

**FÍSICA Y
QUÍMICA**
GUÍA DIDÁCTICA

4 ESO

1

Los agujeros negros: ¿es posible ver lo invisible?

Presentación

Esta situación de aprendizaje está formulada para trabajar la investigación científica y sus fases mediante la comprensión e interpretación de un texto divulgativo. En su recorrido el alumnado analizará uno de los hitos científicos más relevantes de los últimos años, la observación de un agujero negro. Mediante las actividades se trabajarán el método científico, las magnitudes físicas y sus medidas, el análisis de los datos experimentales y la presentación de resultados. Se estimulan el razonamiento deductivo, la búsqueda de evidencias científicas, la colaboración, el debate y la creación de contenido.

- Iniciar la sesión leyendo el título y la presentación de la situación de aprendizaje.
- Proyectar el **vídeo** *Ver para creer* para despertar la curiosidad del alumnado e introducir la situación.

- Activar los **conocimientos previos** del alumnado mediante la proyección de imágenes del universo (galaxias, nebulosas, sistemas de estrellas binarias, etc.), motivando una lluvia de ideas sobre los objetos astronómicos que conoce y las preguntas que le suscitan. Finalizar con un coloquio acerca del papel de la ciencia y los radiotelescopios en el estudio del universo (usar la imagen de la portada).
- Comentar el texto del recuadro correspondiente al **ODS 17. Alianzas para lograr los objetivos**, que se trabajará durante la situación de aprendizaje. Para más información, se sugiere consultar las metas de este ODS en la página web de la ONU.
- En el apartado **Aprenderás a...**, consultar los aprendizajes que apuntan a las competencias que se irán adquiriendo a lo largo de esta situación.

Desarrollo

¿QUÉ ES UN AGUJERO NEGRO?

El objetivo de este apartado es poner en situación al alumnado mediante el análisis de información, la reflexión y la creación conjunta de conocimiento.

- En la actividad 1, se plantean preguntas generales para que el alumnado se familiarice con las características básicas de los agujeros negros. Se sugiere usar la **rutina de pensamiento** *3-2-1 Puente*.
- La actividad 2 está pensada para abordar los conceptos más complejos de forma visual.
- La actividad 3 se plantea como síntesis de los aspectos trabajados en este primer apartado. Esta actividad está pensada como actividad para la **evaluación continua**.

¿POR QUÉ NO SE PUEDE VER?

En este apartado, el alumnado profundiza en la naturaleza de la luz, obteniendo las nociones básicas sobre el espectro electromagnético que necesitará posteriormente en el análisis de la investigación que nos ocupa.

- La actividad 4 está pensada como actividad para la **evaluación continua**. En ella se trabajan las distintas fases del método científico terminando con la elaboración de un informe. Para motivar al alumnado se puede usar la **destreza de pensamiento** *Inferencia*.
- La actividad 5 tiene como objetivo comprender que la luz visible es una pequeña parte de la radiación que nos rodea. El alumnado reflexionará sobre los tipos de radiaciones que existen y cómo se pueden detectar.

ENTONCES... ¿CÓMO SE SABÍA QUE EXISTÍA?

En este apartado se presentan, en forma de artículo divulgativo, los resultados de la investigación llevada a cabo por el consorcio científico internacional EHT. El alumnado analizará su contenido, identificará las fases de la investigación y reflexionará sobre el papel que juegan la experimentación y los modelos teóricos para el avance de la ciencia.

- En la actividad 6 el docente puede utilizar la **técnica de trabajo cooperativo** *Lectura compartida* para facilitar la comprensión del texto.

- La actividad 7 está pensada para trabajar la comprensión lectora, tratar la rigurosidad de un texto científico y manejar las magnitudes físicas y sus medidas.
- La actividad 8 está pensada como actividad para la **evaluación continua**.
- La actividad 9 tiene como finalidad potenciar el intercambio de ideas además de poner de relieve el papel que tiene la ciencia en la evolución del conocimiento. Se sugiere consultar la infografía digital de la **destreza Organizar un debate**.

¿CÓMO SE LOGRÓ CAPTAR LA RADIACIÓN INVISIBLE?

Este apartado se centra en el carácter colaborativo de la investigación en estudio e incita al alumnado a investigar por sí mismo acerca del dispositivo experimental que se utilizó para obtener la imagen del agujero negro.

- La actividad 10 se conecta con el ODS planteado al inicio. Esta actividad está pensada como actividad para la **evaluación continua**.
- Las actividades 11 y 12 tienen como propósito valorar las instituciones científicas y las agrupaciones astronómicas tanto en el ámbito internacional y nacional como en el de la propia comunidad autónoma.

¿QUÉ SIGNIFICA LA IMAGEN?

En este apartado, se trabaja la representación, el análisis de resultados y la extracción de conclusiones.

- La actividad 13 se puede resolver individualmente o en grupos, aplicando la **destreza de pensamiento Compara y contrasta**.
- La actividad 14 propone reflexionar sobre el rol de la computación en la ciencia y se propone como actividad para la **evaluación continua**.
- La actividad 15 se plantea como conclusión del análisis e introducción a las actividades de la página de cierre.

Cierre

LA CIENCIA DE LO INVISIBLE

Para finalizar, el profesorado puede presentar las siguientes actividades con el fin de que el alumnado concluya la situación, comparta su propuesta, y pueda transferir y aplicar los conocimientos a otras situaciones.

- En la actividad 16, cada alumno/a hace un repaso de la información de que dispone para ordenar y resumir los aspectos principales que incluirá en su artículo. Se sugiere usar una herramienta digital para la elaboración del esquema previo o guion del artículo.
- La actividad 17 resuelve y concluye la situación de aprendizaje.
- La actividad 18 vincula el contenido desarrollado a lo largo de todo el recorrido con el ODS planteado inicialmente.

- La actividad 19 se propone como actividad para la transferencia del conocimiento.

REVISA-T

Actividades de metacognición para hacer reflexionar al alumnado sobre su proceso de aprendizaje y cómo se ha sentido a lo largo de este. También le servirán para valorar el grado de participación en las actividades en grupo y su integración en el mismo.

- Para la **evaluación final**, ofrecemos unas preguntas en formato digital creadas a partir de los criterios de evaluación, que permitirán al profesorado valorar el grado de adquisición de las competencias específicas y de los saberes y destrezas de la situación de aprendizaje.

También se facilita una **rúbrica de evaluación final** que puede ser adaptada por el docente y distribuida entre el alumnado.

Para completar el aprendizaje, el alumnado puede consultar las siguientes fichas de saberes y destrezas del libro del alumno, y realizar las fichas de adaptación curricular de esta guía didáctica:

SABERES

1. El método científico
2. Magnitudes físicas y su medida
7. Análisis de los datos experimentales

Practicar+: El método científico (p. 62)

Practicar+: Magnitudes y errores (p. 64)

8. Comunicación de los resultados de la investigación

DESTREZAS

98. Fuentes de información fiables

Profundizar+: Resolución y precisión instrumental (p. 66)

Solucionario

Situaciones de aprendizaje

1 Los agujeros negros: ¿es posible ver lo invisible?

Sabes más de lo que imaginas

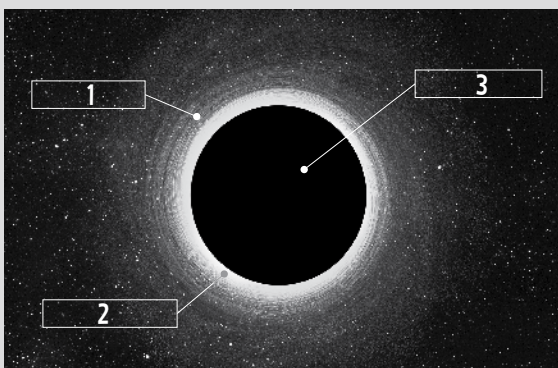
Respuesta sugerida.

