

¿Qué es la pregunta investigable y cómo enseñar a plantearla?

Sitio: Aulas | Uruguay Educa
Curso: Proyectos de Introducción a la Investigación
Libro: ¿Qué es la pregunta investigable y cómo enseñar a plantearla?
Imprimido por: Invitado
Día: lunes, 6 de agosto de 2018, 22:05

Tabla de contenidos

1. ¿Qué es la pregunta investigable?
2. ¿Cómo enseñar a plantear preguntas investigables?
 - 2.1. A partir de la lectura de textos
 - 2.2. A partir de la historia de la Ciencia
 - 2.3. A partir de actividades experimentales
 - 2.4. A partir de actividades de "papel y lápiz"
3. Rúbrica para evaluar las preguntas investigables propuestas por los estudiantes
4. Para profundizar
5. ¿Quiénes son algunos de los autores de esta propuesta?
6. Créditos

1. ¿Qué es la pregunta investigable?

Según Furman, Barreto y Sanmartí (2013), es una pregunta a la que **se puede dar respuesta de manera empírica, mediante observaciones o experimentos**.

Formular una pregunta investigable requiere:

- **conocimientos teóricos** que le den sentido
- identificar **qué es una variable**
- distinguir entre **condiciones variables y controladas** en un experimento
- **diseñar** los procesos necesarios para **recoger los datos** deseados
- un **lapso de tiempo** prudente para ser contestada
- llevar a la reflexión y a la formulación de **más preguntas** (García y Furman, 2014).

Las **preguntas** en la clase de Ciencias se pueden **clasificar** de la siguiente manera:

Categoría	Definición de la categoría	Preguntas	Ejemplo
Preguntas orientadas a obtener un dato o un concepto	Preguntas que piden información sobre un fenómeno, proceso o concepto concreto.	¿Cómo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Cuántos? ¿Qué es? ¿Cómo pasa?	¿Qué es una célula? ¿Qué es una mitocondria?
Preguntas que indagan por causas explicativas	Preguntas que cuestionan acerca del porqué de un hecho o fenómeno.	¿Por qué? ¿Cuál es la causa? ¿Cómo es que?	¿Por qué las células son de diferente forma? ¿Por qué las mitocondrias necesitan glucosa para generar energía?
Preguntas investigables	Preguntas que invitan a realizar una observación, una medición o una investigación	¿Cómo se puede saber? ¿Cómo lo saben? ¿Cómo se hace? ¿Qué pasaría?	Si pincho un dedo de un niño y una niña ¿durante cuánto tiempo dura el sangrado? ¿Qué le pasa a una célula si la coloco en diferentes medios?

Tabla 1. Clasificación de las preguntas según García y Furman (2014)

Domènech (2014) comenta que, en general, las preguntas que empiezan por *¿Por qué...?* o por *¿Cómo...?* son no investigables puesto que a partir de ellas no se puede diseñar metodología de obtención de datos, mientras que las preguntas que empiezan por *¿Qué sucede si...?* o por *¿Se observa alguna diferencia si...?* son investigables. El asesoramiento del profesor debe ayudar al estudiante a transformar preguntas no investigables en preguntas investigables. El mismo autor sugiere que un método eficaz consiste en **identificar con los estudiantes cuáles son las variables que participan en la situación planteada y formular preguntas sobre ellas**. Es importante afrontar un proceso de reformulación de la pregunta para refinarla. El ejemplo propuesto *¿Por qué aparecen larvas de mosca en la carne en descomposición?* es una muestra de pregunta no investigable que se puede reformular concretando *¿Qué sucede si no dejamos que las moscas se acerquen a la carne?*, y con esta nueva formulación el estudiante puede identificar la variable independiente: dejar o no que las moscas accedan a la carne. Kelsey Steel (2001) distingue **entre preguntas de información y preguntas investigables**: al iniciar un trabajo de indagación abierta y autónoma es habitual que los estudiantes planteen preguntas de información. Las autoras sugieren que las respuestas a preguntas investigables son como los bloques de construcción de una teoría científica mientras que las respuestas a **preguntas de información se construyen con las respuestas a muchas preguntas investigables**. Afirman que un proyecto de investigación no puede responder preguntas de información (como *¿Por qué vuelan los pájaros?*), porque para ello hacen falta gran cantidad de estudios. En cambio, las preguntas investigables **plantean una comparación específica que puede ser testeada** (como *Los pájaros ¿vuelan más rápidamente en días soleados o cuando llueve?*). (Ferrés-Gurt, 2017).

¿Cómo llegar a una pregunta investigable?

A partir de un **problema general** o de gran amplitud, es importante escoger una **pregunta más específica** que haga referencia a la **relación entre diversos factores o fenómenos**, es decir, una «pregunta investigable». Por ejemplo, a partir de la pregunta general «¿qué provoca el cáncer?», nos podemos plantear cuestiones más específicas que abran la puerta a pensar una investigación, como, por ejemplo, «¿existe una relación entre fumar y tener cáncer?», o bien, de modo aún más concreto, «¿influye la cantidad de cigarrillos diarios que fuma una persona en la probabilidad de tener cáncer de pulmón?». Estas preguntas **orientan hacia la planificación de experimentos** y la **realización de determinadas observaciones** cuyos resultados posibiliten identificar **evidencias** que **validen** una posible respuesta al interrogante planteado. (Furman, Barreto y Sanmartí, 2013).

2. ¿Cómo enseñar a plantear preguntas investigables?

- ¿Por qué es importante enseñar a plantear preguntas investigables?

El programa de OCDE (2006) establece la **capacidad de identificar cuestiones científicas** como una de las **tres competencias científicas básicas**.

