm³ de muestra con 5 gotas de HCl al 10%, se deja enfriar y se neutraliza seguidamente con 5 gotas de NaOH al 10%. Si se realiza nuevamente la prueba de Fehling aparece el color rojo-marronoso. Con el mismo procedimiento hidrolizaremos el almidón.

B) El reactivo de Lugol tiñe selectivamente de azul-violeta oscuro la amilosa del almidón debido a que la molécula, en frío, fija el yodo en su superficie.

C) La reacción de Biuret detecta la presencia del enlace peptídico (CONH) es decir es específica de los péptidos o proteínas y no sirve para detectar soluciones de aminoácidos. La reacción es la siguiente:



En la reacción xantoproteica se forma un compuesto nitrato-aromático de color amarillo cuando las proteínas son tratadas con ácido nítrico concentrado que vira a anaranjado al neutralizarlo con el alcali (amoníaco). Aunque esta reacción sólo la padecen las proteínas que tienen aminoácidos con grupos benzénicos, es prácticamente universal ya que estos forman parte de casi todas ellas.

D) El colorante Sudan III es específico de las grasas.

Sugerencias

Para obtener las soluciones de las diversas substancias podemos disolver una punta de espátula en agua, que no es necesario que sea destilada, en un vaso de precipitados de 100 cm³, o bien preparar concentraciones del 5%.

Para verificar los cambios de coloración se aconseja poner el tubo de ensayo sobre fondo blanco. Si se dispone de una muestra de jamón dulce se puede detectar la adulteración del jamón, por la presencia de almidón (patata).

Los reactivos se pueden comprar tal cual o prepararlos a partir de sus componentes (tabla 18) sin preocuparse de que las cantidades sean estrictamente rigurosas.

TABLA NÚM. 18

Reactivos para análisis de alimentos

| Análisis de | Reactivos | Composición |
|-------------|-----------|--|
| Azúcares | Fehling A | 7 g de sulfato de cobre (II) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en 100 ml de agua |
| | Fehling B | 35 g de tartrato de sodio y potasio ($\text{KNa} \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y 12,5 g de hidróxido de sodio (NaOH) en 100 ml de agua |
| Almidón | Lugol | 40 g de yodo (I_2) y 60 g de yoduro de potasio (KI) en agua. Completar hasta un litro |
| Proteínas | Biuret | Disolución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10% en agua y disolución separada de sulfato de cobre (II) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) al 1% en agua. |
| Grasas | Sudán III | Comprártala tal cual |

188. Fabricación de un plástico

Para fabricar una pequeña cantidad de plástico se puede proceder del siguiente modo:

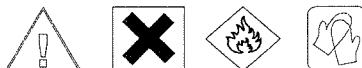
Se calientan 50 ml de agua en un recipiente de vidrio y se añaden 2 cucharadas de bórax (borato de sodio, de venta a granel en droguerías). Se remueve hasta disolver.

En otro recipiente se mezclan dos cucharadas de cola blanca de carpintero (contiene alcohol polivinílico) y dos cucharadas de agua fría. Se remueve muy bien.

A esta última preparación se le añaden dos cucharadas de la disolución de bórax preparada anteriormente. Se remueve y se deja reposar durante unos cinco minutos. Al cabo de este tiempo, se observará la formación de una masa compacta. Se saca con una cuchara, se coloca encima de un trozo de plástico y se vuelve a dejar otros cinco minutos. La masa obtenida puede ser moldeada e incluso rebota, también se puede dividir.

Para retardar su endurecimiento es conveniente guardarlo envuelto en una lámina de plástico o mejor dentro de una bolsa de plástico. Si se quiere colorear se puede añadir cualquier colorante alimentario, preferiblemente en la última fase de la preparación.

189. Determinación de las propiedades de un plástico



Identificar plásticos a simple vista es difícil debido a su gran parecido y por otro lado un mismo plástico puede presentarse con aspectos muy diferentes. La propuesta es ver propiedades de los plásticos y como a través de ellas, se pueden identificar.

Los plásticos que se proponen son: PET (polietilentereftalato), PE (polietileno), PVC (policloruro de vinilo), PP (polipropileno), PS (poliestireno), PMMA (polimetacrilato de metilo), resinas.

Se pueden realizar las siguientes pruebas para identificar plásticos y contrastar los resultados con los de las tablas.

1. Aspecto

Se observará si es transparente, translucido u opaco. Si es brillante o mate. Si tiene color o no.

2. Densidad

Se colocara el trozo de plástico en un recipiente con agua, si es más denso se hundirá y si no flotará. Como normalmente los plásticos se encuentran en forma de lámina fina, puede parecer a simple vista que flotan, pero si se añade una gota

FIGURA 188

Densidad de los plásticos

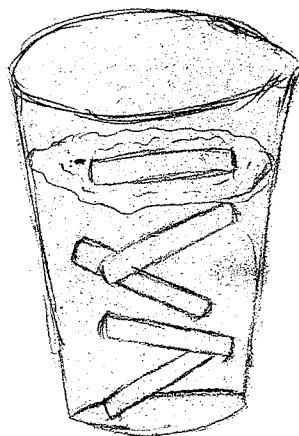
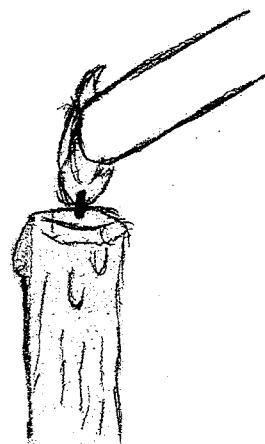


FIGURA 189

Combustión del plástico



de jabón al agua la tensión superficial disminuye y, si el plástico es más denso, se hunde.

Si se quiere se pueden poner todos los trozos de plástico en el agua y se va añadiendo sal al agua para aumentar así su densidad, de forma que irán subiendo a la superficie los diferentes plásticos en orden creciente de densidad.

3. Flexibilidad

Se intentará doblar el trozo de plástico para observar si es flexible, semirígido o bien rígido.

4. Otras propiedades mecánicas:

Con un martillo o un objeto duro, se golpea fuertemente al trozo de plástico, observando si se rompe o no. El aspecto de la rotura facilita la identificación. Hay tres tipos de deformaciones: la rotura frágil (PS, PMMA, resinas), rotura dúctil (rotura blanca) y sin rotura (PE, PP). Para ver la rotura blanca se dobla la tira de plástico y se observa si en la zona doblada aparece el color blanco (PVC), esto pasa independientemente del color del plástico.

5. Calor

Con unas pinzas se coge el trozo de plástico y se acerca a la llama sin que se queme. Si se ablanda es un termoplástico y si no es termoestable.

6. Prueba de combustión y de olor al calentarla.

Se acerca a la llama de un mechero de alcohol o butano (o una vela), el trozo de plástico a analizar. Se observa cuidadosamente como arde el plástico, se analiza el color de la llama y de los humos. Se retira del fuego y se observa si continua ardiendo y también si hay formación de pequeñas gotas durante el proceso.

Para determinar el olor de los humos, una vez apagado el plástico, se pasa la mano por encima del plástico como si se quisiera recoger los gases con la mano y se huelen estos.

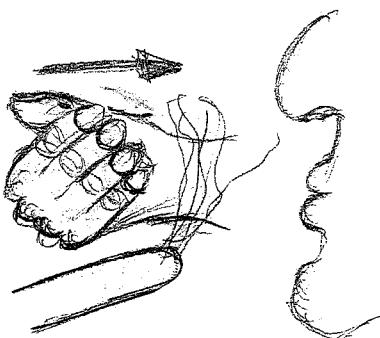
7. Solubilidad

En un tubo de ensayo se deposita finamente dividido 0,1 g del plástico correspondiente, añadiendo de 5 a 10 ml de disolvente (acetona, alcohol...). Se deja un tiempo (pueden ser horas) para observar el hinchamiento. Si es necesario se puede calentar suavemente en un baño de agua.

Este ensayo es difícil de realizar debido a que el proceso de disolución de un plástico pasa por una primera etapa en la que el disolvente es embebido por el

FIGURA 190

Oliendo plásticos quemados



plástico (hinchamiento del sólido), y una segunda etapa que es donde realmente se produce la disolución.

Sugerencias

Las muestras las podemos obtener de plásticos que haya a nuestro alrededor, si los cortamos en trozos, se obtendrán muestras para trabajar, y si esto no es posible, se toma el objeto entero. Los plásticos que son reciclables se identifican mediante un numero, normalmente situado en la base del objeto (mirar tabla).

Cuando se calienten los plásticos se ha de ir con cuidado ya que los termoplásticos son muy combustibles y algunos de ellos, como el polietileno, gotean.

En algún caso, los ensayos pueden no salir tan bien como se espera, debido a que los plásticos elaborados presentan en su composición aditivos que se introducen para conseguir determinadas propiedades. Así, tenemos por ejemplo: colorantes y pigmentos, plastificantes, endurecedores, aditivos ignífugos o retardadores de llama cuando se requiere resistencia al fuego, etc.