Con la lluvia de ideas propuesta, se pretende captar la atención del alumnado, estimular su curiosidad y su capacidad para formularse preguntas. Mediante el coloquio, el alumnado puede reflexionar y compartir sus ideas acerca de la ciencia y sus procedimientos. A partir de la imagen de la portada y utilizando como ejemplo las grandes instalaciones científicas, el docente puede animar a dialogar sobre las razones para considerar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución.

¿Qué es un agujero negro?

- a) Surgen del colapso gravitacional de una estrella muy masiva. Se cree que los agujeros negros más masivos se encuentran en la mayoría de los centros de las galaxias, pero los más pequeños pueden hallarse repartidos por el universo.
b) No se conoce con exactitud. Su campo gravitatorio es tan intenso que no deja escapar ni la luz, por lo que solo disponemos de modelos teóricos que especulan sobre el comportamiento de la materia y la energía en su interior.
c) Se clasifican según su masa: estelares (decenas de masas solares), de masa intermedia (entre 100 y 1 millón de masas solares) y supermasivos (varios millones de masas solares).
d) Debido a su opacidad y difícil comprensión.

2.



1. Disco de acreción
 2. Horizonte de sucesos
 3. Zona de sombra
- El disco de acreción es la parte «observable».

3. Respuesta sugerida.

Para la resolución de esta actividad, cada componente de la pareja comparte la información que ha obtenido en las actividades anteriores. De manera conjunta, ambos miembros reflexionan e interpretan esta información con el objetivo de responder a las preguntas de partida. Basándose en sus respuestas, elaboran con sus propias palabras una definición de *agujero negro* junto al resto de la clase.

¿Por qué no se puede ver?

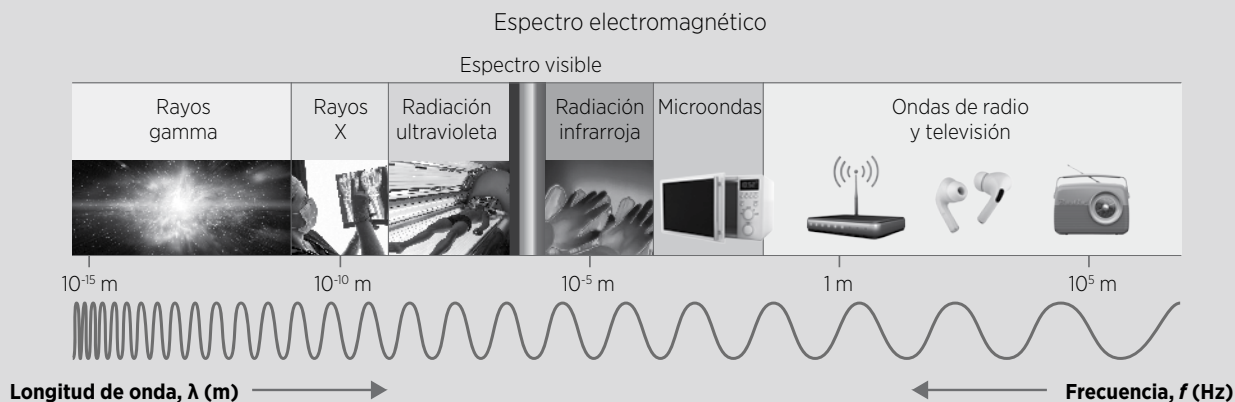
4. Respuesta sugerida.

- a) Observación: la luz blanca se descompone en colores al travesar o reflejarse en determinados medios materiales.
- b) Hipótesis: a partir de la observación de tres casos independientes y diferentes entre sí, podemos efectivamente suponer que la luz blanca está compuesta de luz de distintos colores.
- c) Experimentación: para comprobar la hipótesis de partida, se puede crear un procedimiento experimental que descomponga la luz blanca en luz de distintos colores (por ejemplo, el prisma de Newton) o que componga luz blanca a partir de luz pura de distintos colores (por ejemplo, el disco de Newton o la combinación de luces monocromáticas de leds de diferentes colores). En el proceso se deben tomar datos, representar los resultados y analizar e interpretar su información.
- d) Conclusiones: el alumnado debe ser capaz de justificar sus observaciones y concluir si la hipótesis de partida se ha verificado o no. Se espera que estas conclusiones sean suficientemente generales como para extrapolarlas a otros escenarios, apoyando la idea de la universalidad de la ciencia.

Solucionario

Situaciones de aprendizaje

5. La luz visible es una pequeña parte de los distintos tipos de radiación electromagnética que existen:



- Solamente el espectro visible.
- Mediante el uso de otros dispositivos sensibles a estas radiaciones. Existen dispositivos emisores, como un rúter, un horno microondas, etc., y dispositivos receptores, como una antena de televisión, una antena de radio, *bluetooth*, sensor de infrarrojos, etc.
- B. Un agujero negro no emite ni refleja radiación electromagnética. Sin embargo, se puede detectar su presencia debido a la radiación que emite la materia en el disco de acreción.

Entonces... ¿cómo se sabía que existía?

6. Respuesta abierta.

7. Respuesta sugerida.

- Un texto de cien palabras tiene una extensión similar a la del primer párrafo del texto propuesto en la actividad anterior. Para la realización de este apartado, el alumnado dará muestras tanto de su comprensión lectora como de su capacidad para interpretar y producir textos de índole científica. Se sugiere que el docente ponga el foco en la coherencia y el uso de las palabras propias de cada alumno/a.
- Se espera que el alumnado reflexione sobre los criterios que debe cumplir un texto científico para aprender a distinguirlo de otro tipo de textos como los textos seudocientíficos, los bulos o las opiniones personales. Algunos aspectos sobre los que el alumnado puede basar sus argumentos son: la fiabilidad de la fuente de información; el uso de un lenguaje apropiado para un texto científico, pudiéndose contrastar los datos que ofrece; si las referencias bibliográficas son fiables y fácilmente reconocibles; si el titular es acorde con el contenido, etc.
- Un año luz es una unidad de longitud que equivale a $9,46 \times 10^{12}$ km. Es la distancia que recorre la luz en un año. La masa solar es la unidad de medida de masa utilizada en astrofísica, la cual equivale a 2×10^{30} kg.
- Distancia = $5,2 \times 10^{20}$ m
Masa = $1,3 \times 10^{40}$ kg

— Debido a la dificultad para operar, interpretar y manejar cifras tan grandes en astronomía y astrofísica, se suele utilizar un sistema de medida equivalente. Ejemplo de unidades de este sistema son el año luz, la unidad astronómica, el pársec y la masa solar.