Según OCDE-PISA (2006):

La capacidad de identificar cuestiones científicas implica reconocer interrogantes que pueden ser investigados científicamente en una situación dada e identificar términos clave para buscar información científica sobre un determinado tema. Incluye asimismo la capacidad de reconocer los rasgos característicos de una investigación de corte científico: por ejemplo, qué elementos deben ser comparados, qué variables deberían modificarse o someterse a control, qué información complementaria se requiere o qué medidas han de adoptarse para recoger los datos que hacen al caso.

Para Sanmartí y Márquez (2012)

Formular una **pregunta investigable** requiere aplicar conocimientos sobre **cómo se genera la ciencia** y sobre **qué es una variable** y la distinción entre las que varían y las que se controlan en un experimento, y sobre **cómo diseñar procesos** para recoger datos.

- ¿Cómo enseñar a plantear preguntas investigables?

Para ayudar a los estudiantes a desarrollar su capacidad de plantear preguntas investigables y proponer experimentos para comprobarlas, las autoras Sanmartí y Márquez (2012) proponen distintos tipos de actividades:

- A partir de la lectura de textos
- A partir de la historia de la ciencia
- A partir de actividades experimentales
- A partir de actividades de "papel y lápiz".



2.1. A partir de la lectura de textos



Figura 1. A partir de la lectura de textos

La lectura de textos con contenido científico provenientes de periódicos, Internet, revistas de divulgación... es una excelente actividad para incidir en el desarrollo de la capacidad del alumnado para formular preguntas investigables y diseñar experimentos que permitan comprobar aquello que se afirma en el texto (Marbà, Márquez y Sanmartí, 2009; Mazzitelli, Maturano y Macías, 2009, como se citó en Sanmartí y Márquez, 2012).

• EJEMPLOS:

1. El secreto está en el bañador

En el marco del aprendizaje de la dinámica, se propuso a alumnos de 4.º de ESO la lectura de un artículo en el que se afirmaba que los nuevos récords olímpicos en natación eran debidos al diseño de los bañadores utilizados. Entre otras acciones se les pidió que **formularan un problema a investigar** para comprobar dicha afirmación y **diseñaran un experimento**.

2. Los tejidos

Lee el siguiente texto y responde a las preguntas que siguen.

Un equipo de científicos británicos está desarrollando unos tejidos «inteligentes» que proporcionarán a los niños discapacitados la capacidad de «hablar». Los niños que lleven un chaleco hecho de un electrotejido, conectado a un sintetizador del lenguaje, serán capaces de hacerse entender golpeando simplemente el material sensible al tacto. El material está hecho de un tejido corriente que incorpora una ingeniosa malla de fibras impregnadas en carbono que conducen la electricidad. Cuando se presiona la tela, el conjunto de señales que pasa a través de las fibras conductoras se altera y un «chip» de ordenador identifica dónde ha sido tocado el tejido. Entonces puede dispararse un dispositivo electrónico que esté conectado a él, que podría ser no mayor que dos cajas de cerillas. «La clave está en cómo confeccionaremos el tejido y cómo enviaremos señales a través de él. Podemos confeccionarlo según los diseños ya existentes de tejidos con el fin de que no se vea», explica uno de los científicos.

El material se puede lavar, estrujar o utilizar para envolver objetos, sin que se estropee. También, los científicos afirman que se puede producir en grandes cantidades a precio económico.

Fuente: Steve Farrer, «Interactive fabric promises a material gift of the garb», *The Australian*, 10 de agosto 1998.

1. ¿Cuál de estas afirmaciones hechas en el artículo se puede comprobar mediante una investigación científica en el laboratorio?

- Lavar sin que se estropee.
- Utilizar para envolver objetos sin que se estropee.
- Estrujar sin que se estropee.
- Producir en grandes cantidades a precio económico.

2. ¿Qué instrumento del equipo del laboratorio sería el instrumento que necesitarías para comprobar que la tela es conductora de la electricidad?

- Un voltímetro.
- Un fotómetro.
- Un micrómetro.
- Un amperímetro.

3. Alimentos genéticamente modificados (OGM)

DEBERÍA PROHIBIRSE EL MAÍZ OGM

Los grupos ecologistas exigen la prohibición de una nueva especie de maíz genéticamente modificado (OGM). Este maíz OGM ha sido diseñado para resistir a un herbicida muy fuerte y nuevo que mata las plantas de maíz tradicionales. Este herbicida nuevo también mata la mayoría de las malas hierbas que crecen en los campos de maíz. Los grupos ecologistas declaran que, dado que las malas hierbas son el alimento de pequeños animales, especialmente insectos, la utilización del nuevo herbicida junto con el maíz OGM será perjudicial para el medio ambiente. Los partidarios del uso del maíz OGM dicen que un estudio científico ha demostrado que no se producirán perjuicios.

Aquí se exponen algunos datos del estudio científico mencionado en el artículo anterior:

- Se ha plantado el maíz en 200 campos de todo el país.
- Cada campo se dividió en dos. En una mitad se cultivó el maíz genéticamente modificado (OGM), tratado con el poderoso herbicida nuevo, y en la otra mitad se cultivó el maíz tradicional tratado con un herbicida convencional.
- Se ha encontrado aproximadamente el mismo número de insectos en el maíz OGM, tratado con el nuevo herbicida, que en el maíz tradicional, tratado con el herbicida convencional.

1. En el estudio científico mencionado en el artículo, ¿cuáles son los factores que deliberadamente se han variado?

- El número de insectos del entorno.
- Los tipos de herbicidas usados.