190. Una manera rápida de identificar plásticos

De las pruebas anteriores la que más información facilita es el ensayo a la llama. Una manera rápida de identificar los plásticos y que se basa en sus propiedades ante el calor y la llama es seguir la clave del cuadro núm. 5 (página siguiente):

CUADRO NÚM. 5

Clave para la identificación rápida de plásticos

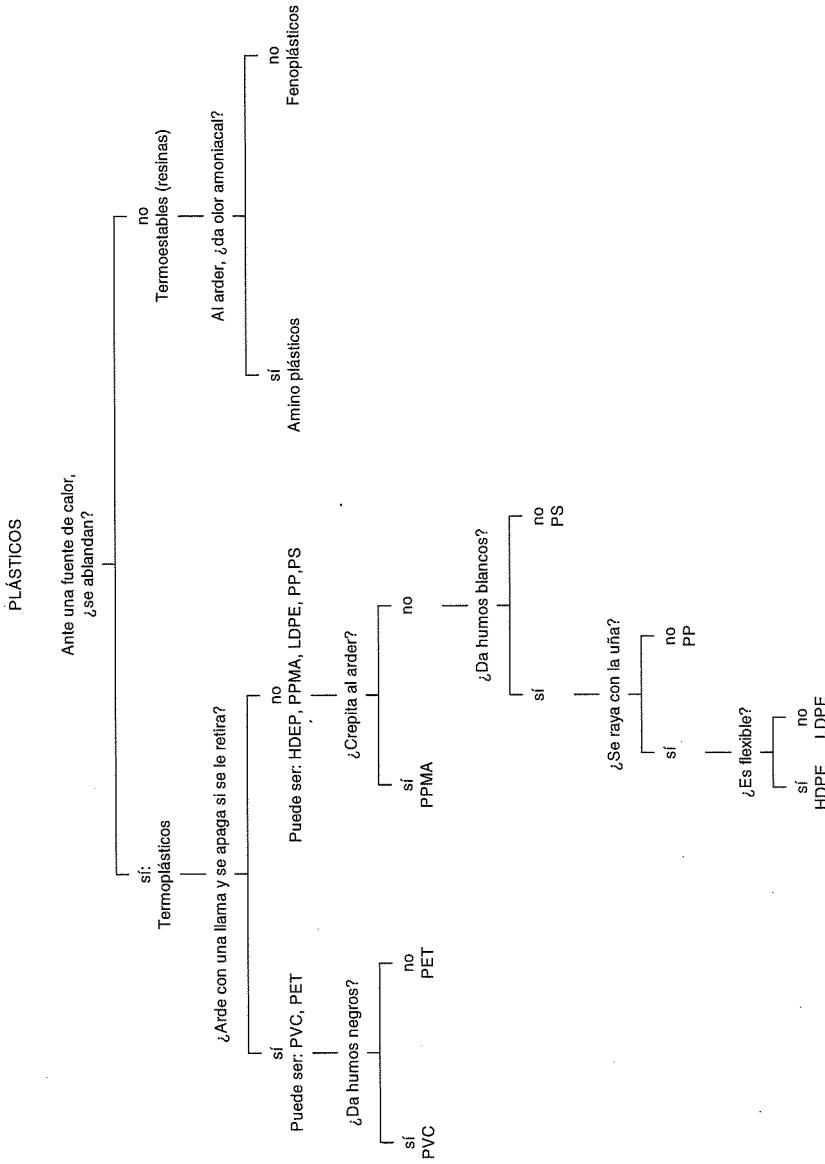


TABLA NÚM. 19

Plásticos

| Plásticos | | | | | |
|---------------------------|----------|--|--|------------|--|
| | Símbolo* | Fórmula | Propiedades ópticas | Densidad | Flexibilidad |
| PET | | $[\text{OC-C}_6\text{H}_4\text{CO-CH}_2\text{CH}_2]_n$ | Transparente | 1,38-1,40 | Rígido Flexible |
| Polietilenterftalato | | | | | Buenas: duro y resistente a los golpes |
| | | | | | Sensible a los ácidos |
| | | | | | Buenas propiedades químicas |
| | | | | | Puede resistir temperaturas extremas: |
| | | | | | congelador y microondas |
| HDPE | | $[\text{CH}_2\text{CH}_2]_n$ | Translúcido u opaco Mate De todos los colores | 0,940-0,98 | Semirígido |
| Polietileno alta densidad | | | | | Se raya con la uña Resistente a los golpes |
| | | | | | Sensible a la oxidación y rayos ultravioletas |
| PVC | | $[\text{CH}_2\text{-CHCl}]_n$ | Transparente u opaco Brillante o mate De todos los colores | 1,20-1,55 | Rígido |
| Polidloruro de vinilo | | | | | Se raya con un objeto de acero: clip, navaja Rotura débil o blanca |
| | | | | | Elevada resistencia a los agentes químicos inestables frente a la luz y el calor |
| LDPE | | $[\text{CH}_2\text{-CH}_2]_n$ | Transparente | 0,91-0,93 | Flexible |
| Polietileno baja densidad | | | | | Las mismas características que el HDPE, pero más flexible |

| Símbolo* | Fórmula | Propiedades ópticas | Densidad | Flexibilidad | Propiedades mecánicas |
|--|---|--|-----------|-----------------------------|---|
|  PP polipropileno | $[\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)]_n$ | Transparente u opaco De todos los colores | 0,89-0,91 | Semirígido | No se raya con la uña Resistente a los golpes Resistente a la flexión |
|  PS poliestireno | $[\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)]_n$ | Transparente u opaco Brillante o mate De todos los colores | 1,04-1,11 | Rígido y semirígido | Poco resistente a los golpes Atacable por diferentes disolventes: acetona, hidrocarburos aromáticos |
|  EPS Poliestireno expandido | $[\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)]_n$ | | 0,02-0,06 | Rígido | Se raya con un objeto de acero: clip, navaja... |
|  PMMA Polimetacrilato de metilo | | Transparente, muy brillante y de todos los colores | 1,16-1,20 | Rígido Parece un cristal | Se ralla con un objeto de punzante de aero Rotura frágil |
| Resinas (PF/MF) Fenoplásticos y aminoplásticos con cargas inorgánicas | | | | | Soluble en cetonas, se reblandece en hidrocarburos aromáticos |
| | | | | | Conocidas como baquelita y melamina. Las resinas fenólicas: PF y las melaminas: MF |

* Los símbolos con los números permiten la identificación de los plásticos para poder reciclarlos. El número 7 se utiliza para indicar cualquier plástico diferente de los seis primeros.

TABLA NÚM 20

Plásticos (continuación)

| Calor | Inflamabilidad | Aspecto de la llama | Olor de los vapores | Aplicaciones |
|--|---|---|--|---|
| 1. PET Polietilenteftalato | Termoplástico No se inflama Se apaga cuando se retira la llama Se funde | Se quema fácilmente y conserva la llama | Llama brillante, azul en el interior y amarilla en el exterior | Botellas de refrescos Recipientes para el congelador y microondas |
| 2. HDPE Polietileno alta densidad | Termoplástico Se quema fácilmente y conserva la llama | Difíciles de encender, se autoextinguen cuando se retiran de la llama | Llama brillante, azul en el interior y amarilla en el exterior | Recipientes de: productos de limpieza, botellas de leche... |
| 3. PVC Policloruro de vinilo | Termoplástico Se quema fácilmente y conserva la llama | Ácido y picante: HCl Un trozo de papel pH humedecido se pone rojo | Ácido y picante: HCl Un trozo de papel pH humedecido se pone rojo | Tiene muchas aplicaciones: perfiles de ventanas, recubrimientos de suelos, tuberías, etc. |
| 4. LDPE Polietileno baja densidad | Termoplástico Se quema fácilmente y conserva la llama | Llama brillante, azul en el interior y amarilla en el exterior | Llama brillante, azul en el interior y amarilla en el exterior | Film para embalaje, bolsas de compra... Por ser más flexible que el de alta densidad, se usa para fabricar objetos que tengan que ser doblados o estirados |
| 5. PP Polipropileno | Termoplástico Se quema fácilmente y conserva la llama | Se quema fácilmente y conserva la llama | Llama brillante, azul en el interior y amarilla en el exterior | Tuberías, menaje de cocina, aplicaciones médicas Se utiliza como envoltorio de alimentos |
| 6. PS y EPS Poliestireno y poliestireno expandido | Termoplástico Quema fácilmente y continúa ardiendo después de retirar la llama | Quema fácilmente y continúa ardiendo después de retirar la llama | Llama amarilla, humos muy negros | Artículos desechables Envases de un solo uso (alimentación) Espumas |

| Calor | Infiamabilidad | Aspecto de la llama | Olor de los vapores | Aplicaciones |
|-----------------------------------|--|--|---|---|
| PMMA Polimetacrilato de metilo | Termoplástico Quema fácilmente y continua ardiendo después de retirar la llama El plástico crepita | Luminosa, centro azul | Frutado | Claraboyas, cristales de seguridad (faros de los coches), muebles |
| Resinas (PF, MF) | Termoestable Difíciles de encender, se autoextinguen cuando se retiran de la llama | Resinas fenólicas: luminosa, humos negros Aminoresinas: amarilla luminosa | PF: fenol, formaldehido MF: amoniaco | Aislantes eléctricos, vajillas, ceniceros |

La seguridad en el laboratorio

Hace no muchos años, aspectos relacionados con el trabajo en el laboratorio como el medio ambiente y la seguridad e higiene estaban olvidados, y en las propias facultades de ciencias era tan corriente eliminar por el desagüe cualquier reactivo sobrante por agresivo que fuera, como prestar poca atención a la protección personal de los alumnos y de los mismos profesores.

Afortunadamente, en la actualidad ya hay mucha gente que se piensa dos veces si lo que está echando por el fregadero es o no inocuo. Nuestra recomendación es que se vigile lo que se arroja a la papelera o por el desagüe y sobre todo que se dé ejemplo ante los alumnos y se les conciencie de ello.

Existen indicaciones de cómo desactivar sustancias peligrosas tanto en el manual ya mencionado sobre seguridad en los laboratorios de la casa PANREAC, como en algunos de los catálogos de productos de las casas comerciales.

En cuanto al tema de seguridad e higiene en el laboratorio, si bien es cierto que hay pocas prácticas que requieren algún producto peligroso, y que en la mayoría de los casos será el profesor el que los manipule; también es verdad que los alumnos mayores pueden tener ocasión de manejarlos y por ello han de conocer cómo protegerse de los mismos y qué problemas plantea su uso.

En este sentido es recomendable que los alumnos lean las frases R y S de riesgo y seguridad que figuran en las etiquetas y que las incluyan en la libreta o informe de prácticas. Algunas casas comerciales sólo incluyen el número pero no el significado, y los catálogos de reactivos de las casas comerciales os pueden ayudar a identificarlos. También en los institutos de Seguridad e Higiene en el Trabajo disponen de pósters de advertencia.

Por otro lado la mayoría de los alumnos no volverá a manipular un reactivo peligroso en su vida, sin embargo los profesores de ciencias los manejan durante toda su vida laboral. Estudios realizados en los EE.UU. demostraron hace unos años que la incidencia de enfermedades cancerígenas era mayor en los químicos que en

otros titulados superiores, y a su vez más en los que trabajan en un laboratorio que los que no lo hacen. ¡Rompamos las estadísticas!