8. Respuesta sugerida.

Planteamiento del problema. Demostrar la existencia de los agujeros negros.

Problema e hipótesis. Según la teoría general de la relatividad, se espera que un agujero negro genere una región oscura similar a la de una sombra. Si los agujeros negros existen, este fenómeno podría observarse con un sistema de detección adecuado.

Comprobación. Se necesita construir un telescopio equivalente al tamaño de la Tierra para captar una señal tan lejana. La imagen obtenida por el EHT es el resultado de la combinación de cientos de observaciones realizadas por una red de radiotelescopios distribuidos estratégicamente por el planeta. En ella se muestra la emisión en el infrarrojo de la materia caliente que ha quedado atrapada en el intenso campo gravitatorio generado por el agujero negro.

Conclusiones. El resultado de esta investigación concuerda con las predicciones teóricas y prueba la existencia de los agujeros negros.

Comunicación de resultados. Tanto el procedimiento como los resultados fueron publicados en la revista científica con revisión por pares, *The Astrophysical Journal Letters*.

- a) Conocer la existencia de distintos tipos de radiación es clave para el diseño de un dispositivo de detección adecuado. Así pues, resulta esencial para el planteamiento de la hipótesis y el análisis de los datos.
- b) No, porque la radiación que espera encontrar está en la zona del infrarrojo.
- c) En este caso, la investigación teórica aporta los argumentos en los que se basa la investigación experimental y sustenta sus procedimientos. Sin embargo, también es interesante resaltar que puede suceder el caso contrario: el resultado de una investigación experimental motiva la aparición de una nueva explicación teórica o su modificación. La importancia del método científico reside en la falsabilidad de sus conclusiones cualquiera que sea el sujeto de estudio. El alumnado debe reflexionar sobre la utilidad de cada fase y cómo se relacionan entre sí.

9. a) Respuesta sugerida.

- En los años 1960, Jocelyn Bell Burnell detectó los primeros púlsares, suscitando un incremento de trabajos teóricos sobre los agujeros negros y de intentos para detectarlos.
- Karl Schwarzschild (1873-1916) encontró una solución exacta a las ecuaciones de Einstein que describen el campo gravitatorio creado por una estrella a su alrededor y, bajo ciertas condiciones, el creado por un agujero negro.
- Robert Oppenheimer predijo que una estrella masiva podría sufrir un colapso gravitatorio, dando lugar a un agujero negro.

b) Respuesta sugerida.

- Se sugiere que el docente modere un espacio de debate donde el alumnado pueda argumentar y defender el punto de vista propio frente a diferentes controversias científicas como, por ejemplo, el papel de la mujer en la ciencia, la influencia de la guerra en el progreso o el uso ético de los avances científicos y tecnológicos.
- Nótese el caso de los tres científicos anteriores. Jocelyn Bell Burnell nunca recibió el Premio Nobel de Física por su papel en la investigación, premio que sin embargo, sí fue otorgado en 1974 a su director de tesis y un colaborador de ambos. Karl Schwarzschild fue un joven prodigio que murió mientras servía en el ejército durante la Primera Guerra Mundial al contraer una enfermedad autoinmune. Robert Oppenheimer se conoce popularmente como el padre de la bomba atómica y durante los años que duró su investigación dos bombas atómicas fueron lanzadas sobre población civil en Japón.

¿Cómo se logró captar la radiación invisible?

10. Respuesta sugerida.

- a) El alumnado debe prestar especial atención al tipo de telescopios empleados y la altura a la que estos se encuentran situados.
- b) Se sugiere que el docente motive la colaboración entre los alumnos durante la resolución de este apartado.
- c) La altitud y la ubicación son importantes para asegurar la ausencia de contaminación electromagnética debido a emisores terrestres y garantizar unas condiciones climáticas óptimas, como por ejemplo una baja humedad ambiental. El diámetro de la antena de un radiotelescopio está directamente relacionado con su capacidad para detectar señales de radiofuentes procedentes del espacio exterior.
- d) Respuesta abierta.

11. Respuesta sugerida.

Para la realización de esta actividad, el docente puede orientar al alumnado aportando información sobre algunos centros de investigación científica como, por ejemplo, el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), el Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam (ICTP), la Agencia Espacial Europea (ESA), etc., donde se trabaja en equipos internacionales de forma colaborativa.

12. Respuesta abierta.

¿Qué significa la imagen?

13. Respuesta sugerida.

La imagen de la izquierda se corresponde con la primera imagen captada de un agujero negro y la imagen de la derecha, con un eclipse solar. Es interesante que, tras la realización de esta actividad, el alumnado comprenda la importancia que tiene el análisis y la interpretación de la información y cómo la ciencia le aporta herramientas para entender su realidad de manera crítica.

14. Respuesta sugerida.

- a) Compararon la imagen real, obtenida a partir de los datos recogidos por la red de telescopios, con una amplia serie de imágenes simuladas por ordenador. Con ello, los científicos lograron comprobar que la imagen observada se correspondía con la imagen predicha por la teoría, verificando así su hipótesis de partida.

Solucionario

Situaciones de aprendizaje

b) El número de observaciones realizadas por el EHT genera apenas unos pocos puntos de una imagen muy lejana, por lo que la computación es clave para construir una imagen completa y fidedigna de la realidad. Además, la información captada mediante ondas de radio debe ser transformada a longitudes de onda visibles para obtener una imagen. Por otro lado, la computación juega un papel esencial en la creación de las simulaciones teóricas, el manejo de los datos, así como en la sincronización de los telescopios.

— Para más información, se puede proyectar la TED Talk «*How to take a picture of a black hole*», realizada por Katie Bouman.

c) La zona de sombra es la parte del agujero negro que no emite ni refleja radiación, mientras que la

brillante es la radiación emitida por la materia que orbita a su alrededor.

d) Respuesta abierta.

15. Respuesta abierta.

La ciencia de lo invisible

16. Respuesta abierta.

17. Respuesta abierta.

18. Respuesta sugerida.

Se sugiere poner el foco del alumnado en el valor de la divulgación como medio para facilitar el diálogo científico en todos los sectores de la sociedad.

19. Respuesta abierta.

El método científico

El **método científico** abarca el conjunto de pasos que siguen los científicos y científicas cuando investigan un hecho o un fenómeno de la naturaleza.

Etapas del método científico		Descripción
Planteamiento del problema		Observación del entorno y planteamiento de una pregunta o de un problema.
Formulación de hipótesis		A partir de los estudios previos sobre el tema, se formula una hipótesis para explicar el fenómeno observado.
Comprobación de hipótesis	Planificación de un experimento	Se diseña un experimento (objetivo, material y procedimiento) con el que poder comprobar si la hipótesis planteada es cierta.
	Experimentación	Se lleva a cabo el procedimiento anterior.
	Obtención de datos	Se anotan los datos obtenidos durante la experimentación. Hay que ser muy riguroso en la toma de medidas.
	Análisis de datos	Se elabora una tabla con los datos y se representan gráficamente. Se analizan los datos obtenidos, teniendo en cuenta los errores relativos y la resolución de los aparatos de medida para confirmar si la hipótesis es cierta. Si no lo es, se emite una nueva hipótesis.
Extracción de conclusiones		Tras confirmar o rechazar la hipótesis de partida, se llega a una conclusión.
Divulgación de resultados		Se redacta un informe y se divulgan los resultados de la investigación.