2. El maíz se plantó en 200 campos de todo el país. ¿Por qué los científicos realizaron el estudio en varios lugares?

- A Con el fin de que muchos agricultores probaran el nuevo maíz OGM.
- B Para observar cuánta cantidad de maíz OGM serían capaces de cultivar.
- C Para cubrir la mayor cantidad posible de terrenos con el maíz OGM.
- D Para incluir varias condiciones del cultivo del maíz.

4. Capturar al asesino

5. La Vía Láctea: a la vista de todos, pero escondida

Según un estudio publicado en "Science Advances" (jun-2016) la Vía Láctea es un tesoro invisible para más de un tercio de la Humanidad. La iluminación artificial de las ciudades eleva el brillo general del cielo nocturno, provocando un notorio efecto conocido como contaminación lumínica.

A pesar del interés creciente por este tema entre científicos de diferentes áreas tales como la ecología, la astronomía, la atención de la salud, y la planificación territorial, la contaminación lumínica carecía de una cuantificación actual de la magnitud de este problema a escala global. Para superar esto, los autores del estudio han presentado el Atlas mundial de luminancia del cielo artificial, poniendo a la vista datos calculados con software que pondera la propagación de la contaminación lumínica utilizando satélites de alta resolución y nuevas medidas -más precisas- del brillo del cielo.

Este nuevo estudio ha permitido comprobar que más del 80 % de la población mundial, y más del 99 % de las poblaciones de EE.UU. y las poblaciones europeas viven bajo cielos con contaminación lumínica.

En estas circunstancias, la Vía Láctea está oculta de la vista de más de un tercio de la Humanidad, incluyendo 60 % de los europeos y casi el 80% de los norteamericanos. Por otra parte, el 23 % de la superficie firme del planeta entre los paralelos 75° Norte y 60° Sur, 88 % de Europa, y casi la mitad de los Estados Unidos, experimenta noches contaminadas por la luz.

Consigna

- Explorando nuestra región en el mapa más actualizado disponible ¿qué porcentaje de la población (ya sea país o departamento) está afectado por este problema ambiental? ¿Uruguay es un país amigable con el cielo nocturno de sus habitantes?
- Con una sencilla técnica de fotografía astronómica es posible obtener imágenes del cielo nocturno. A iguales condiciones de registros en ciudad y en campo, ¿se comprobarán diferencias apreciables en ambos paisajes de cielo? Diseña un experimento para contestar esta pregunta.

6. Recogiendo Firmas

El 25 de abril de 2006, el partido español en la oposición presentó en el Congreso 4.000.000 firmas contra una nueva ley promovida desde una Comunidad Autónoma. Todos los periódicos españoles publicaron fotos de las grandes cajas y las 10 furgonetas que se habían necesitado para transportar las hojas de papel al Congreso.

¿Crees que esta puesta en escena tenía una intención política o que todas estas cajas y furgonetas eran realmente necesarias para transportar los cuatro millones de firmas?

1. Ideen un experimento para resolver la situación
2. ¿Qué variables intervienen en su experimento?
3. ¿Cuál es la pregunta investigable?

Consideren:

¿Cómo se registran las firmas?



Imágenes del Proyecto Lema, referenciado en Créditos del Libro.

• PARA PROFUNDIZAR...

Recomendamos la lectura del siguiente material **Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica**, en especial el artículo "**Leer críticamente las ideas y pruebas que aportan los artículos científicos**" de Sanmartí y Oliveras.

2.2. A partir de la historia de la Ciencia



Figura 2. A partir de la historia de la Ciencia

Otra manera de tratar el tema de las preguntas investigables y su importancia en la construcción del conocimiento científico es a partir de la historia de la ciencia y de reconocer cómo han variado las preguntas que se han formulado para explicar un determinado fenómeno (Pedrinaci y Sequeiros, 1999, como se citó en Sanmartí y Márquez, 2012).

• EJEMPLOS:

1. Una ventana al estómago

El 6 de junio de 1822, Alexis Saint Martin trabajaba como cualquier otro día, en una compañía de pieles en Michigan, Estados Unidos. Ese día un disparo accidental en el costado de su cuerpo le rompió varias costillas y le dejó un horrible agujero en el tórax. Alexis fue tratado por el Dr. William Beaumont (1785-1853), quien pensó inicialmente que su pariente moriría. Pero Alexis sobrevivió; y también sobrevivió su extraño agujero.

La herida cicatrizó sin infecciones, pero dejó un orificio por el que se podía acceder fácilmente al estómago de Alexis. Beaumont enseguida vio en esto una oportunidad maravillosa para estudiar de cerca un fenómeno que hoy conocemos bien pero del que en ese entonces se sabía muy poco: la digestión.

En esa época, los médicos discutían si el estómago trituraba físicamente la comida, despedazándola en pequeñas partículas, o si se trataba de un proceso químico, por el cual los jugos del sistema digestivo descomponían los alimentos en sustancias más simples.

Beaumont ideó una manera de estudiar el asunto. Ató pequeñas porciones de alimento a un hilo y las introdujo a través del orificio de la bala en el estómago de Saint Martin. Pudo constatar así los efectos progresivos del estómago en diferentes alimentos. Luego se le ocurrió extraer los jugos estomacales de Alexis y usarlos en frascos. De este modo pudo confirmar sin lugar a dudas que la mayor parte de la digestión es un fenómeno químico de descomposición. Incluso llegó a determinar que el jugo gástrico debía estar a la temperatura del cuerpo para ser efectivo (el jugo "frío" no digiere) y que el estado de ánimo de la persona tienen efectos sobre el poder digestivo del estómago (cuando Alexis estaba enojado, su jugo gástrico era menos potente).