Creemos que no está de más el incluir esta serie de recomendaciones que os ayudará a evitar problemas. En principio, salvo el agua, todas las sustancias que existen en un laboratorio son peligrosas y se deben manejar con precaución, especialmente sustancias que por ser de uso habitual como los ácidos, álcalis, éter, puede llegar a relajarse su manejo.

- Los líquidos inflamables se manipularán con mecheros apagados aunque estén alejados.
- Cuando se abra un recipiente que ha permanecido cerrado durante largo tiempo se ha de hacer con precaución, ya que pueden existir productos de descomposición, se rompa el frasco y se proyecte su contenido.
- Los ácidos, especialmente el sulfúrico, cuando se diluyan en agua se añadirán sobre ella (el agua) lentamente y enfriando. Además, también álcalis fuertes, metales alcalinos, calcio, entre otras sustancias, reaccionan fuertemente con agua.
- Cuando se tenga que oler algún producto, no hacerlo directamente sino ayudándose con un ligero abaniqueo.
- Las reacciones en las que se produzcan gases tóxicos, evaporación de disolventes, o simplemente se abran frascos de reactivos concentrados que emiten vapores tóxicos realizarlas siempre en vitrina.
- No verter sólidos insolubles ni papeles por los desagües, ni tampoco líquidos cuya peligrosidad no haya sido antes neutralizada. Una vez inactivos, los líquidos se verterán acompañados de gran cantidad de agua.
- Tener mucho cuidado con los esmerilados que se atascan, son fuentes de posibles accidentes.
- Los extremos de los vidrios recién cortados se deben matar a la llama del mechero. Si se ha de introducir un tubo en un corcho o tapón de goma, humedecerlo con agua o glicerina o sumergirlo en agua caliente y protegerse la mano con un paño.
- Nunca pipetejar con la boca, aunque el líquido no sea tóxico. Usar los aparatos de succión que existen en el mercado. Si la cantidad necesaria es pequeña existen unas pipetas de Pasteur pequeñas, de plástico, no muy caras, que se pueden reciclar lavándolas.
- Si se hierven líquidos evitar la proyección de los mismos protegiéndolos con alguna tapadera. El vidrio que se caliente a la llama deber estar seco por fuera para evitar roturas.
- Si se prepara una disolución para guardar en un frasco se etiquetará con el nombre, la concentración, la fecha y el nombre del operador.
- Si en alguna práctica se manejan esmerilados se deben untar con vaselina y vigilar que no se mojen con sosa porque se pueden soldar y cuesta mucho separarlos.

Si a pesar de ello os encontráis en esta situación calentad a la llama intensa del mechero la zona del esmerilado, pero poco tiempo, con la intención de dilatar la pieza hembra y que se dilate; luego intentar separar las piezas golpeándolas cuidadosamente con una pinza de madera.

El laboratorio debería disponer de los medios necesarios para evitar la penetración en el organismo de sustancias tóxicas por las tres vías posibles: digestiva, respiratoria y cutánea. Es decir:

- Campana de gases.
- Máscaras de celulosa, son baratas y protegen bien de la respiración de sustancias pulverulentas. Una máscara con filtros podría ser útil en casos de accidentes.
- Guantes de neopreno impermeables a diversas sustancias y otros guantes de protección térmica. Se recomienda comprarlos homologados en una casa de material de seguridad.
- Ducha y fuente lavaojos para actuar en casos de quemaduras, proyecciones o salpicaduras.
- Manta ignífuga para pequeños incendios o si prenden las llamas en la ropa como alternativa a la ducha.
- Por último un extintor polivalente.
- Es útil también un frasco con bicarbonato sódico a granel para utilizar en caso de derrames de ácidos.
- Por último un botiquín con al menos lo necesario para atender una quemadura o un corte. Ver también el manual de seguridad de PANREAC, del que recomendamos encarecidamente al profesorado que se lea la parte de primeros auxilios.

Cómo funciona un microscopio

Por su gran utilidad se adjuntan las normas básicas sobre el uso y funcionamiento del microscopio

El microscopio óptico está compuesto por un sistema de lentes de aumento: el ocular (5x, 10x, 15x, 20x) y el objetivo (4x, 10x, 25x, 40x, 100x de inmersión) y una lente condensadora que concentra la luz sobre la muestra.

Cuando adquirimos un microscopio podríamos prescindir del condensador y del objetivo de inmersión pero deberíamos asegurar una calidad mínima en las lentes objetivo que viene dada por el valor del poder de resolución o capacidad de separar dos puntos próximos previamente aumentados.

El límite del poder de resolución del ojo humano es de 0,1 mm y el del microscopio óptico alrededor de 0,2 mm. El poder separador del microscopio no depende de los aumentos sino de la obturación numérica (ON) que representa la cantidad de rayos de luz que entran en el objetivo para formar la imagen. La ON se incrementa en esta dirección: aceites inmersión (de cedro) > agua > aire (seco).

Los objetivos de menor aumento (4x, 10x, 25x) no requieren un valor elevado de ON que encarecería innecesariamente su precio pero es del todo imprescindible en los objetivos de mayor aumento. Como fórmula general es conveniente recordar que el aumento total del microscopio oscila entre 500 y 1.000 veces el valor de la ON. La ON de un objetivo de 40x varía por término medio entre 0,6-0,7 y en el de inmersión se recomienda un valor > 1. La lente objetivo lleva grabada como mínimo esta información: aumentos (4x)/ON (0,2).

El microscopio también está constituido por una parte mecánica formada fundamentalmente por una cremallera que acciona el macro y una rosca para el micrómetro que acercan o alejan el objetivo de la platina (preparación)-distancia de trabajo. Es muy útil que la platina sea doble y móvil accionada por un sistema de raíles o regleta en cruz que permite desplazar con mayor cuidado la preparación para su observación detallada accionando unos tornillos.

El diafragma regula la cantidad de luz como nuestra pupila y es de una gran utilidad que lleven la luz incorporada.

El recorrido de la luz es el siguiente: bombilla o espejo (flexo) → portafiltros → diafragma → condensador → agujero de la platina → lente objetivo → tubo óptico → lente ocular → retina.

Para enfocar debemos empezar con el objetivo de 4x y continuar gradualmente con los de mayor aumento. Moviendo el macro y el micro conseguiremos la visión óptima. Los microscopios de mayor calidad no necesitan prácticamente reenfocar cuando cambiamos de objetivo y estos llevan un muelle retráctil para evitar la rotura de la preparación cuando la distancia de trabajo entre el objetivo y la preparación se acerca peligrosamente a 1 mm.

Para **calcular los aumentos** totales utilizamos la fórmula siguiente:

Aumentos totales = Aumentos de la lente ocular × Aumentos de la lente objetivo
Ej.: 400x = lente ocular (10x) × lente objetivo (40x)

Las unidades más frecuentes utilizadas en microscopía son:

$$1 \text{ micrómetro } (\mu\text{m}) = 10^{-6} \text{ m}$$

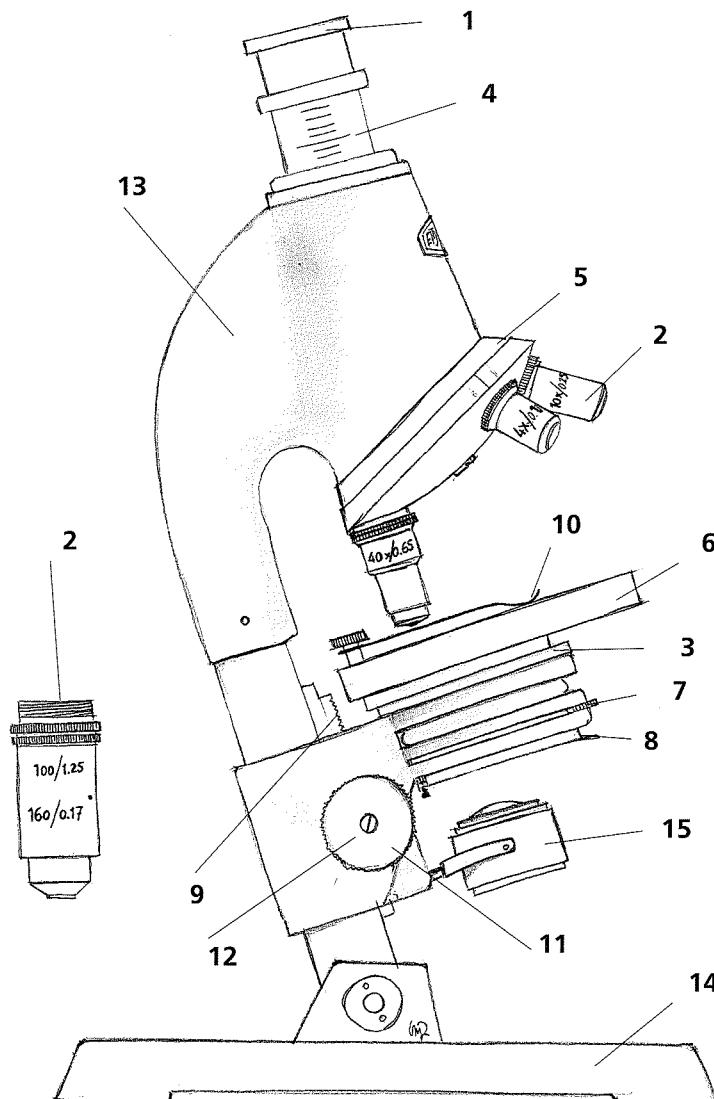
$$1 \text{ nanómetro } (\text{nm}) = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ Angström } (\text{\AA}) = 10^{-10} \text{ m}$$

Para **calcular el tamaño real** de un objeto (célula) de 1,5 cm de tamaño aparente medido con una regla de papel o bien con una platina graduada a 100x realizamos el siguiente cálculo:

FIGURA 190

Microscopio



1. Lente ocular, 2. Lente objetivo, 3. Lente condensador, 4. Tubo óptico, 5. Revolver, 6. Platina, 7. Diafragma, 8. Portafiltros, 9. Cremallera, 10. Pinzas de sujeción, 11. Tornillo macrométrico, 12. Tornillo micrométrico, 13. Brazo, 14. Pie, 15. Espejo o bombilla.