El informe científico

- Debe constar, por este orden, de: título, resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones y referencias consultadas.
- Tiene que ser el resultado de una investigación realizada de manera rigurosa; debe estructurarse según el método científico; tiene que estar redactado de forma clara, precisa y concisa; debe ser original y actual, y los resultados tienen que ser reproducibles.
- Los resultados de la investigación pueden divulgarse en revistas especializadas, en conferencias y congresos científicos, en ferias tecnológicas, en jornadas pensadas para el público general y en notas de prensa.



1. El profesor nos ha pedido que analicemos cómo cambia el punto de congelación (temperatura de fusión) del agua al añadir un soluto como la sal común. Completa el esquema del método científico para estudiar este fenómeno.

- **Etapa 1:** Planteamiento del problema.

Descripción:

.....

- **Etapa 2:** Formulación de hipótesis.

Descripción:

.....

- **Etapa 3:**

Paso 1: Planificación de un experimento.

Descripción: Para llevar a cabo el experimento, hay que contar con hielo, sal, tres matraces, una varilla y un termómetro.

Paso 2: Experimentación.

Descripción:

.....

Pasos 3 y 4:

Descripción:

	Hielo	Hielo + 2 cucharadas de sal	Hielo + 4 cucharadas de sal
Temperatura de fusión	0 °C	-6 °C	-10 °C

- **Etapa 4:** Extracción de conclusiones.

Descripción:

.....

- **Etapa 5:**

Descripción: Elaboración de un informe que recoja los resultados de la investigación y divulgación.

2. Escribe un texto breve con los resultados obtenidos.

.....

.....

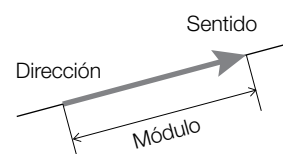
.....

.....

Magnitudes y errores

Magnitudes

- Una **magnitud física** es toda propiedad de los cuerpos que se puede medir.
- El SI consta de siete **magnitudes fundamentales** o **básicas**, que se pueden medir directamente (longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente, temperatura, intensidad luminosa y cantidad de sustancia) y a partir de las cuales se obtienen las **magnitudes derivadas** (superficie, volumen, velocidad, aceleración, densidad, fuerza, presión y energía).
- Una **magnitud** es **escalar** si queda perfectamente determinada mediante un número y su correspondiente unidad.
- Una **magnitud** es **vectorial** si, para su completa determinación, además del valor numérico y de sus unidades (módulo), debemos especificar su dirección y sentido.



Error absoluto y error relativo

- El **error absoluto** (E_a) de una medida es la diferencia, en valor absoluto, entre el valor aproximado obtenido en la medición y el valor considerado exacto de la medida.

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

El error absoluto se expresa en las mismas unidades que la magnitud medida.

- El **error relativo** (E_r) de una medida es el cociente entre el error absoluto y el valor exacto de la medida.

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}}$$

El error relativo no tiene dimensiones y determina el error que se comete por cada unidad de la magnitud medida. También puede expresarse en porcentaje.

Cifras significativas

- Las **cifras significativas** son los dígitos que se conocen con precisión, más un último dígito, que debe estimarse.

Criterios para identificar cifras significativas	Ejemplo
Todas las cifras diferentes de cero son significativas.	345 tiene tres cifras significativas.
Los ceros situados entre dos cifras significativas son significativos.	2047 tiene cuatro cifras significativas.
Los ceros al final de un número no decimal pueden ser o no cifras significativas.	3400 tiene de dos a cuatro cifras significativas.
Los ceros situados a la izquierda no son significativos.	0,02 tiene una cifra significativa.
Los ceros a la derecha de la coma y detrás de una cifra distinta de cero son cifras significativas.	4,0 tiene dos cifras significativas.
Criterios para operar con cifras significativas	Ejemplo
El resultado de una suma o una resta se debe expresar con la misma cantidad de decimales que el término que tenga menos.	$1,23 + 0,234 = 1,46$; no 1,464
El resultado de un producto o un cociente no debe tener más cifras significativas que el número que menos tiene.	$2,356 \cdot 1,5 = 3,5$; no 3,534

En **notación científica** todas las cifras que aparecen antes de la potencia de diez son significativas.

3. Observa los conceptos que aparecen en la siguiente relación:

- | | | | | | |
|--------|-------------|-----------|---------|-------------------------|---------------------|
| fuerza | longitud | felicidad | color | intensidad de corriente | intensidad luminosa |
| masa | aceleración | presión | volumen | velocidad | tiempo |

Indica cuáles:

- a) No son magnitudes:
- b) Son magnitudes fundamentales:
- c) Son magnitudes derivadas:
- d) Son magnitudes vectoriales:

4. Si consideramos como valor exacto el promedio de 56,2 g, 55,9 g y 56,8 g, calcula el error absoluto y el error relativo.

En primer lugar, calculamos el valor promedio, que será el valor que consideraremos exacto:

$$\text{Valor promedio} = \frac{\dots\dots\dots}{3} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

A continuación, calculamos el error absoluto y el error relativo de la primera medida:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |\dots\dots\dots| = \dots\dots\dots$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

Finalmente, repetimos el proceso para las siguientes medidas:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |\dots\dots\dots| = \dots\dots\dots$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |\dots\dots\dots| = \dots\dots\dots$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

5. Indica el número de cifras significativas que tiene cada valor e indica por qué.

- a) 18340000
- b) -0,0045
- c) 12987
- d) -5003
- e) 4,098
- f) $3,345 \cdot 10^{-5}$

6. Efectúa las siguientes operaciones y muestra el resultado con las cifras significativas adecuadas:

- a) $56,311 + 9,08 =$
- b) $34,2 \cdot 1,002 =$
- c) $12 : 0,003 =$
- d) $7,2 \cdot 10^{-5} \cdot 3,21 \cdot 10^2 =$

Resolución y precisión instrumental

Los errores en cualquier medición pueden estar causados por el propio instrumento de medida. Para reducir estos errores, debemos conocer:

- El **rango de medida** del instrumento, que se refiere a los valores que puede medir entre un máximo y un mínimo.
- La **resolución** o **sensibilidad** del instrumento, que indica la cantidad mínima que puede medir.
- La **precisión** del instrumento, que es el grado de aproximación o cercanía entre una serie de medidas de la misma magnitud obtenidas de igual manera.



- 1.** Para poner en práctica estos conceptos, te proponemos realizar algunas mediciones. Hazte con diversos objetos pequeños: una goma, un rollo de cinta adhesiva, un estuche, un sacapuntas, etc.

Consigue también diversos instrumentos para medir longitudes: una cinta métrica, una regla, un pie de rey y una cinta de costura.

- a) Mide las dimensiones de los objetos (profundidad, altura y grosor) tres veces con cada uno de los instrumentos y anota los resultados en una tabla como la siguiente. Calcula la media para cada dimensión del objeto e instrumento.