¿Alguna vez se preguntaron cómo se descubrió que el corazón bombea sangre, que existe un sistema inmune en la sangre, que los nervios se regeneran poco, que el riñón filtra la sangre y produce la orina?

Material extraído de: Alberico, P., Florio, A., Gleiser, M., Joselevich, M., Martínez, S., Taddei, F., Toum Terrones, L. y Venero, R. (2012). Ciencias Naturales 1. Argentina: Estrada.

Preguntas propuestas por Furman, M. (2016, 13 de diciembre). Seminario "Evaluar en Ciencias: Desafíos y oportunidades". Seminario llevado a cabo en IPES, Montevideo: Uruguay.

1. ¿Qué pregunta quería responder Beaumont?
2. ¿Qué hizo para responderla?
3. ¿Qué resultados obtuvo?
4. ¿Cuál fue la respuesta a su pregunta inicial?
5. Imaginen un experimento que Beaumont pudo haber hecho para responder la siguiente pregunta, ¿funcionan a cualquier temperatura los jugos gástricos?

2. El intento de Galileo

3. Análisis del experimento de James Joule (1850)

4. Pila de Volta

Comenzar analizando el siguiente vídeo (*activar la traducción de los subtítulos al español*) que cuenta la historia del descubrimiento de la pila por Alessandro Volta.

Luego realizar un análisis de los conceptos involucrados.

Consigna: Pensar qué se habría preguntado Volta durante sus investigaciones sobre las pilas, su pregunta investigable, para luego elaborar la pila tal y como Volta la diseñó.

5. Henri Becquerel y la radiactividad

A finales de 1800 varios científicos se pusieron a investigar toda una suerte de misteriosas radiaciones. Entre ellas estaban los rayos X, que podían producir impresiones en papel fotográfico aun cuando éste estuviera aislado de la luz. Se había descubierto la presencia de rayos X asociada a algunas formas de fluorescencia, es decir que cuando se ponía una placa fotográfica cerca de una fuente de fluorescencia (como por ejemplo un tubo de rayos catódicos), aparecían manchas negras en la placa cuando se la revelaba en el cuarto oscuro.

Henri Becquerel decidió poner a prueba la idea de que la fluorescencia produce rayos X. Para ello tomó una sustancia (sulfato de uranio y potasio) que fluoresce cuando es iluminada con rayos ultravioletas (UV). Tomó entonces una placa fotográfica, la envolvió bien en papel negro, puso sobre ella unos cristales de sulfato de uranio y potasio y dejó todo esto en el alfeizar de la ventana bajo los rayos del sol (que como bien sabemos tienen rayos UV). A las pocas horas reveló la placa fotográfica y encontró manchas en ella correspondientes a las posiciones de los cristales. Concluyó entonces que la fluorescencia del sulfato de uranio y potasio producía rayos X. Se aprestó a publicar sus hallazgos mientras repetía los experimentos.

Pero hete aquí que en ese día, miércoles 26 de febrero de 1896, el tiempo se puso todo nublado. Becquerel decidió postergar sus experimentos: dejó la placa fotográfica envuelta en papel negro y los cristales en un cajón, bien a oscuras, sabiendo que los cristales no fluorescen en la oscuridad y que por lo tanto nada debería pasar. A los pocos días, por las dudas, decidió revelar la placa fotográfica y encontró para su sorpresa que los cristales habían dejado una clarísima marca. O sea que podían producir rayos X o alguna otra radiación aun sin fluorescencia. Esto, claro está, contradecía su hipótesis original. Este resultado lo llevó en nuevas direcciones. Se le ocurrió que la sustancia estaba emitiendo una nueva forma de rayos. Con paciencia, logró descubrir que la fuente de radiación era el uranio de los cristales y de esa forma descubrió la radiactividad espontánea, por lo que compartió el Premio Nobel de Física en 1903 con Pierre y Marie Curie.

- ¿Cuál será la pregunta que quería contestar Becquerel con este experimento?
- ¿Por qué habrá querido responderla? ¿Qué significado tendría para él esa pregunta teniendo en cuenta la época en la que vivía?
- ¿Qué hipótesis propuso? ¿Qué métodos usó para poner esa hipótesis a prueba?
- ¿Qué resultados obtuvo? ¿A qué conclusiones llegó?
- ¿Cambió lo que pensaba al principio, luego de su experimento?
- ¿Qué nuevas preguntas le habrán surgido después?

6. La conducción de la carga eléctrica

Un científico inglés llamado Stephen Gray descubrió allá por el 1720 que las cargas eléctricas pueden moverse de un objeto a otro. Con un amigo suyo, se propuso ver cuán lejos podía la carga eléctrica viajar por un hilo sisal. El hilo sisal era un buen conductor de las cargas eléctricas en experimentos sencillos. En una variación del experimento colgaron los hilos de las vigas de un granero, pero en este caso el experimento dejó de funcionar.

Analizándolo con cuidado, los experimentadores notaron que habían colgado el hilo del techo mediante otros segmentos cortos de hilo sisal. Si las cargas podían viajar por el hilo sisal, entonces debían estar viajando por los trechos cortos hacia las vigas del techo. En otras palabras, las cargas eléctricas se iban adonde no debían, se "perdían". Para solucionarlo, los experimentadores razonaron que el hilo transportaba las cargas eléctricas muy bien porque era grueso y decidieron reemplazarlo por finos hilos de seda. El cambio dio resultado: ahora todos sus experimentos funcionaban como ellos querían. Su idea del rol del grosor del hilo en la conducción de las cargas eléctricas se veía apoyada por estos resultados.