Tamaño real = Tamaño aparente/Aumentos

Ej.: $150 \mu\text{m} = 15000 \mu\text{m}/100$

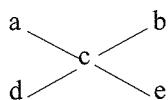
Concluimos que nuestra célula mide realmente 0,15 mm.

Preparación de soluciones

Una de las actividades que con más frecuencia ha de realizar un profesor de ciencias en el laboratorio es la de preparar disoluciones de diverso tipo. A continuación se muestran algunos ejemplos de cálculos y métodos.

PREPARACIÓN DE UNA DISOLUCIÓN POR DILUCIÓN DE OTRA MÁS CONCENTRADA (REGLA DE MEZCLAS)

Para realizar una dilución hasta un determinado porcentaje, un método sencillo y rápido es el siguiente. Si se dispone de dos disoluciones (A y D) de una determinada sustancia de concentraciones a y d respectivamente y se desea preparar una disolución C de concentración intermedia c, se podrá hacer mezclando debidamente las dos primeras. La disolución diluida puede ser el agua, siendo entonces d = 0.

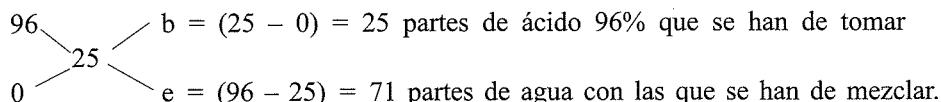


$b = (c-d)$ partes de la disolución de concentración A.

$e = (a-c)$ partes de la disolución de concentración D.

Se mezclarán $b = (c-d)$ partes de la disolución A con $e = (a-c)$ partes de la disolución D.

Por ejemplo, si se quiere obtener una disolución al 25% de ácido sulfúrico, a partir de una del 96%, se realizaran los siguientes cálculos:



$b = (25 - 0) = 25$ partes de ácido 96% que se han de tomar

$e = (96 - 25) = 71$ partes de agua con las que se han de mezclar.

CAMBIOS DE PORCENTAJE EN MASA

Para preparar 100 g de una disolución al 50% en masa (m/m) de alcohol etílico a partir de una solución de alcohol del 96% (m/m), se procederá:

Datos de la disolución a preparar \times datos de la disolución de la cual se parte

$$100 \text{ g de disolución} \times \frac{50 \text{ g de alcohol etílico}}{100 \text{ g de disolución}} \times \frac{100 \text{ g de disolución inicial}}{96 \text{ g de alcohol etílico}} = 52,08 \text{ g disolución inicial}$$

En un vaso de precipitados se mezclan 52,08 g de la disolución inicial y 47,92 g de agua destilada.

CAMBIOS DE COMPOSICIÓN EN CANTIDAD DE SUSTANCIA (ANTES MOLARIDAD)

Para preparar 100 ml de disolución 0,2 mol/l (antes M) de acetona a partir de una disolución 2 mol/l, se procede:

$$0,1 \text{ litros de disolución} \times \frac{0,2 \text{ moles de acetona}}{1 \text{ litro de disolución}} \times \frac{1 \text{ litro de disolución inicial}}{2 \text{ moles de acetona}} = 0,01 \text{ litro de disolución inicial} = 10 \text{ ml}$$

Se miden 10 ml de la disolución inicial con una pipeta graduada de 25 ml o bien con una pipeta aforada de 10 ml.

Se introducen en un matraz aforado de 100 ml y se enrassa con agua destilada. Si no se dispone de un matraz aforado se puede realizar en una probeta.

También podría haberse aplicado la regla de mezclas del primer ejemplo.

PREPARACIÓN DE UNA DISOLUCIÓN A PARTIR DEL SOLUTO

La cantidad de materia medida en gramos que hay que disolver se calcula como:

$$\text{Cantidad a preparar (en litros)} \times \text{molaridad a preparar} \times \text{masa molecular} \times \frac{1}{\text{riqueza}}$$

Ejemplo:

Para preparar 250 ml de una disolución 1 mol/l de NaOH, a partir de un producto con un 96% (m/m) de riqueza.

$$0,25 \text{ litros de disolución} \times \frac{1 \text{ mol de NaOH}}{1 \text{ litro de disolución}} \times \frac{40 \text{ g de NaOH}}{1 \text{ mol de NaOH}} \times \frac{100 \text{ g del producto}}{96 \text{ g de NaOH}} = 10,4 \text{ g del producto}$$

A unos 125 ml de agua destilada contenidos en un vaso de precipitados se añaden 10,4 g del producto comercial medidos en una balanza. Se remueve con una varilla hasta disolver. Se vierte con cuidado en un matraz aforado de 250 ml.

Para evitar posibles pérdidas de materia en el vaso de precipitados, es conveniente enjuagarlo con unos 25 ml de agua destilada que posteriormente se añaden al matraz aforado.

Por último se enrassa con agua destilada.

Si la solución inicial es líquida se trabajará más cómodamente midiendo volúmenes con las pipetas, por ello a los cálculos anteriores únicamente se debe añadir la densidad.

$$\text{Cantidad a preparar (en litros)} \times \text{molaridad a preparar} \times \text{masa molecular} \times \frac{1}{\text{pureza}} \times \frac{1}{\text{densidad}}$$

Ejemplo:

Para preparar 250 ml de disolución 0,2 mol/l de ácido clorhídrico a partir de una disolución comercial concentrada del 36% (m/m) y con una densidad de 1,180 g/ml.

$$250 \text{ ml de disolución} \times \frac{0,2 \text{ mol de HCl}}{1.000 \text{ ml de disolución}} \times \frac{36,45 \text{ g de HCl}}{1 \text{ mol de HCl}} \times$$

$$\times \frac{100 \text{ g solución comercial HCl}}{36 \text{ g de HCl}} \times \frac{1 \text{ ml solución comercial HCl}}{1,180 \text{ g solución comercial HCl}} = 4,29 \text{ ml solución comercial}$$

Para no pipetear directamente de la botella, ya que los vapores son muy peligrosos, se vierten unos 25 ml en un vaso de precipitados y con una pipeta provista de una pera, se pipetean los 4,29 ml calculados. Se vierte el contenido de la pipeta en otro vaso de precipitados que contenga unos 80 ml de agua destilada.

Se vierte la solución en un matraz aforado de 250 ml. Para evitar posibles pérdidas de materia en el vaso de precipitados donde se ha diluido el ácido, es conveniente enjuagarlo con unos 25 ml de agua destilada que posteriormente se añaden al matraz aforado.

Se afora con agua destilada, se tapa y se invierte un par de veces para homogeneizar la solución.

Aunque la mayor parte de los trabajos prácticos que se proponen en este libro necesitan poco material para su realización, es evidente que algo es necesario, por lo que haremos algunas consideraciones al respecto. Además, ni este libro es el primero, ni se agotan en él las posibilidades de trabajo experimental, así que realizaremos una exposición de otros textos que también merece la pena conseguir.

Los materiales

Si se dispone de suficiente dinero se puede acudir a un distribuidor de material de laboratorio local o directamente a las casas comerciales, pero muchas veces o bien no se desea realizar un desembolso en esta dirección o se prefiere utilizar materiales más sencillos y caseros, dándole más importancia a los conceptos a estudiar que a la parafernalia instrumental.

En estos casos, objetos que en principio podemos considerar inservibles en nuestras casas o en las de los estudiantes, así como algunos artículos que se venden en comercios o en pequeñas y grandes empresas de la localidad pueden ser una fuente inagotable de materiales para el laboratorio. También las tiendas “Todo a 100”, las tiendas de bricolaje, las ferreterías y comercios de material para electricidad y electrónica, etc. pueden proporcionarnos materiales e instrumentos muy por debajo del coste respecto al de las casas comerciales de material de laboratorio.

De todas formas vamos a recomendar dos distribuidoras de material de laboratorio que por las características de su oferta nos parecen especialmente interesantes.

Una es la empresa Ciencia Activa de Barcelona que edita el proyecto *Ciencias 12-16* (también 0-3 y 3-12), que es un proyecto de ciencia integrada diseñado en colaboración con el Departament d’Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, para las edades que indica el título y que distribuye los kits de materiales, ingeniosos, versátiles y a precios asequibles, especialmente diseñados para el proyecto, que tiene una gran componente experimental.

Otra es la empresa EDIS (www.stq.urv.es/edis) de la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona que edita el proyecto APQUA, que es un proyecto adaptado del *Chemical*

Education for Public Understanding Program (CEPUP), inicialmente diseñado en la Universidad de California (Estados Unidos de América), que está pensado básicamente para las mismas edades, de 12 a 16 años. Las unidades didácticas elaboradas son básicamente de química experimental y muy relacionadas con los problemas sociales y medioambientales actuales. Van acompañadas de unas cajas especialmente diseñadas para realizar los experimentos de las unidades y que, como en el caso anterior, son muy ingeniosas, versátiles y a precios ajustados.

Una característica muy interesante de los kits de una y otra empresa es que están pensados para que con una caja pueda trabajar un grupo entero de alumnos (hasta 30) en cualquier aula, que no sea necesariamente el laboratorio, sin necesidad de más materiales.

Los manuales

Queremos destacar que muchas de las experiencias de laboratorio propuestas han llegado hasta nosotros de forma difusa en reuniones y discusiones con otros compañeros de profesión o en lecturas variadas a lo largo de los años. Otras tantas son propuestas propias o adaptaciones de trabajos prácticos clásicos. En consecuencia, las más de las veces no conocemos la procedencia y por ello no podemos citar estas publicaciones ni agradecer a sus autores su contribución al estudio de la ciencia, aunque les estamos muy reconocidos.

A pesar de ello, a continuación se citan las fuentes bibliográficas de las que los autores creen que han ido bebiendo a lo largo de sus trienios como profesores de ciencias:

El *Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias* (1978) editado por la Ed. Edhasa es un libro fundamental que contiene una recopilación muy buena de experiencias de laboratorio de todas las ciencias, pensadas para escuelas (y países) con pocos recursos; vamos, las de todos. Se completa con el *Manual de la Unesco para Profesores de Ciencias* editado por la propia Unesco en París, que dedica la mitad de sus páginas a tratar de las instalaciones y material de laboratorio.