Dimensión del objeto	Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3	Instrumento 4
	Media:	Media:	Media:	Media:
	Media:	Media:	Media:	Media:
	Media:	Media:	Media:	Media:

- b) ¿Por qué es necesario repetir cada medida más de una vez?
- c) ¿Qué instrumento de los que has utilizado es el más preciso?
- d) Indica el rango de medida de cada instrumento. ¿Has podido utilizar todos los instrumentos en todos los objetos? ¿Por qué?

- 2.** Posiblemente hayas intuido cómo se utiliza el pie de rey, pero quizá hayas cometido algunos errores de medición porque desconoces la manera correcta de usar este aparato. Busca información sobre el uso del pie de rey o calibrador.

- Repite las mediciones de los objetos usando únicamente el pie de rey. ¿Encuentras diferencias significativas en los resultados que has obtenido ahora respecto a los que obtuviste en la actividad 1? En caso de existir diferencias, ¿qué errores de ejecución crees que podrías haber cometido (lectura incorrecta, mala colocación de la pieza en el calibrador, presión incorrecta, etc.)?

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

SABERES Y DESTREZAS

Ficha 1 El método científico

1. Respuesta sugerida.

El alumno/a debe identificar y aplicar correctamente las distintas etapas que constituyen el método científico en un fenómeno elegido por el grupo. Posteriormente, valorarán si las conclusiones obtenidas se deben enunciar en forma de hipótesis, ley o teoría mediante la destreza *Compara y contrasta*.

Ficha 3 Magnitudes escalares y vectoriales

1. Respuesta sugerida.

Dos ejemplos de magnitudes escalares son la superficie y la energía. Sus unidades de medida en el SI son el metro cuadrado, m^2 , para la superficie, y el julio, J, para la energía.

Dos ejemplos de magnitudes vectoriales son el vector posición, \vec{r} , y el vector desplazamiento, $\Delta\vec{r}$. Ambos tienen el metro, m, como unidad de medida del SI.

2. Escalares: a) volumen y c) densidad.

Vectoriales: b) velocidad y d) aceleración.

— Las magnitudes escalares quedan determinadas mediante un número y su unidad. Para definir las magnitudes vectoriales, es necesario conocer el valor numérico y sus unidades (módulo), la dirección y el sentido.

3. La dirección de una magnitud vectorial es su recta de acción, es decir, la recta sobre la cual está situado el vector e indica hacia dónde actúa. Esta recta puede caracterizarse mediante el ángulo que forma con un eje horizontal de referencia.

El sentido de una magnitud vectorial indica el extremo de la recta de acción hacia el cual actúa el vector. Gráficamente, viene indicado por la punta de la flecha que representa al vector. Para una misma dirección, puede haber dos sentidos distintos, que son opuestos entre sí. Por esta razón, para describir de forma completa una magnitud vectorial, además de su módulo y dirección, es necesario especificar su sentido.

Ficha 4 El carácter aproximado de las medidas

1. Datos: 7,8 s, 8,1 s y 7,7 s

— En primer lugar, calculamos el valor promedio, que es de 7,9 s:

$$\text{Promedio} = \frac{7,8 \text{ s} + 8,1 \text{ s} + 7,7 \text{ s}}{3} = \frac{23,6 \text{ s}}{3} = 7,9 \text{ s}$$

— Hallamos el error absoluto y a continuación el error relativo de la primera medida:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |7,8 \text{ s} - 7,9 \text{ s}| = 0,1 \text{ s}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,1 \cancel{\text{s}}}{7,9 \cancel{\text{s}}} = 1 \cdot 10^{-2}$$

— Repetimos los cálculos anteriores para el valor de 8,1 s:

$$E_a = |8,1 \text{ s} - 7,9 \text{ s}| = 0,2 \text{ s}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,2 \cancel{\text{s}}}{7,9 \cancel{\text{s}}} = 3 \cdot 10^{-2}$$

— Y para el valor de 7,7 s:

$$E_a = |7,7 \text{ s} - 7,9 \text{ s}| = 0,2 \text{ s}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,2 \cancel{\text{s}}}{7,9 \cancel{\text{s}}} = 3 \cdot 10^{-2}$$

2. a) La primera pareja de medidas es precisa porque sus valores están muy próximos entre sí. Para saber si son exactas, procedemos de la siguiente manera:

— Hallamos el error absoluto y a continuación el error relativo para cada valor:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |1,32 \text{ mm} - 1,22 \text{ mm}| = 0,10 \text{ mm}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,10 \cancel{\text{ mm}}}{1,22 \cancel{\text{ mm}}} = 8,2 \cdot 10^{-2}$$

Para el valor de 1,32 mm, el error relativo es de $8,2 \cdot 10^{-2}$. Representa un error en porcentaje del 8,2%, relativamente alto, por lo que deducimos que la medida no es muy exacta.

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |1,31 \text{ mm} - 1,22 \text{ mm}| = 0,09 \text{ mm}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,09 \cancel{\text{ mm}}}{1,22 \cancel{\text{ mm}}} = 7 \cdot 10^{-2}$$

Para el valor de 1,31 mm, el error relativo es de $7 \cdot 10^{-2}$. El error relativo en porcentaje es del 7%.

Es un porcentaje alto; por tanto, deducimos que la medida no es muy exacta.

El primer par de medidas es preciso, pero no es exacto.

b) La segunda pareja de medidas es precisa porque sus valores están muy próximos entre sí. Para saber si son exactas, procedemos de la siguiente manera:

— Hallamos el error absoluto y a continuación el error relativo para cada valor:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |1,23 \text{ mm} - 1,22 \text{ mm}| = 0,01 \text{ mm}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,01 \text{ mm}}{1,22 \text{ mm}} = 8 \cdot 10^{-3}$$

La medida 1,23 es precisa, y bastante exacta, puesto que, aunque no coincide con el valor real, tiene un error relativo solo del 0,8%.

- La medida 1,22 mm es exacta porque coincide con la longitud real.

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |1,22 \text{ mm} - 1,22 \text{ mm}| = 0,00 \text{ mm}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,00 \text{ mm}}{1,22 \text{ mm}} = 0$$

El segundo par de medidas es preciso y exacto.

Ficha 5 Cifras significativas

- a) $7,8 + 1,266 = 9,1$ b) $456,78 : 2,34 = 195$
 c) $2,3 \cdot 10^2 \cdot 3,4 \cdot 10^3 = 7,8 \cdot 10^5$
- a) $345,6789 \rightarrow 345,68$ c) $12,345 \rightarrow 12,35$
 b) $0,01254 \rightarrow 0,01$ d) $7,138 \rightarrow 7,14$

Ficha 7 Análisis de los datos experimentales

- Datos: $m_1 = 603 \text{ g}$; $m_2 = 612 \text{ g}$; $m_3 = 592 \text{ g}$;
 $m_4 = 598 \text{ g}$; $m_5 = 590 \text{ g}$; $m_6 = 600 \text{ g}$;
 resolución = 1 g

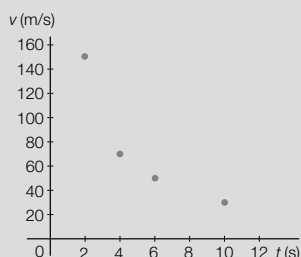
Cuando se tienen una serie de medidas, se toma como valor verdadero el valor medio y como error absoluto el mayor valor entre la resolución del aparato de medida y la desviación absoluta media.