A los pocos días algunos hilos de seda se rompieron y su estructura se vino al piso. Gray decidió entonces reemplazarlos por algo igual de fino pero más resistente. Se decidió por finos alambres de cobre. Para su sorpresa, cuando el conjunto era sostenido por hilos de cobre, los experimentos dejaban de funcionar de nuevo. Como con el hilo sisal, la carga eléctrica se perdía. Gray entonces cambió su hipótesis. Quizá el hilo sisal permitía la conducción de las cargas eléctricas, no porque fuera grueso sino por alguna razón yacente en su composición como material. La seda no permitía la conducción pero el cobre y el sisal sí. Nuevos experimentos corroboraron esa hipótesis y Gray dio con una nueva idea de enorme poder: hay materiales que son buenos conductores y otros que son malos conductores, es decir materiales que permiten el movimiento de cargas en ellos y otros que no.

El siguiente vídeo a partir del minuto 8 te ejemplifica cómo pudo haber sido el experimento.

- ¿Cuál será la pregunta que querían contestar con este experimento?
- ¿Qué hipótesis propusieron? ¿Qué métodos usaron para poner esa hipótesis a prueba?
- ¿Qué resultados obtuvieron? ¿A qué conclusiones llegaron?
- ¿Cambió lo que pensaban al principio, luego de su experimento?
- ¿Qué dos cosas variaron al modificar su experimento? ¿Por qué no es correcto variar dos aspectos en el mismo experimento?

7. Eratóstenes, las sombras y la Tierra

Eratóstenes nació en Cirene, una antigua ciudad griega en la actual Libia, en torno al año 276 a.C. Tras formarse con los mejores profesores y estudiar algunos años en Atenas, se convirtió en director de la legendaria biblioteca de Alejandría.

Se dice que allí leyó acerca de un lugar llamado Siena. En dicha ciudad, justo al mediodía del solsticio de verano, el sol se reflejaba totalmente en las aguas de un profundo pozo y ninguna vara, ni objeto alguno, daba sombra. Es decir, a ese día y a esa hora, los rayos del sol caían completamente perpendiculares al suelo (estaba en el cenit).

Eratóstenes observó que esto no ocurría en Alejandría. Al mediodía del solsticio de verano, una vara clavada en la tierra proyectaba sombra, al igual que torres y árboles, y que en ningún pozo se reflejaba totalmente el Sol. En definitivas cuentas, al contrario que en Siena, en ese mismo instante, el Sol no se encontraba en el cenit de la ciudad de Alejandría.

Esta diferencia solo podía ser explicada si la Tierra no era plana.

Eratóstenes asumió que Siena y Alejandría se encontraban en el mismo meridiano (misma longitud geográfica) y consideró que el Sol está lo suficientemente lejos como para que sus rayos lleguen a la Tierra completamente paralelos. Bajo esta hipótesis, al mediodía del solsticio de verano, los rayos de Sol inciden directamente en Siena, pero hacen un ángulo α con la vertical en Alejandría.

Eratóstenes dedujo que, si lograba medir este ángulo, y por otro lado determinaba la distancia lineal entre Siena y Alejandría, podría estimar el radio de la Tierra.

Bastaba con aplicar una sencilla regla de tres:

α ----- D (distancia Alejandría-Siena)

360° ----- $2\pi r$

Según el historiador Cleomedes, para el cálculo del ángulo, Eratóstenes midió la sombra que el Sol proyectaba al mediodía del solsticio de verano, sobre un scaphium o gnomon (un palo perpendicular al suelo). Otros historiadores defienden que midió la sombra de una torre.

En la mayoría de los casos se asegura que obtuvo de la distancia estimada entre Siena y Alejandría por las caravanas de camellos que comerciaban entre ambas ciudades, aunque perfectamente pudo ser un dato que obtuvo de la propia biblioteca de Alejandría.

Luego de leer la información resuelve los siguientes puntos:

- ¿Qué preguntas se hizo Eratóstenes?
- ¿Qué hizo para responderlas?
- ¿Qué resultados obtuvo?
- Diseñen un experimento para contestar las preguntas de Eratóstenes

Considera las siguientes variables: *Momento del año, Hora del día, altura del sol, longitud geográfica entre los puntos de observación, longitud del objeto que provoca la sombra, longitud de la sombra.*

8. Altura de la Pirámide

Cuenta la leyenda relatada por Plutarco que Tales de Mileto (s. IV a. C), uno de los llamados siete sabios de Grecia, se encontró visitando la Necrópolis de Guiza junto al joven e inquieto Rey de Egipto, quien deslumbrado por la fama y sabiduría de Tales le preguntó si podía medir la altura de la majestuosa pirámide de Keops que se levantaba ante ellos. Ante la pregunta del Rey, Tales reflexionó unos instantes y le contestó que no solo la calcularía, sino que incluso la mediría sin utilizar instrumentos.

Guedj (2000) Fragmento del libro "El Teorema del Loro"

Si el sol trata de modo semejante al hombre, minúsculo, y a la pirámide, gigantesca, se establece la posibilidad de la medida común. Tales se aferró a esa idea: "La relación que yo establezco con mi sombra es la misma que la pirámide establece con la suya.". De ahí dedujo: "En el mismo instante en que mi sombra sea igual que mi estatura, la sombra de la pirámide será igual a su altura." Hete aquí la solución que buscaba. No faltaba sino ponerla en práctica.

- ¿Cómo se puede poner en práctica la idea de Tales?
- ¿Qué condiciones se deben definir para realizar el experimento?
- ¿Cuál podría ser una pregunta investigable en este contexto?