Los proyectos ingleses Nuffield editados por la Ed. Reverté (www.reverte.com), aunque elaborados en los años 60 y 70, son una fuente inagotable de recursos para el laboratorio. Los hay de física, química, biología y ciencia integrada, tanto a nivel básico como avanzado. Como cada proyecto son varios volúmenes resultan caros de compra, pero si se dispone de dinero hay que ponerse rápidamente en contacto con la editorial Reverté para que envíe un catálogo.

En ese mismo catálogo de la editorial Reverté se encuentran toda una serie de proyectos americanos de las mismas épocas, y también recientes, que no tienen desperdicio: dos de los tomos del proyecto CBA titulados *Investigación de Sistemas Químicos*, el *Manual de laboratorio del proyecto CHEM - Química, una ciencia*

experimental, el *Curso de introducción a las ciencias físicas del proyecto IPS*, la *Guía del laboratorio del proyecto PSSC*, etc., así como todos los manuales del proyecto APQUA.

En muchísimos institutos y colegios españoles existen los equipos y manuales didácticos, con la descripción de las experiencias pensadas para sus equipos, de la antigua Empresa Nacional de Óptica (Enosa). Hoy en día estos materiales y manuales (que se pueden solicitar independientemente) son distribuidos por la empresa TSD (www.tsde.es). Resultan muy interesantes aunque, a veces, en el caso de los pensados para el bachillerato, es un poco complicada su realización. No obstante se pueden sacar ideas muy buenas.

Igualmente, las diferentes casas comerciales de material de laboratorio PYWE, Eurociencia (www.eurociencia.com), etc., tienen editados manuales especialmente diseñados para sus cajas de material de laboratorio.

El Centre de Documentació i Experimentació del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya (www.xtec.es/cdec) ha ido recopilando dossieres con protocolos de trabajos prácticos, tanto de elaboración propia como del profesorado de ciencias de Cataluña con propuestas muy variadas e interesantes, así como información sobre casas comerciales donde conseguir instrumental y materiales.

Los materiales editados por el equipo de educación ambiental La Vola, de la editorial Eumo, están llenos de propuestas experimentales en su campo.

El libro de Cortel, A. (1997), *Las ondas. La luz y el sonido*, de la editorial Horsor-ICE Universidad de Barcelona es un libro muy recomendable que dispone de una gran cantidad de experiencias de muy fácil comprensión y realización adaptable a varios niveles educativos.

La ciencia en el aula. Actividades de aprendizaje en ciencias naturales de Albadalejo *et al.* publicado en Barcanova es un buen ejemplo de cómo contextualizar las prácticas, lecturas y otras actividades de lápiz y papel como ejemplos de pequeñas investigaciones.

Los trabajos prácticos tratados como pequeñas investigaciones son una de las líneas de investigación de Daniel Gil y el grupo de Valencia, con la que nos identificamos. Aunque alguno de los libros que específicamente han escrito al respecto están agotados, se puede apreciar el papel que les asignan y la forma en la que proponen llevarlos a cabo en el libro *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria* (1991).

Precisamente, J. I. Flor propone una serie de ejemplos concretos de problemas experimentales para trabajar con los estudiantes de 12-16 años, que constituyen una buena fuente de recursos para el profesorado.

En el mercado anglosajón existen diversos libros de datos del tipo *Handbook of Chemical*, etc. que evidentemente por su tipología no están traducidos y editados en castellano. Pero en el mercado español existe un pequeño libro (en comparación con

los *handbooks*) muy interesante para su utilización en los laboratorios de enseñanza secundaria. Nos referimos a *Datos de física y química* de Strandgaard y colaboradores (1987) editado por Marfil (Alcoy), que a pesar de su tamaño y su nombre es muy completo ya que contiene datos referidos a todas las disciplinas científicas y en suficiente cantidad y variedad para, en general, no necesitar ningún otro.

En cuanto a manuales sobre seguridad en el laboratorio, la casa de productos químicos PANREAC edita un manual breve y sencillo, pero completo e imprescindible en cualquier laboratorio. Se les puede solicitar de forma gratuita o bien acudir a su página web (www.panreac.es) desde donde se puede bajar en formato PDF.

Otra fuente interesante de información respecto a datos de productos químicos, seguridad (frases R y S), sistemas de neutralización o desactivación, y conveniente a la hora de pedirlos a vuestro proveedor es un catálogo de reactivos. Puede ser de cualquiera de las marcas que pasan por nuestras manos: PANREAC, PROBUS, PROLABO, MERCK, etc.

Ni que decir tiene que se puede encontrar mucha más información en manuales, libros de texto y, sobre todo hoy en día, en Internet. Pero eso ya es cosa de los lectores.

ALBADALEJO y otros: *La ciencia en el aula. Actividades de aprendizaje en ciencias naturales*, Barcelona, Barcanova,

BARBERÁ, O. y VALDÉS, P.: "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 14, núm. 3, Barcelona, 1996.

CAAMAÑO, A.: "Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación", *Aula de innovación educativa*, núm. 9, Barcelona, 1992.

CORTEL, A. *Las ondas. La luz y el sonido*, Barcelona, Ed. Horsori - ICE Universidad de Barcelona, 1997.

FLOR, J. I.: *Recursos para la investigación en el aula*, Sevilla, Díada Editoras, 1992.

GIL, D. y otros: *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Ed. Horsori - ICE Universidad de Barcelona, 1991.

GIL, D. y VALDÉS, P.: "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo", *Enseñanza de las ciencias*, núm. 14 (2), Barcelona, 1996.

GIL y otros: ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las ciencias*, núm. 17 (2), Barcelona, 1999.

NIEDA, J.: "Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria", *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 2, Barcelona, 1994.

PAYÁ, J.: *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*, tesis doctoral, Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València, 1991.

TAMIR, P: "Trainig teachers to teach effectively in the laboratory", *Science Education*, 1989.

UNESCO: *Manual de la Unesco para Profesores de Ciencias*, París, Ed. Unesco, 1981.

— *Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, Ed. Edhsa, 1978.

STRANDGAARD, E. y otros: *Datos de física y química*, Alcoy (Valencia), Ed. Marfil, 1987.

Abedul, dibujo, 159
Abeto de Navidad, dibujo, 161
Acacia, dibujo, 163
Ácaro rojo, dibujo, 175
Acción y reacción, principio de, 23, 46
Aceite
 de girasol, obtención, 222
 de oliva, obtención, 221
Aceitunas, aceite, 222
Aceleración de la gravedad, 30, 33
Acer monspessulanum, dibujo, 158
Acicular, 156
Ácido
 cítrico, 122
 clorhídrico, 93, 122
 fosfórico, 122
 nítrico, 123
Ácidos grasos, 223
Aditivos, conservantes, 122
ADN, extracción, 186
Aesculus hippocastanum, dibujo, 158
Agua de cristalización, 142
Agua oxigenada, 95
Aire, composición, 110, 113
Álamo blanco, dibujo, 162
Álamo negro, dibujo, 162
Algias, 171
cianoficeas, 171
Alimentos, análisis, 227
Aliso, dibujo, 158
Almez, dibujo, 159
Alnus glutinosa, dibujo, 158
Amento, 156
Ammonoideos, dibujo, 210
Amoníaco, 120
Amonio,
 cloruro, 130
 dicromato, 122
Análisis
 de alimentos, 227
 de orina, 182
 de suelos, 217
Anelido, 160
Anisoria sp., dibujo, 210
Ánodo, 133
Antibióticos, inhibidor del crecimiento, 167
Árboles,
 clasificación, 151
 lista de nombres, 165
Arce, dibujo, 158
Ariolo, 156
Arquímedes, principio de 101
Arterias, 190
coronarias, 195
Aulosmilia/Placosmilia sp., dibujo, 210
Aumentos, microscopio, 242
Aurículas, 189, 191
Avellano, dibujo, 159
Avogadro, número, 134
Azúcar de mesa, 124
Azúcares en alimentos, 227

Azul de bromofenol, 121
Azul de bromotimol, 121, 180
Azul de metileno, 125, 138, 179
 tinción, 147, 148

Barómetro, construcción, 115, 116
Belemnites sp., dibujo, 210
Betula pendula, dibujo, 159
Birrefringencia, 201
Biuret,
 preparación, 230
 reactivos, 183, 228
Bomba de vacío, 31
Bombilla, construcción, 61
Botánica, glosario, 156
Boyle, ley de, 92, 111
Bráctea, 156
Branquias, 170
Brújula, construcción, 61
Buganvilla, 122
Bureta, manejo, 102

Caduca, hoja, 157
Caída libre, 30
Caja negra, 38
Calceola sp., dibujo, 211
Calentamiento, curva de, 82
Calor
 absorbido, 48
 específico, 47, 48
Calorímetro, 47
Cambio de estado, 51, 81
Campo magnético, 62, 63, 64
Capacidad
 auditiva, 78
 calorífica, 43
Carbonato de sodio, sosa, 219
Carga eléctrica, 55, 56, 57, 58
Carotenos, 144
Carpelo, 157
Caseína, 225

Castanea sativa, dibujo, 159
Castaño de Indias, dibujo, 158
Castaño, dibujo, 159
Catabolismo oxidativo, 182
Catalizador, 95, 132
Cátodo, 133
Celda electrolítica, 133
Celtis australis, dibujo, 159
Célula fotovoltaica, 38
Células
 animales, 179
 de mohos, 169
 vegetales, 147
Cercos, 170
Charco, vida en, 169
Cianoficeas,
 algas, 171
 algas procariotas, dibujo, 178
Citoplasma, 147, 148
Cladófora, alga, dibujo, 177
Clasificación
 de árboles, 151
 de fósiles, 207
 de minerales, 197
 de rocas, 202
Clave identificación de plásticos, 234, 235
Claves dicotómicas,
 árboles, 151
 fósiles, 207
 minerales, 197
 rocas, 202
Cloroficeas, algas, 171
Clorofila, 144
Cloruro
 de amonio, 130
 de cobalto (II), 124
 de cobre (II), 136
 de plata, 121
 de sodio, 124
 de zinc, 130