Medida (g)	Desviación absoluta (g)
603	$ 603 - 599 = 4$
612	$ 612 - 599 = 13$
592	$ 592 - 599 = 7$
598	$ 598 - 599 = 1$
590	$ 590 - 599 = 9$
600	$ 600 - 599 = 1$
Media = 599 g	Desv. abs. media = 6 g

Tomamos como error absoluto la desviación absoluta media porque es mayor que la resolución del instrumento de medida (1 g). Por tanto, expresaremos la masa del balón de la forma $(599 \pm 6) \text{ g}$.

Así pues, la respuesta correcta es la b.

- El alumnado debe obtener una gráfica como la siguiente. La relación entre variables es de proporcionalidad inversa.



Ficha 8 Comunicación de los resultados de la investigación

- Respuesta sugerida.

En esta actividad, el alumno/a debe valorar si el artículo científico que ha elegido se ajusta a las características que debe tener todo informe científico.

- Respuesta sugerida.

En grupos, el alumnado debe realizar un proyecto de investigación para averiguar la relación existente entre la masa de un vehículo y el consumo de combustible. El profesor/a puede explicar que, además de la masa del vehículo, existen otros parámetros que determinan el consumo, como la aerodinámica del coche, la orografía del terreno, el tipo de conducción, el tamaño del motor, el tipo de combustible, etc. Esta actividad no tendrá en cuenta todos estos aspectos y se centrará exclusivamente en una única variable, la masa del vehículo.

Finalmente, el alumnado ha de llegar a la conclusión de que la masa del vehículo y el consumo son dos variables directamente proporcionales, de modo que a más masa, mayor consumo.

Cada grupo plasmará los resultados de su investigación en un informe, que expondrá en clase ante el resto de los compañeros.

- Respuesta sugerida.

Esta actividad, que se realizará en grupo, parte del análisis de dos noticias publicadas en Internet. El grupo deberá valorar la credibilidad de cada texto y el rigor científico del estudio y de los resultados obtenidos. Para ello, pueden analizar si las dos noticias reflejan estudios realizados mediante el método científico. Otro aspecto que hay que tener en cuenta es la presencia de titulares sensacionalistas, muestras no representativas con las que se ha elaborado el estudio, resultados mal interpretados o parciales, fuentes no fiables, etc., que sugieren falta de rigor científico.

Una vez consensuados los argumentos en el grupo, se debatirán con el resto de la clase. Finalmente, se redactará un documento con las conclusiones obtenidas.

Actividades de consolidación

- El método científico abarca el conjunto de pasos que siguen los científicos y científicas cuando investigan un hecho o un fenómeno de la naturaleza.

Comprende las siguientes etapas:

- Planteamiento del problema.
- Formulación de hipótesis.
- Comprobación de hipótesis.
- Extracción de conclusiones.
- Divulgación de resultados.

2. b) La diferencia entre una ley y una teoría es que la teoría es un conjunto de leyes.

3. Respuesta sugerida.

Materiales: dos recipientes iguales, agua y sal.

Se llenan los dos recipientes con la misma cantidad de agua. A uno se le añade sal y se remueve para que se disuelva. Los dos recipientes se meten en el congelador al mismo tiempo.

Cada media hora se toma nota de qué recipiente tiene más proporción de hielo.

— Si se descubre que la hipótesis es falsa, hay que plantear una nueva hipótesis.

4. a) Es una ley porque se trata de un fenómeno confirmado y está expresada en lenguaje matemático.

b) Es una hipótesis porque no está expresada en lenguaje matemático y es necesario confirmarla.

c) Es una teoría porque está formada por un conjunto de leyes y ha sido comprobada mediante observación, experimentación y razonamiento.

d) Es una hipótesis porque no está expresada en lenguaje matemático y es necesario confirmarla.

e) Es una teoría porque está formada por un conjunto de leyes y ha sido comprobada mediante observación, experimentación y razonamiento.

f) Es una ley porque se trata de un fenómeno confirmado y está expresada en lenguaje matemático.

5. El alumnado se distribuirá en cinco grupos y cada grupo seleccionará uno de los temas para profundizar en él. El objetivo de la actividad es que sean conscientes de la importancia de la investigación científica y se familiaricen con los diversos aspectos del método científico.

6. Son magnitudes físicas: a) energía térmica y d) presión de un líquido porque se pueden medir cuantitativamente.

7. a) Fundamental; kelvin (K).

b) Derivada; metro cuadrado (m²).

c) Derivada; newton (N).

d) Fundamental; metro (m).

e) Fundamental; kilogramo (kg).

f) Derivada; pascal (Pa).

8. a) $2,5 \cdot 10^9$ m d) $2,3 \cdot 10^{-8}$ C

b) $1,7345 \cdot 10^{10}$ s e) $3,59721 \cdot 10^{-4}$ A

c) $3,589 \cdot 10^{12}$ kW

9. Actividad resuelta.

10. a) $89 \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \cancel{m}} \cdot \frac{3600 \cancel{s}}{1 \text{ h}} = 320 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

b) $86400 \cancel{s} \cdot \frac{1 \cancel{h}}{3600 \cancel{s}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \cancel{h}} = 1 \text{ día}$

c) $1,2 \frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^3}} \cdot \frac{1 \cancel{m^3}}{1000 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \cancel{kg}} = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{L}}$

11. Datos: $d_{\text{Paulina}} = 2,5 \text{ g/mL}$; $d_{\text{Pedro}} = 250 \text{ g/L}$;
 $d_{\text{real}} = 2500 \text{ kg/m}^3$

Transformamos los resultados de Pedro y Paulina a kg/m^3 con ayuda de factores de conversión:

$$d_{\text{Pedro}} = 250 \frac{\cancel{g}}{\cancel{L}} \cdot \frac{1000 \cancel{L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{g}} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$d_{\text{Paulina}} = 2,5 \frac{\cancel{g}}{\cancel{mL}} \cdot \frac{1000 \cancel{mL}}{1 \cancel{L}} \cdot \frac{1000 \cancel{L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{g}} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Paulina ha obtenido el resultado correcto.

12. Para comprobar la homogeneidad, sustituimos en la expresión todas las magnitudes físicas por las dimensiones indicadas por su ecuación de dimensiones.

En primer lugar, escribimos las ecuaciones de dimensiones de cada magnitud:

$$[x] = L; [v] = L \cdot T^{-1}; [a] = L \cdot T^{-2}; [t] = T$$

A continuación, sustituimos en la expresión que deseamos comprobar:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$[x] = L$$

$$\left[x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \right] =$$

$$= L + L \cdot T^{-1} \cdot T + L \cdot T^{-2} \cdot T^2 = L$$

Como las dimensiones en ambos miembros son las mismas, la ecuación es homogénea. Por lo tanto, la ecuación también es correcta dimensionalmente.