Considera las siguientes variables para determinar su relevancia y relación con el experimento:

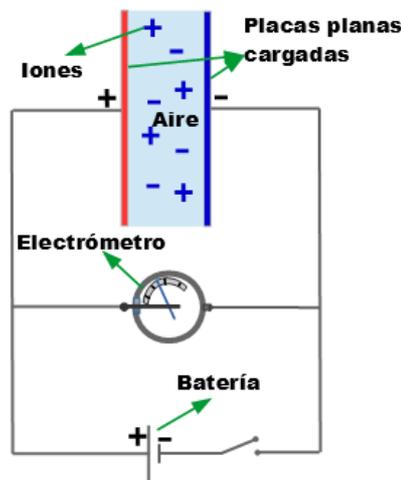
- Altura de Tales
 - Inclinación de Tales respecto al piso
 - Hora del día
 - Distancia de Tales a la Pirámide
 - Posición de la sombra de la Pirámide
- Si se quiere medir la altura del Palacio Salvo, ¿cómo diseñarías el experimento?

9. La electricidad atmosférica

Por el aire circulan cargas eléctricas aunque no nos percatemos. Para comprobar la existencia de moléculas ionizadas en el aire se puede colocar un detector. ¿De dónde provienen estas cargas eléctricas que hacen a la atmósfera conductora?

Se creyó por muchos años que las cargas en la atmósfera se originaban de la actividad radiactiva de la Tierra. Estos fenómenos radiactivos ionizan las moléculas del aire y ésto lo hace conductor. El físico estadounidense Víctor Franz Hess, en 1912, pensaba que "Si éste fuera el origen de la naturaleza conductora de la atmósfera, la ionización del aire debería disminuir a medida que nos desplazamos a mayores alturas, porque la radiactividad proviene del suelo". Para comprobarlo realizó un experimento que se detalla a continuación.

Hess diseñó y construyó un aparato para medir la conductividad del aire. Usando dos placas metálicas, planas, paralelas, colocadas a una distancia muy pequeña. Las placas eran cargadas usando una batería con cargas de diferente signo. El aire que hay entre las placas es conductor, por ello, las cargas de la placa negativa se desplazan de forma lenta hacia la placa positiva y de este modo se va perdiendo la carga neta que inicialmente tenía acumulada cada placa. La ionización del aire, es decir, la cantidad de carga que hay en el aire se mide con la rapidez con que se produce la descarga de las placas, cuando el electrómetro marca cero significa que las placas se han descargado (carga neta cero). Si las placas se descargan en un corto tiempo, significa que el aire está muy ionizado, es muy buen conductor.



El afán investigador de Hess lo llevó a un globo aerostático con el aparato diseñado por él. De esta forma logró medir el tiempo en que se producía la descarga de las placas a diferentes alturas con respecto a la superficie de la Tierra. El tiempo de descarga de las placas disminuye a medida que aumenta la altura, algo opuesto a lo esperado. Es decir: la ionización del aire aumenta con la altitud. Eso lo llevó a él y a sus colegas a preguntarse, ¿de dónde provienen las cargas de la atmósfera? El experimento puso en evidencia que la ionización de la atmósfera se produce por algo exterior a la Tierra.



A partir de este experimento, se derivó en buscar ese "factor externo" que generaba las cargas en la atmósfera, se origina así una nueva investigación que termina en el descubrimiento de los rayos cósmicos. En la actualidad sabemos que en su mayoría, las cargas que se encuentran en la atmósfera son partículas subatómicas con carga positiva originadas en el espacio exterior, los rayos cósmicos. Estos rayos, debido a su elevada energía cinética, ionizan las moléculas de la atmósfera, convirtiéndolo en conductor al aire.

Según Richard Feynman, el descubrimiento de Hess fue, "el más sensacional de toda la historia de la electricidad atmosférica". Trabajos posteriores explican de forma más precisa los fenómenos atmosféricos. En 1936, Hess obtiene el Premio Nobel de Física por las investigaciones sobre los rayos cósmicos.

Fuente: Feynman R., Leighton R. y Sands M. (1987). Física Vol II, Wilmington, Addison - Wesley Iberoamericana.

Luego de leer la información responde las siguientes preguntas:

- ¿Cuál será la pregunta que quería contestar Hess con este experimento?
- ¿Qué hipótesis propuso? ¿Qué métodos usó para poner esa hipótesis a prueba?
- ¿Qué variables modificó en su experimento? ¿Por qué no es correcto variar dos aspectos en el mismo experimento?
- ¿Qué resultados obtuvo? ¿A qué conclusiones llegó?
- ¿Cambió lo que pensaba al principio, luego de su experimento?
- ¿Qué nuevas preguntas le habrán surgido después?

2.3. A partir de actividades experimentales



Figura 3. A partir de actividades experimentales

Sin duda, una fuente de actividades básica es la realización de trabajos prácticos.

1. Relación entre la acidez del agua y la germinación de las semillas

En la siguiente actividad, el problema de investigación propuesto fue: «¿Cómo comprobarías si la acidez del agua afecta a la germinación de las semillas?». Cada grupo de tres estudiantes tenía que **plantear una pregunta de investigación en relación con esta pregunta-problema general**. Una vez redactadas se propuso una actividad de coevaluación. Cada grupo tenía que evaluar algunas de estas primeras versiones de las preguntas, valorando si estaban bien formuladas para dar respuesta al problema de partida y si a partir de ellas se podrían diseñar experimentos. Se recordaba a los alumnos que una pregunta de investigación tiene que hacer referencia a la relación entre diferentes variables relevantes y ser lo más concreta posible. Tras esta primera evaluación se les propuso que reformularan su pregunta inicial y que justificaran por qué creían que la segunda era mejor. Posteriormente diseñaron y realizaron los experimentos propuestos.