Closterium, alga Desmidiácea, dibujo, 177

Coagulación de la leche, 225

Cobalto, cloruro, 124

Cobre,

- cloruro, 136
- hidróxido, 120
- sulfato pentahidratado, 120, 127, 141
- tetramonio (complejo), 120

Col lombarda, 122

Color, 67, 68

Colores

- a la llama, 118
- primarios, 67
- secundarios, 67

Combustión, plásticos, 232

Complejo, formación, 120

Composición, disoluciones, 245

Compresibilidad, 90

Conducción, 45

Conductividad

- eléctrica, 86
- térmica, 45

Conidióforos, 168

Conidios, 169

Conservantes, aditivos, 122

Construcción

- barómetro, 115, 116
- bombilla, 61
- brújula, 61
- dinamómetro, 22
- electroforo, 58
- espectroscopio, 66, 118
- estetoscopio, 74
- manómetro, 101
- motor eléctrico, 63
- pilas, 127, 128, 132
- pila de Volta, 127
- pila salina, 132

Convección, 44

Copépodo adulto, dibujo, 174

Copépodo, larva nauplius *de*, dibujo, 174

Corazón, disección, 188

Córnea, 184

Coroides, 185

Corylus avellana, dibujo, 159

Cosmarium, alga Desmidiácea, dibujo, 177

Cotiledones, 149, 150

Crinoideos, dibujo, 211

Cristalino, 184

Cristalización, 141

Cristalización, minerales, 198

Cromatina, 186

Cromato de plata, 121

Cromatografía de papel, 143, 145

Cromatograma, 144

Cromo, óxido, 122

Crustáceos, 171

Cuajo, 225

Culícido, larva de, dibujo, 173

Culícido, pupa de, dibujo, 173

Cunnolites/ Ciclolites sp., dibujo, 211

Curva de calentamiento, 82

Cyrena sp., dibujo, 211

Daniell, pila de, 128

Densidad, 50, 84, 97, 97, 113, 114

- del alcohol, 143
- de plásticos, 231

Densímetro, 99

Depuración de la sangre, 179

Dermatoglifos, 186

Descomposición de compuestos, 122

Destilación, 142,

- del vino, 142

Diatomeas, algas, 171

Diatomeas, algas, dibujo, 178

Diccionario de botánica, 156

Dicotiledóneas, 149

Dicromato

- de amonio, 122

de plomo (II), 121
Difusión, 89, 92
Dilatación, 52, 53, 90, 91
Dinamómetro, 22
Diodo, 128
Dióica, 157
Dióxido
 de carbono 93, 94, 114
 de manganeso, 130
 de nitrógeno, obtención, 123
Diploctenium sp., dibujo, 211
Discontinuidad de la materia, 89
Disección del ojo, 183
Disolución saturada, 84,
Disoluciones, preparación, 244
Disolventes orgánicos, 137, 222
Drupa, 157
Dureza,
 minerales, 199
 plásticos, 232

Ebullición, 50
temperatura, 142
Efímera, ninfa, dibujo, 172
Elasticidad, 21
Electrización
 por frotamiento, 55, 56
 por inducción, 58
Electrodo, 129, 131, 132
Electroforo, 58
Electroimán, 63
Electrólisis, 133, 135, 136
 del agua, 134
Electrómetro, 57
Electroscopio, 56
Elementos químicos, identificación, 117
Eluyente, 146
Embudo de decantación, 137
Encina, dibujo, 162
Energía
 cinética, 35

potencial, 35
solar, 38, 40
propagación, 72, 73
Envoltura pericárdica, 188
Ephydra, larva de, díptero, dibujo, 172
Epidermis
 de cebolla, 147
 hoja de lirio, 148
EPS, plástico, 231, 236
Equilibrio térmico, 46, 47
Escala de polaridad, 146
Esclerótica, 185
Espectro, 65
Espectros de emisión, 117
Espectroscopio, construcción, 66, 118
Espejo
 cóncavo, 70
 convexo, 70
Eспорангios
 de moho, 168
 de musgo, 151
Esporas, 169
Esqueje, 150
Estaláctitas, 219
Ésteres, ácidos grasos, 223
Esterificación, 223
Estetoscopio, construcción, 74
Estípula, 157
Estomas, 124, 148
Estratigrafía, fósiles, 216
Eter de petróleo, 222
Eutrófico, 170
Exfoliación, minerales, 200
Experimento de Oersted, 62, 63
Extracción
 líquido-líquido, 137
 sólido-líquido, 222

Familias de árboles, 165
Fehling A, B,
 preparación, 230

reactivos, 182, 228
Fenolftaleína, 121
Fenoplásticos y aminoplásticos, 231, 236
Fermentación del pan, 224
Fermentación láctica, 225
Ferrocianuro, 121
 de potasio, 121
Ficus carica, *dibujo*, 160
Filtración, 138, 141
Filtro
 de arena, 138
 de pliegues, 140
 liso, 139
Flexibilidad, plásticos, 232
Flores, 122
Flotación, 97, 98, 99
Foliolos, 157
Fósiles,
 clases, 216
 clasificación, 207
Foucoault, péndulo de, 34
Fraxinus oxycarpa, *dibujo*, 160
Frecuencia, 76
Fresno, *dibujo*, 160
Fuerza
 de gravedad, 31
 de rozamiento, 31
 elástica, 21, 22
 acción, 23
 reacción, 23
Fuerzas
 concurrentes, 25
 eléctricas, 55, 56
 paralelas, 24
Gay-Lussac, ley de 52, 90
Genética en las huellas dactilares, 186
Geoda, 201
Germinación semillas, 149
Girasol, aceite, 222
Glabro, 157
Globos, prácticas con, 24, 53, 55, 91, 111, 112
Glosario de botánica, 156
Glucosa, 125
 en orina, 182
Gota de agua verde, vida en, 169
Grado alcohólico, 142
Grafito, 130, 132
Gran, 157
Graptolitos, *dibujo*, 212
Gusano Nemátodo, *dibujo*, 176
HDPE, plástico, 231, 235
Helecho, *dibujo*, 212
Hemisferios de Magdeburgo, 53
Hidratación, 124
Hidrógeno, producción, 93
Hidróxido
 de cobre (II), 120
 de potasio, 125
 de sodio, 120
Hifas, 168
Higroscópico, 130
Higuera, *dibujo*, 160
Hippurites sp., *dibujo*, 212
Hoffmann, voltímetro, 134
Hoja caduca, 157
Hongos, 167
Hooke, ley de, 21
Huellas dactilares, 186, 187
Humor vítreo, 184
Hydrodyction, *alga*, *dibujo*, 177
Hydrophilido, larva de, coleóptero, *dibujo*, 172
Identificación
 de plásticos, 231
 elementos químicos, 117
Imagen
 real, 70
 virtual, 70

Imán, prácticas con, 61 - 64
Indicadores, 121, 136
 calidad de aguas, 170
 limnológicos, 170
Inercia, 23
 principio de, 23
Inhibidor del crecimiento, 167
Intensidad, 59
Ión tetraamino cobre (II), 120
Ión tetramonio zinc, 131

Jabón, obtención, 223
Juglans regia, dibujo, 160

Kitasatos, 51
Kundt, tubo de, 75

Lactobacillus bulgaricus, 225
Lactosuero, 226
Larvas
 de crustáceos, 171
 de insecto, 170
Lavoisier, ley de, 93
LDPE, plástico, 231, 235
LED, diodo, 128
Lente
 convergente, 71
 divergente, 71
Lentisco, dibujo, 161
Levadura, 224
Ley
 de Boyle, 92, 111
 de Gay-Lussac, 52, 90
 de Hooke, 21
 de Lavoisier, 93
 de Ohm, 59
 de Raoult, 52
Leyes de Newton, 23, 26
Libélula, ninfa de, dibujo, 172
Limbo, 157
Limnea sp., concha de, dibujo, 174

Lípidos en alimentos, 227
Lluvia de oro, 119
Longitud de onda, 76
Ludión, 99
Lugol, preparación, 230
Lugol, reactivo, 169, 229
Luz,
 blanca, 67
 descomposición, 65
 propagación, 65
 refracción, 69

Macla, 201
Magdeburgo, hemisferios, 53
Magnesio, cinta, 94
Manganeso, dióxido, 95, 130 - 132
Manómetro, construcción, 101
Máquinas, 37
Masa de los gases, 113
Masa inerte, 26
Mezcla homogénea, 142
Mezclas frigoríficas, 51
Micelio, 168
Microorganismos, crecimiento, 167
Microscopio,
 dibujo, 243
 funcionamiento, 241
Minerales,
 clases, 201
 clasificación, 197
Miocardio, 192
Modelo de nefrona, 181
Mohos, 168
Monocotiledóneas, 149
Moore, reacción de, 125
Motor, construcción, 63
Movimiento
 periódico, 33
 rectilíneo uniforme, 27, 28, 29
 rectilíneo uniformemente acelerado, 30, 32

vibratorio armónico simple, 35
Mucor mucedo, moho, 168
Mucosa bucal, 179
Muelle, 21, 35
Musgos, observación, 150

Nadador de espaldas, dibujo, 173
Naranja de metilo, 121
Nefrona, 179
Nemátodos, 171
Newton,
 primera ley de, 23
 segunda ley de, 26
tubo de, 31
Niebla, 110
Ninfas, 170
Nitrato de plata, 121
Nogal, dibujo, 160
Nombre de los árboles, 165
Núcleo, 147,148
Nucleolos, 148
Número de Avogadro, 134
Nummulítidos, dibujo, 212

Obtención
 de aceite de girasol, 222
 de aceite de oliva, 221
 de jabón, 223.
 de pan, 224
 de papel, 226
 de un plástico, 230
 de yogurt, 225
 del queso, 225

Oersted, experiencia de, 62, 63
Ohm, ley de, 59
Ojo,
 dibujo, 184, 185
 disección, 183
Olea europea, dibujo, 160
Olivo, dibujo, 160
Olmo, dibujo, 164

Onda
 estacionaria, 79
 longitudinal, 74, 79
 sonora, producción, 73
 sonora, propagación, 74
 transversal, 79
 velocidad de propagación, 79
Orbitolínidos, dibujo, 213
Orina, análisis, 182
Ortocerátidos, dibujo, 213
Oscilación, 33, 34
Ostrácodos, dibujo, 175
Óxido de cromo (III), 122
Óxidos de manganeso, 95, 130 - 132
Óxidos de nitrógeno, obtención, 123
Oxígeno, 94, 113