13. Las unidades de la constante de la gravitación universal (G) tienen que ser coherentes con la homogeneidad de la ecuación.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \rightarrow G = F \cdot \frac{d^2}{m_1 \cdot m_2}$$

$$[G] = [F] \cdot \frac{[d]^2}{[m_1] \cdot [m_2]} = [F] \cdot \frac{[d]^2}{[m]^2}$$

Por tanto, las unidades de G son:

$$N \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

14. Una magnitud escalar es aquella que queda perfectamente representada con un valor y su unidad, mientras que una magnitud vectorial necesita especificar una dirección y un sentido, además de su valor y su unidad (módulo).

a) Escalar, porque queda determinada mediante un número y su unidad.

b) Vectorial, porque para determinarla necesitamos expresar el módulo, la dirección y el sentido del vector.

- c) Vectorial, porque para determinarla necesitamos expresar el módulo, la dirección y el sentido del vector.
- d) Escalar, porque queda determinada mediante un número y su unidad.

15. Las medidas tienen carácter aproximado por múltiples causas. Tres motivos posibles pueden ser: porque las personas pueden cometer un error experimental, porque el instrumento tiene un error de calibración o porque las condiciones externas pueden variar de un experimento a otro.

16. Datos: $t_{\text{espectador}} = 8,26 \text{ s}$; $t_{\text{real}} = 8,42 \text{ s}$

a) $E_a = |t_{\text{espectador}} - t_{\text{real}}| = |8,26 \text{ s} - 8,42 \text{ s}| = 0,16 \text{ s}$
 b) $E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,16 \cancel{\text{s}}}{8,42 \cancel{\text{s}}} = 1,9 \cdot 10^{-2}$

17. Datos: $g_{\text{exp}} = 9,63 \text{ m/s}^2$; $g_{\text{real}} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Cuanto menor es el error relativo de una medida, más exacta es esta:

$$E_a = |g_{\text{exp}} - g_{\text{real}}|$$

$$E_a = |9,63 \text{ m/s}^2 - 9,81 \text{ m/s}^2| = 0,18 \text{ m/s}^2$$

$$E_r = \frac{E_a}{g_{\text{real}}} = \frac{0,18 \cancel{\text{ m/s}^2}}{9,81 \cancel{\text{ m/s}^2}} = 0,018 = 1,8 \%$$

El error relativo es bajo, por lo que podemos afirmar que la medida es bastante exacta.

18. No. La precisión es el grado de aproximación entre una serie de medidas de la misma magnitud y la exactitud es el grado de cercanía entre el valor obtenido y el valor real.

19. Datos: $l_1 = 35,67 \text{ m}$; $l_2 = 34,98 \text{ m}$; $l_3 = 36,01 \text{ m}$; $l_4 = 34,79 \text{ m}$

a) Calculamos el valor promedio de las medidas y los errores absoluto y relativo de cada una:

$$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{4} = \frac{35,67 + 34,98 + 36,01 + 34,79}{4} \text{ m} = 35,36 \text{ m}$$

Valor	E_a	E_r	$E_r (\%)$
35,67 m	0,31 m	$8,8 \cdot 10^{-3}$	0,88 %
34,98 m	0,38 m	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,1 %
36,01 m	0,65 m	$1,8 \cdot 10^{-2}$	1,8 %
34,79 m	0,57 m	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,6 %

b) Consideramos que una medida es tanto más exacta cuanto menor es su error relativo. Como los errores relativos son bajos, podemos considerar que la exactitud de las medidas es bastante buena.

Por otra parte, la precisión es una medida de la dispersión que presentan los valores medidos.

La precisión de este conjunto de medidas es de $36,01 - 34,79 = 1,22$, que es la distancia máxima que separa los valores de la serie entre sí. Esto representa un 3,45 % respecto al valor exacto:

$$\frac{1,22}{35,36} = 0,0345 = 3,45 \%$$

Es un porcentaje relativamente bajo, por lo que podemos considerar que la precisión es bastante buena.

- 20. a) $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
- b) $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- c) $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- d) $8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

- 21. a) Proporcionalidad directa.
- b) Proporcionalidad cuadrática.
- c) Proporcionalidad inversa.

- 22. a) $0,135 + 0,12 = 0,26 = 2,6 \cdot 10^{-1}$
- b) $35000 - 456 = 3,4544 \cdot 10^4$
- c) $2,3 \cdot 3456 = 7,9 \cdot 10^3$
- d) $0,12 : 0,2 = 0,6 = 6 \cdot 10^{-1}$

— Se ha tenido que redondear el resultado a a las centésimas y el resultado c a las centenas.

23. Datos: $m = 123,4 \text{ g} = 0,1234 \text{ kg}$; $l = 32,2 \text{ mm} = 0,0322 \text{ m} = 3,22 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

a) $d = \frac{m}{v} = \frac{m}{L^3} = \frac{0,1234 \text{ kg}}{(3,22 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3} = \frac{0,1234 \text{ kg}}{3,34 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} = 3,69 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

- b) Masa: $m = (123,4 \pm 0,1) \text{ g}$
 Longitud: $l = (32,2 \pm 0,1) \text{ mm}$

24. Datos: Residuo seco (mg/L): 325, 340, 353, 317, 380, 365, 330, 354, 332, 342

a) En una hoja de cálculo escribimos en una columna los valores de las medidas y, debajo de ellas, introducimos la fórmula para que calcule su valor medio.

En otra columna a la derecha de la primera, introducimos las fórmulas para que la aplicación calcule la desviación absoluta de cada uno de los valores respecto del valor medio. Debajo de ellas introducimos la fórmula para que calcule la desviación absoluta media.

	A	B
1	Medida	Desv. Abs.
2	325	=ABS(A2-\$A\$14)
3	340	=ABS(A3-\$A\$14)
4	353	=ABS(A4-\$A\$14)
5	317	=ABS(A5-\$A\$14)
6	380	=ABS(A6-\$A\$14)
7	365	=ABS(A7-\$A\$14)
8	330	=ABS(A8-\$A\$14)
9	354	=ABS(A9-\$A\$14)
10	332	=ABS(A10-\$A\$14)
11	342	=ABS(A11-\$A\$14)
12		
13	Valor medio	Desv. Abs. Media
14	=PROMEDIO(A2:A11)	=PROMEDIO(B2:B11)

Debemos asegurarnos de que las celdas están en el formato adecuado para que expresen los resultados con el número de cifras significativas correcto.

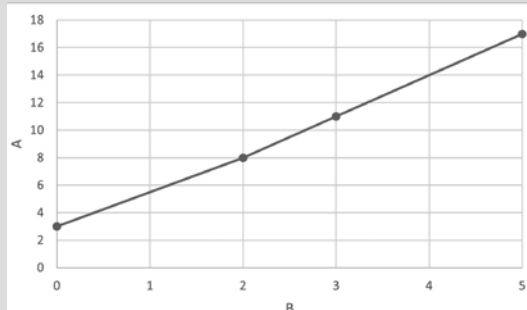
Los resultados que deben obtenerse son:

	A	B
1	Medida	Desv. Abs.
2	325	19
3	340	4
4	353	9
5	317	27
6	380	36
7	365	21
8	330	14
9	354	10
10	332	12
11	342	2
12		
13	Valor medio	Desv. Abs. Media
14	344	15

b) Expresamos el valor del residuo seco como el valor medio de las medidas y con una incertidumbre igual a su desviación absoluta media:

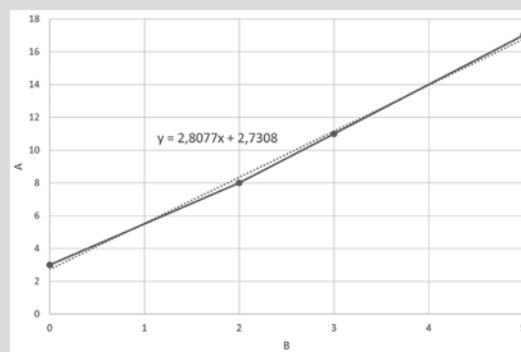
$$\text{Residuo seco} = (344 \pm 15) \text{ mg/L}$$

25. a)



b) La gráfica tiene forma lineal, es decir, es una recta. La relación entre ambas magnitudes es de proporcionalidad directa.

c)



d) La ecuación que relaciona ambas variables es $y = 2,8077x - 2,7308$. Sí, esta fórmula cuadra con la proporcionalidad directa.