2. pH y productos de higiene personal

Se comienza la actividad observando el siguiente vídeo:

Luego se solicita la **elección de un jabón y una pasta de dientes para la higiene personal** usando como criterio de selección el **factor del pH** del jabón. En el marco de esta tarea, los estudiantes deben proponer **preguntas que les permitan indagar sobre la acción limpiadora de los diferentes productos** y solucionar el problema planteado.

3. Pompas de jabón

4. El rebote de las pelotas

Un grupo de amigos juega con dos pelotas hechas de materiales plásticos diferentes. Se preguntan cuál de ellas rebota más pero no pueden ponerse de acuerdo y deciden realizar un experimento para dirimir la cuestión.

- Ideen un experimento para resolver la cuestión.
- ¿Cuál es su pregunta investigable?
- ¿Qué variables intervienen en su experimento?

Sabiendo que las variables que el investigador controla se llaman "**variables independientes**" y las variables sobre las cuales el investigador desea evaluar el efecto se llaman "**variables dependientes**", justamente porque esta variable depende de la otra. En otras palabras, el experimento consiste en ver si la variable independiente tiene un efecto en la variable dependiente.

- Clasifiquen las variables que citaron anteriormente.
- ¿Cómo van a medir el rebote?
- ¿A qué conclusiones llegan?
- Imaginen que se realiza un estudio del efecto del jugo de naranja sobre el cansancio. ¿Cómo medirían el cansancio?

5. Diabetes y los nutrientes de la dieta

- Diseña una actividad experimental en la que puedas determinar las variaciones en los niveles de glucemia en sangre luego de la ingesta de una alfajor (puedes utilizar un medidor digital de la glucemia). Con los datos obtenidos construye una tabla de datos y su respectiva gráfica.
- ¿Existen diferencias en la actividad anterior si modificas la hora del día en la que la lleves a cabo? ¿Cómo lo comprobarías?
- En una segunda experiencia se le pide al mismo paciente A que ingiera un almuerzo con alto contenidos de proteínas y lípidos pero sin glúcidos. Tres horas más tarde se somete a una rutina física moderada. A los efectos de visualizar la actividad del glucógeno y la glucemia se tomaron muestras sanguíneas en intervalos de 10 minutos. ¿Cuáles piensas que son los objetivos de esta experiencia? ¿Qué resultados se esperan obtener? ¿Cómo lo fundamentas? Puedes buscar gráficas, tablas o material teórico que apoye tu respuesta.

Propuesta completa en el siguiente enlace.

2.4. A partir de actividades de "papel y lápiz"



Figura 4. A partir de actividades de "papel y lápiz"

Finalmente, otro tipo de actividades para aprender a formular preguntas investigables es el relacionado con la respuesta a ejercicios diseñados con esta finalidad, que también pueden ser utilizados como cuestiones para evaluar esta capacidad (Sanmartí y Márquez, 2012).

• EJEMPLOS:

Guía de ejercicios para el diseño experimental diseñada por Expedición Ciencia. Es una guía de ejercicios que busca desarrollar algunas herramientas para el pensamiento científico, y en particular para el pensamiento experimental en ámbitos escolares y educativos. Muy buen material para trabajar el concepto de **variable** y su **control**.

1. Péndulos y circuitos

El período de un péndulo es cuánto tarda en hacer una oscilación completa ida y vuelta. Supongamos que quieres saber si el largo de la cuerda del péndulo influye en el período del péndulo. El dibujo muestra una serie de péndulos. Los números en las pesas indican la masa de cada una en kg.

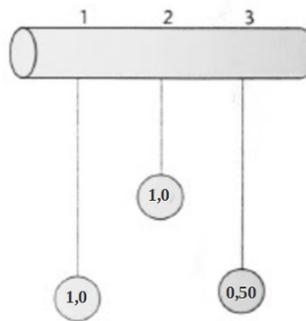


Figura 4.1. Ejercicio péndulos

a. ¿Cuáles de los péndulos elegirías para contestar esa pregunta?

b. ¿Por qué?

Un estudiante está viendo cómo se "gastan" las pilas en diferentes circuitos. Quiere saber si el material con el que está hecho el alambre conductor tiene efecto en cuánto se "gasta" la pila. Para eso compara los dos circuitos esquematizados más abajo: en el circuito A usa alambre de cobre y en el circuito B alambre de oro. Sus conclusiones, dice un compañero no son válidas.

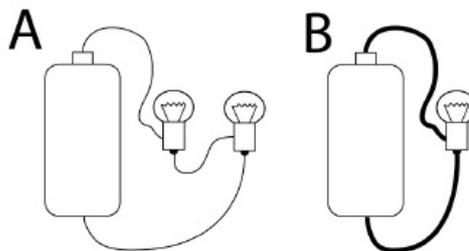


Figura 4.2. Ejercicio circuito

a. ¿Tiene razón el compañero?

b. ¿Por qué?

2. Dieta mediterránea

En un congreso de cardiología se ha presentado un estudio basado en una muestra de 772 personas (de 55 a 80 años) repartidas en dos grupos. Al primero se le ha suministrado una dieta mediterránea enriquecida con aceite de oliva y al segundo se le ha proporcionado una dieta rica en grasas animales. A los tres meses, en los dos casos, se han medido una serie de indicadores que indican el riesgo cardiovascular, como por ejemplo la colesterolemia o concentración de colesterol en la sangre. El colesterol, insoluble en agua, es transportado por el plasma formando estructuras supramoleculares denominadas lipoproteínas. Las de baja densidad o LDL tienden a depositar colesterol en la pared de las arterias y aumentan el riesgo de patologías cardiovasculares. ¿Qué pregunta se planteaban con esta investigación?