P. notatum, 168
P. roquefortii, 168
Pan, obtención, 224
Papel reciclado, obtención, 226
Paramecio, protozoo, dibujo, 176
Paramecios, 171
Pared celular, 147,148
Partículas,
 masa, 90
 movimiento, 90
Pascal, principio de, 100
Pediastrum, alga, dibujo, 177
Pedicelos, 169
Péndulo, 33, 55
 de Foucault, 34
 resonante, 72
Penicilina, 168
Penicillium sp., moho, 168
Perenne, 157
Pericárdica, membrana, 188
Periodo, 33, 35
PET, plástico, 231, 235
pH en orina, 183
pH, 122, 136, 167

Picea /*Abies Excelsa*, dibujo, 161

Pigmentos

- primarios, 68
- secundarios, 68
- vegetales, separación, 143

Pila

- de Daniell, 128
- de patata, 128
- de petaca, 130
- de Volta, 127
- Leclanché, 130
- salina, 130, 132
- seca, 131

Pino carrasco, dibujo, 161

Pinus halepensis, dibujo, 161

Pistacia lentiscus, dibujo, 161

Plano inclinado, 32, 37

Planorbis sp., dibujo, 213

Plántula, 149

Plástico,

- termoestable, 232
- termoplástico, 232
- obtención, 230

Plásticos,

- identificación, 231
- propiedades, 231

Plata,

- cloruro, 121
- cromato, 121
- nitrato, 121

Plátano, dibujo, 161

Platanus x hybrida, dibujo, 161

Plomo,

- dicromato, 121
- yoduro, 119

PMMA, plástico, 231, 236

Poder de resolución, 241

Polaridad, 128

- del agua, 58
- escala, 146

Polea, 38

Policloruro de vinilo, 231, 235

Poliestireno expandido, 231, 236

Poliestireno, 231, 236

Polietileno alta densidad, 231, 235

Polietileno baja densidad, 231, 235

Polietilenterftalato, 231, 235

Polimetacrilato de metilo, 231, 236

Polímetro, 128

Polipropileno, 231, 236

Populus alba, dibujo, 162

Populus nigra, dibujo, 162

Porosidad del suelo, 218

Potabilización del agua, 139

Potasio,

- ferrocianuro, 121
- hidróxido, 125

PP, plástico, 231, 236

Precipitación, reacción, 119

Precipitado azul, 120

Preparación de disoluciones, 244

Presión

- atmosférica, 105 - 113
- de vapor, 52
- gas, 90, 92
- hidrostática, 101

Primera ley de Newton, 23

Principio

- de acción y reacción, 23, 46
- de Arquímedes, 101
- de la inercia, 23
- de Pascal, 100

Procesos industriales, 219

Propiedades de los plásticos, 231

Proporcionalidad

- directa, 22, 59
- inversa, 47

Proteínas

- en alimentos, 227
- en orina, 183

Protistas, 169

Protozoos, 171

PS, plástico, 231, 236
Puente salino, 129
Pulga de agua, Cladócero, dibujo, 175
Pulmones, 196
Pulpa, 157
Punto de ebullición, 142
Pupas, 170
PVC, plástico, 231, 235

Quercus faginea, dibujo, 162
Quercus ilex, dibujo, 162
Queso fresco, obtención, 225
Queso roquefort, 168
Quironómido, larva de, dibujo, 173

Radiación, 45
 solar, 38, 40, 45

Radícula, 149

Raoult, ley de, 52

Reacción
 de combustión, 93, 94
 de precipitación, 94
 endotérmica, 124
 exotérmica, 93, 94, 124
 química, 92, 93
 redox, 122, 123, 125, 127, 182, 228

Reactividad, metales, 94

Reconocimiento de sulfuros, minerales, 206

Refracción, 69

Reproducción
 vegetal, 150
 vegetativa, 150

Resinas (PF/MF), 231, 236

Resistencia, 59, 60

Resistividad, 60

Resonancia, 72, 76, 77

Retina, 185

Rhus foliola, dibujo, 213

Rhynconella sp., dibujo, 214

Riñón, 179

Robinia pseudo-acacia, dibujo, 163

Roble, dibujo, 162

Rocas,
 clases, 206
 clasificación, 202

Rojo neutro, 121, 180

Rotíferos, 171

Rotíferos, dibujo, 176

Sacarosa, 124

Saccharomyces cerevisiae, 224

Sal en orina, 182

Salfumant, 122

Salix alba, dibujo, 163

Sámara, 157

Saponificación, 223

Sauce, dibujo, 163

Segunda ley de Newton, 26

Seguridad, laboratorio, 239

Semillas, 149

Separación
 de fases, 138
 de mezclas, 139, 140, 141
 de pigmentos, 143, 145
 de sustancias, 137

Sifón, 108, 109

Sigillaria sp., dibujo, 214

Sodio, 94
 cloruro, 124
 hidróxido, 120
 sulfato, 136

Solidificación, 50

Solubilidad, 84, 85, 86, 120
 plásticos, 232

Sonido,
 amplificación, 80
 producción, 73
 propagación, 74, 76
 velocidad, 75,

Sphaerulites sp., dibujo, 214

Spirifer sp., dibujo, 214

Spirogyra, alga, dibujo, 177
Stiloniquia, protozoo, dibujo, 176
Streptococcus thermophilus, 225
Sudán III, colorante, 228, 230
Suelos, análisis, 217
Sulfato
 de cobre pentahidratado, 120, 127, 141
 de sodio, 136
Sulfuros minerales, reconocimiento, 206
Surco interventricular, 191
Surtidor, 107, 108
Sustancia pura, 81

Tabla de árboles, 165
Tamarix sp., dibujo, 163
Tamariz, dibujo, 163
Taxus baccata, dibujo, 163
Tejo, dibujo, 163
Temperatura
 de ebullición, 50, 81, 83
 de fusión, 81
Terebratula sp., dibujo, 215
Termoestable, 232
Termoplástico, 232
Tetraóxido de dinitrógeno, obtención, 123
Textura
 del suelo, 217
 de rocas, 203
Thiele, tubo de, 51
Tilia sp., dibujo, 164
Tilo, dibujo, 164
Tinción, 147, 148

Trabajo, 35, 36, 37
Transparencia, plásticos, 231
Trigonia sp., dibujo, 215
Trilobites, dibujo, 215
Tubo
 de Kundt, 75
 de Newton, 31
 de Thiele, 51
Turritela sp., dibujo, 215

Ulmus minor, dibujo, 164
Umbral de audición, 78
Urea, cristales, 183

Vacío, 31, 50, 53, 106, 110, 111
Válvula
 mitral, 195
 tricúspide, 193, 194
Válvulas sigmoideas, 192, 194, 195
Velocidad, 27
Venas, 191
Ventrículos, 189, 191
Violeta de cristal, 137
Volta, pila, 127
Voltaje, 59, 131
Voltámetro de Hoffmann, 134
Vorticelas, protozoo, dibujo, 176

Yodo, 138, 141
Yoduro de plomo (II), 119
Yogurt, obtención, 225

Zinc, 93, 130
Zinc, cloruro, 130

Índice de trabajos prácticos

| | |
|---|----|
| Introducción | 9 |
| Los trabajos prácticos en ciencias experimentales | 13 |
| Situación actual de los trabajos prácticos (TP) | 13 |
| El aprendizaje de las ciencias y los TP | 14 |
| La incardinación de los TP en el currículum | 15 |
| 1. Fuerzas y movimiento | 21 |
| 1. Ley de Hooke. Relación entre la fuerza aplicada y el alargamiento de un muelle | 21 |
| 2. Construcción de un dinamómetro | 22 |
| 3. Principio de la inercia. Primera ley de Newton | 23 |
| 4. El principio de acción y reacción | 23 |
| 5. Equilibrio de fuerzas paralelas | 24 |
| 6. Equilibrio de tres fuerzas concurrentes | 25 |
| 7. Segunda ley de Newton | 26 |
| 8. Movimiento uniforme | 27 |
| 9. Caída de cuerpos en el vacío | 30 |
| 10. Movimiento en el plano inclinado | 32 |
| 11. El péndulo | 33 |
| 12. Péndulo de Foucault | 34 |
| 13. Vibración de un muelle | 35 |
| 14. Relación entre la energía y el trabajo | 35 |
| 15. Trabajo realizado al subir un cuerpo | 36 |
| 16. Máquinas. El plano inclinado | 37 |
| 17. Es más cómodo elevar un peso con una polea | 38 |
| 18. La polea móvil divide el esfuerzo por dos | 38 |
| 19. Estudio de la intensidad de la radiación solar | 38 |
| 20. Calentadores solares | 40 |

| | |
|--|----|
| 2. Calor y temperatura | 43 |
| 21. Concepto cualitativo de capacidad calorífica | 43 |
| 22. Transmisión de calor por convección | 44 |
| 23. Transmisión de calor por conducción | 45 |
| 24. Transmisión de calor por radiación | 45 |
| 25. Cómo hacer avanzar un barco con un motor térmico | 46 |
| 26. Intercambio de calor entre dos líquidos (equilibrio térmico) | 46 |
| 27. Influencia de la naturaleza de las sustancias en el equilibrio térmico | 47 |
| 28. El aumento de temperatura en las sustancias | 48 |
| 29. Congelación de agua y aceite | 50 |
| 30. El agua vuelve a hervir sin tener que calentar | 50 |
| 31. La temperatura no varía durante la ebullición, pero es diferente si cambia la presión | 50 |
| 32. Los cambios de estado provocan intercambios de energía con el entorno | 51 |
| 33. Mezclas frigoríficas | 51 |
| 34. Un líquido que corre (dilatación y contracción de gases) | 52 |
| 35. Los vasos de Magdeburgo | 53 |
| 36. Dilatación de líquidos | 53 |
| 37. Dilatación de sólidos | 53 |
| 3. Electricidad y magnetismo | 55 |
| 38. Frotar globos con lana | 55 |
| 39. Frotar varillas con un paño de lana o algodón | 55 |
| 40. Péndulo de porexpan | 56 |
| 41. La carga eléctrica y la pantalla de la televisión | 56 |
| 42. Electroscopio | 56 |
| 43. Electrómetro | 57 |
| 44. Electroforo | 58 |
| 45. El agua tiene carga eléctrica | 58 |
| 46. La proporcionalidad entre la intensidad y el voltaje | 59 |
| 47. No todos los conductores eléctricos ofrecen la misma resistencia al paso de la corriente eléctrica | 60 |
| 48. Construcción de una bombilla | 61 |
| 49. Construcción de una brújula | 61 |
| 50. Experimento de Oersted | 62 |
| 51. Experimento de Oersted: reglas de las manos | 63 |
| 52. Construcción de un electroimán | 63 |