26. Porque es el modo de divulgar los resultados de una investigación y de demostrar que se es su autor. También es importante divulgar su aplicación y facilitarlos al resto de la comunidad científica para abrir nuevas líneas de investigación que den lugar a resultados relacionados.

— Por ejemplo, los avances que realizan los equipos médicos dedicados a la investigación de nuevos medicamentos o terapias se comunican al resto de la comunidad médica para que sean validados por otros equipos para que sea posible desarrollar distintas aplicaciones de estos avances y para abrir nuevas líneas de investigación.

27. Las características que debe presentar un informe científico son las siguientes:

- Rigor.
- Estructura basada en el método científico.
- Redacción clara, precisa y concisa.
- Original y actual.
- Con resultados reproducibles.

Es necesario que los informes científicos sean rigurosos y veraces porque deben responder a las etapas del método científico y cualquier otro miembro o grupo de miembros de la comunidad científica ha de poder reproducir los resultados y contrastarlos.

28. Los científicos pueden difundir los resultados de sus investigaciones mediante publicaciones en revistas especializadas, exposición en conferencias y congresos científicos, asistencia a ferias tecnológicas, organización de jornadas para el público en general y publicación de notas de prensa.

29.	Ciencia	Seudociencia
	Objetividad	Subjetividad
	Resultados reproducibles	Resultados no reproducibles
	Fuentes contrastadas	Fuentes no fiables
	Rigor científico	Sensacionalista
	Lenguaje claro, preciso y riguroso	Lenguaje especulativo

30. Respuesta sugerida.

El objetivo de la actividad es que el alumnado reconozca que hay numerosos proyectos de investigación y que normalmente las páginas web de las comunidades autónomas y del Ministerio informan sobre ellos.

Es interesante que los alumnos lleguen a la conclusión de que la investigación científica genera mejora del bienestar, progreso de la sociedad y beneficios económicos.

GUÍA DIDÁCTICA

Practicar +

Ficha 1

1. **Etapa 1.** Planteamiento del problema.

Descripción: Se observa que el punto de congelación del agua cambia en función de la cantidad de sal común que se añade en disolución.

Etapa 2. Formulación de hipótesis.

Descripción: Se establece la hipótesis de que el punto de congelación del agua desciende a medida que la concentración de sal aumenta.

Etapa 3. Comprobación de hipótesis.

— Paso 1: Planificación de un experimento.

Descripción: Para llevar a cabo el experimento, hay que contar con hielo, sal, tres matraces, una varilla y un termómetro.

— Paso 2: Experimentación.

Descripción: Se deposita la misma cantidad de hielo en los tres matraces. Al primero no le añadimos sal; al segundo le añadimos dos cucharadas y, finalmente, al tercero le añadimos cuatro. Agitamos con una varilla las dos muestras que contienen sal y, cuando una parte del hielo se haya fundido, tomamos la temperatura.

— Pasos 3 y 4: Obtención y análisis de datos.

Descripción:

	Hielo	Hielo + 2 cucharadas de sal	Hielo + 4 cucharadas de sal
Temperatura de fusión	0 °C	-6 °C	-10 °C

Etapa 4. Extracción de conclusiones.

Descripción: De los datos obtenidos se puede deducir que la temperatura de fusión del agua (su punto de congelación) desciende a medida que la concentración de sal aumenta.

Etapa 5. Divulgación de resultados.

Descripción: Elaboración de un informe que recoja los resultados de la investigación y la divulgación.

2. Respuesta sugerida.

A partir del experimento efectuado en el laboratorio, se ha comprobado que el punto de congelación del agua desciende a medida que aumenta la concentración de sal en disolución.

Practicar +

Ficha 2

3. a) Felicidad, color.
- b) Longitud, intensidad de corriente, intensidad luminosa, masa, tiempo.
- c) Fuerza, aceleración, presión, volumen, velocidad.
- d) Fuerza, aceleración, velocidad.

4. El valor promedio es de 56,3 g:

$$\text{Valor promedio} = \frac{56,2 \text{ g} + 55,9 \text{ g} + 56,8 \text{ g}}{3} = 56,3 \text{ g}$$

El error absoluto para el valor 56,2 g es:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |56,2 \text{ g} - 56,3 \text{ g}| = 0,1 \text{ g}$$

Y el relativo:

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,1 \cancel{\text{ g}}}{56,3 \cancel{\text{ g}}} = 2 \cdot 10^{-3}$$

Para el valor 55,9 g, los errores son:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |55,9 \text{ g} - 56,3 \text{ g}| = 0,4 \text{ g}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,4 \cancel{\text{ g}}}{56,3 \cancel{\text{ g}}} = 7 \cdot 10^{-3}$$

Y para 56,8 g:

$$E_a = |\text{Valor aproximado} - \text{Valor exacto}|$$

$$E_a = |56,8 \text{ g} - 56,3 \text{ g}| = 0,5 \text{ g}$$

$$E_r = \frac{E_a}{\text{Valor exacto}} = \frac{0,5 \cancel{\text{ g}}}{56,3 \cancel{\text{ g}}} = 9 \cdot 10^{-3}$$

5. a) Entre cuatro y ocho cifras significativas, porque los ceros al final de un número no decimal pueden ser o no cifras significativas.

- b) Dos cifras significativas, porque los ceros situados a la izquierda no son significativos.
 - c) Cinco cifras significativas, porque todas las cifras son diferentes de cero.
 - d) Cuatro cifras significativas, porque los ceros situados entre dos cifras significativas son significativos.
 - e) Cuatro cifras significativas, porque los ceros situados entre dos cifras significativas son significativos.
 - f) Cuatro cifras significativas, porque en notación científica todas las cifras que aparecen antes de la potencia de 10 son significativas.
6. a) 65,39
b) 34,3
c) 4000
d) $2,3 \cdot 10^{-2}$

Profundizar +

Ficha 1

1. a) Respuesta abierta.
b) Para reducir los errores aleatorios y humanos que pueden producirse durante la medición.
c) Respuesta abierta, aunque cabe esperar que sea el pie de rey.
d) Respuesta abierta. Posiblemente el alumnado no haya podido utilizar el pie de rey para medir el estuche u otros objetos porque sus dimensiones son superiores al rango del instrumento.
2. Respuesta abierta. Esta actividad pretende que el alumnado se percate de la importancia de realizar correctamente las mediciones para reducir el error