| | |
|---|----|
| 53. Construcción de un motor | 63 |
| 54. Líneas del campo magnético | 64 |
| 4. Ondas, sonido y óptica..... | 65 |
| 55. Propagación rectilínea de la luz | 65 |
| 56. Descomposición de la luz blanca | 65 |
| 57. La luz a través de filtros. | 66 |
| 58. Composición de la luz. Disco de colores | 67 |
| 59. Televisor en color | 67 |
| 60. El color de los objetos | 68 |
| 61. Mezclas de pigmentos | 68 |
| 62. Refracción de la luz | 69 |
| 63. Las imágenes en los espejos cóncavos | 70 |
| 64. Lentes | 71 |
| 65. Juego de las tres monedas | 72 |
| 66. Péndulos resonantes | 72 |
| 67. Juego de bolas de Newton | 73 |
| 68. Transferencia de energía | 73 |
| 69. Cómo se produce una onda sonora | 73 |
| 70. Construcción de un teléfono con dos vasos y un cordel | 74 |
| 71. Propagación del sonido en sólidos..... | 74 |
| 72. Construcción de un estetoscopio. Propagación de las ondas en el agua | 74 |
| 73. Sensibilidad del oído humano | 75 |
| 74. Cálculo de la velocidad del sonido. Experiencia con el tubo de Kundt | 75 |
| 75. Resonancia. Apagar una vela con ondas | 77 |
| 76. Capacidad auditiva | 78 |
| 77. Ondas longitudinales y transversales..... | 79 |
| 78. Amplificación | 80 |
| 5. Propiedades características | 81 |
| 79. Determinación del punto de fusión y solidificación de una sustancia pura | 81 |
| 80. Determinación del punto de ebullición de una sustancia pura..... | 83 |
| 81. Determinación de la densidad | 84 |
| 82. Solubilidad de sustancias en agua | 84 |
| 83. Determinación de la solubilidad de una sustancia en agua a una temperatura dada | 85 |

| | |
|--|-----|
| 84. Solubilidad en diferentes disolventes | 86 |
| 85. Conductividad eléctrica | 86 |
| 6. Estructura de la materia | 89 |
| 86. Internamente la materia es discontinua | 89 |
| 87. Los espacios entre partículas dependen del estado de agregación ... | 89 |
| 88. No todas las partículas tienen la misma masa | 90 |
| 89. Al aumentar la temperatura las partículas se mueven más rápido. . | 90 |
| 90. Las partículas, al aumentar la velocidad, ocupan más espacio | 90 |
| 91. El aire aumenta de volumen y se escapa | 91 |
| 92. Saltando un tapón al comprimir un gas | 92 |
| 93. A más partículas, más presión | 92 |
| 94. Las partículas se combinan y forman sustancias nuevas | 92 |
| 95. Ley de conservación de la masa | 93 |
| 96. Producción de hidrógeno | 93 |
| 97. El sodio reacciona con el agua | 94 |
| 98. La cinta de magnesio arde | 94 |
| 99. Detectando la presencia de dióxido de carbono | 94 |
| 100. Los catalizadores son substancias que aumentan la velocidad de una reacción | 95 |
| 7. Líquidos | 97 |
| 101. La forma natural de los líquidos es esférica | 97 |
| 102. Hacer flotar un huevo en agua | 98 |
| 103. El alcohómetro, una modalidad de densímetro | 99 |
| 104. Construcción de un ludión hidrostático | 99 |
| 105. Transmisión de las presiones en los líquidos. Principio de Pascal.. | 100 |
| 106. Principio de Arquímedes | 101 |
| 107. Relación entre la presión y la profundidad en un líquido | 101 |
| 108. Construcción de un manómetro | 101 |
| 109. Medida del volumen de una gota | 102 |
| 8. Gases | 105 |
| 110. El aire ofrece resistencia | 105 |
| 111. El aire aguanta una columna de agua | 106 |
| 112. El aire deforma una lata metálica..... | 106 |
| 113. Como la presión atmosférica nos ayuda o nos impide beber | 107 |
| 114. Elevando agua mediante la presión atmosférica | 107 |
| 115. Surtidor | 108 |

| | |
|--|-----|
| 116. Sifón atmosférico. Otro surtidor | 108 |
| 117. El sifón de Herón | 109 |
| 118. Recipiente de vacío: formación de niebla | 110 |
| 119. Recipiente de vacío: hinchar un globo sin tocarlo | 111 |
| 120. Ventosa | 112 |
| 121. Cómo se hincha un globo dentro de una botella | 112 |
| 122. El aire contiene oxígeno | 113 |
| 123. No todos los gases pesan igual | 113 |
| 124. Construcción de un barómetro sencillo (modelo 1) | 115 |
| 125. Construcción de un barómetro (modelo 2) | 115 |
| 9. La química de los colores | 117 |
| 126. Identificación de algunos elementos químicos | 117 |
| 127. Lluvia de oro | 119 |
| 128. Un precipitado azulado que desaparece | 120 |
| 129. El cambio de color de los indicadores | 121 |
| 130. El volcán | 122 |
| 131. Un gas que cambia de color | 123 |
| 132. El azúcar se convierte en carbón | 124 |
| 133. Cambio de color por hidratación | 124 |
| 134. Poder reductor de la glucosa | 125 |
| 10. Electricidad y química | 127 |
| 135. Reacciones de oxidación-reducción (Redox) | 127 |
| 136. Construcción de pilas. Pila de Volta | 127 |
| 137. Pila de patata | 128 |
| 138. Pila Daniell | 128 |
| 139. Pila salina: estructura, funcionamiento y separación de sus componentes | 130 |
| 140. Construcción de una pila salina | 132 |
| 141. Descomposición de compuestos por la electricidad: la electrólisis .. | 133 |
| 142. Electrólisis del agua | 134 |
| 143. Electrólisis del cloruro de cobre (II) ($CuCl_2$) | 135 |
| 144. Electrólisis del sulfato de sodio (Na_2SO_4) | 136 |
| 11. Separación de sustancias | 137 |
| 145. Extracción líquido-líquido | 137 |
| 146. Filtración a través de un filtro de arena | 138 |
| 147. Separación de una mezcla de sal común y arena | 139 |

| | |
|--|-----|
| 148. Separación de una mezcla de sal y limaduras de hierro | 140 |
| 149. Separación de sal común y yodo | 141 |
| 150. Cristalización por disolución | 141 |
| 151. Destilación de vino | 142 |
| 152. Separación de pigmentos vegetales por cromatografía sobre papel | 143 |
| 153. Separación de los componentes de una tinta por cromatografía | 145 |
| 12. Plantas | 147 |
| 154. Observación de células vegetales: epidermis de la cebolla | 147 |
| 155. Observación de estomas: la epidermis de la hoja de lirio | 148 |
| 156. Observación de una semilla | 149 |
| 157. Germinación de una judía | 149 |
| 158. Seguimiento de reproducción vegetativa | 150 |
| 159. Observaciones con musgo | 150 |
| 160. Los árboles. Los 25 principales | 151 |
| 13. Microorganismos | 167 |
| 161. Microbiología de alimentos | 167 |
| 162. Observación de mohos | 168 |
| 163. Observación de protistas en un jarrón de flores | 169 |
| 164. Estudio de la vida en una gota de agua verde | 169 |
| 14. Biología animal | 179 |
| 165. Observación de células animales en la mucosa bucal | 179 |
| 166. Un modelo simplificado para entender la nefrona | 179 |
| 167. Análisis cualitativo de orina | 182 |
| 168. Disección de un ojo | 183 |
| 169. Extracción de ADN | 186 |
| 170. Estudio de la información genética. Huellas dactilares | 186 |
| 171. Disección del corazón de cordero | 188 |
| 15. Rocas y minerales | 197 |
| 172. Reconocimiento de minerales: los 25 principales | 197 |
| 173. Reconocimiento de rocas: las 25 principales | 202 |
| 174. Reconocimiento de sulfuros | 206 |
| 175. Los fósiles. Los 25 principales | 207 |
| 176. Análisis de suelos. Cálculo del contenido de materiales sólidos | 217 |
| 177. Análisis de suelos. Textura del suelo | 217 |
| 178. Análisis de suelos. Porosidad del suelo | 218 |
| 179. Formación de estalactitas | 219 |

| | |
|--|-----|
| 16. Procesos y materiales | 221 |
| 180. Elaboración de aceite de oliva | 221 |
| 181. Obtención de aceite de girasol | 222 |
| 182. Elaboración de jabón | 223 |
| 183. Elaboración de pan | 224 |
| 184. Fabricación del yogurt | 225 |
| 185. Fabricación de queso fresco por la acción del cuajo | 225 |
| 186. Obtención de papel reciclado | 226 |
| 187. Descubre qué contienen los alimentos | 227 |
| 188. Fabricación de un plástico | 230 |
| 189. Determinación de las propiedades de un plástico | 231 |
| 190. Una manera rápida de identificar plásticos | 233 |
| | |
| 17. Recursos para trabajar mejor | 239 |
| La seguridad en el laboratorio | 239 |
| Cómo funciona un microscopio | 241 |
| Preparación de soluciones | 244 |
| | |
| 18. Recursos para saber más | 247 |
| Los materiales | 247 |
| Los manuales | 248 |
| | |
| Referencias bibliográficas | 251 |
| | |
| Índice general | 253 |
| | |
| Índice de trabajos prácticos | 263 |