3. Juegos olímpicos y temperatura del agua de la piscina

Durante los Juegos Olímpicos de Verano de Moscú el entrenador del equipo de natación británico quería que la temperatura del agua de la piscina se mantuviera a una temperatura constante (24,0 °C). Afirmaba que una diferencia de temperatura de sólo 2,0 °C podía influir en la velocidad de sus nadadores. Antes de tomar cualquier decisión se decidió verificar la reclamación del entrenador británico mediante un experimento.

¿Cuál de los cuatro problemas siguientes escogerías para aclarar experimentalmente si la reclamación del entrenador es pertinente o no? (Fuente: Friedler y Tamir, 1986).

- ¿Influye la temperatura del agua en la velocidad de los nadadores?
- ¿Es posible mantener constante la temperatura del agua?
- ¿Una diferencia de dos grados en la temperatura del agua hace variar la velocidad de los nadadores?
- ¿A qué temperatura es más elevada la velocidad de los nadadores?

4. El Gran Cañón

El Gran Cañón está situado en un desierto de los Estados Unidos. Es un cañón muy largo y profundo que contiene muchos estratos de rocas. En algún momento del pasado, los movimientos de la corteza terrestre levantaron estos estratos. Hoy en día el Gran Cañón tiene 1,6 km de profundidad en algunas zonas. El río Colorado fluye por el fondo del cañón.

Cada año unos cinco millones de personas visitan el parque nacional del Gran Cañón. Existe preocupación por el deterioro que está sufriendo el parque debido al elevado número de visitantes.

¿Es posible responder las preguntas siguientes mediante una investigación científica?

- ¿Qué cantidad de erosión se produce por la utilización de las pistas forestales?
- ¿Es tan bello el parque como lo era hace 100 años?

5. Protectores solares

Milagros y Daniel quieren saber qué protector solar les proporciona la mejor protección para la piel. Los protectores solares llevan un factor de protección solar (FPS) que indica hasta qué punto el producto absorbe las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Un protector solar con un FPS alto protege la piel durante más tiempo que un protector solar con un FPS bajo. A Milagros se le ocurrió una forma de comparar diferentes protectores solares. Daniel y ella reunieron los siguientes materiales:

- Dos hojas de un plástico transparente que no absorbe la luz solar.
- Una hoja de papel sensible a la luz.
- Aceite mineral (AM) y una crema con óxido de zinc (ZnO).
- Cuatro protectores solares diferentes, a los que llamaron PS1, PS2, PS3, y PS4.

Milagros y Daniel utilizaron aceite mineral porque deja pasar la mayor parte de la luz solar, y el óxido de zinc porque bloquea casi completamente la luz del sol. Daniel puso una gota de cada producto dentro de unos círculos marcados en una de las láminas de plástico y después colocó la otra lámina encima. Colocó luego sobre las láminas de plástico un libro grande para presionarlas.

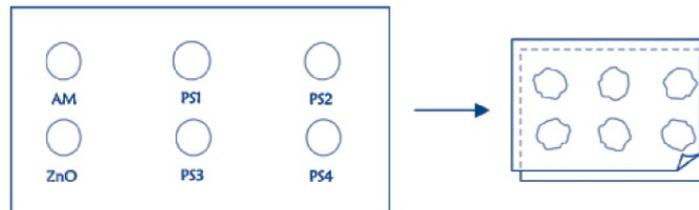


Figura 4.3. Muestra

A continuación, Milagros puso las láminas de plástico encima de la hoja de papel sensible a la luz. El papel sensible a la luz cambia de gris oscuro a blanco (o gris muy claro), en función del tiempo que esté expuesto a la luz solar. Por último, Daniel puso las hojas en un lugar soleado.

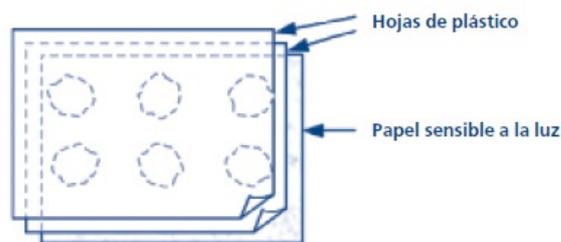


Figura 4.4. Sistema armado

1. De las afirmaciones siguientes, ¿cuál es una descripción científica de la función que cumplen el aceite mineral y el óxido de zinc al comparar la efectividad de los protectores solares?

- A El aceite mineral y el óxido de zinc son los dos factores que se están estudiando.
- B El aceite mineral es un factor que está siendo estudiado, y el óxido de zinc es una sustancia de referencia.
- C El aceite mineral es una sustancia de referencia y el óxido de zinc es el factor que se está estudiando.
- D El aceite mineral y el óxido de zinc son las dos sustancias de referencia.

2. ¿Cuál de las siguientes preguntas trataban de responder Milagros y Daniel?

- A ¿Qué protección proporciona cada protector solar en comparación con los otros?
- B ¿Cómo protegen la piel de la radiación ultravioleta los protectores solares?
- C ¿Hay algún protector solar que proteja menos que el aceite mineral?
- D ¿Hay algún protector solar que proteja más que el óxido de zinc?

3. ¿Por qué presionaron la segunda hoja de plástico?

- A Para impedir que las gotas se secan.
- B Para extender las gotas lo más rápidamente posible.
- C Para mantener las gotas en el interior de los círculos.
- D Para que las gotas fueran del mismo grosor.

4. El papel sensible a la luz es gris oscuro y cambia a gris claro cuando se expone a un poco de luz, y a blanco cuando se expone a mucha luz. ¿Cuál de estas figuras representa un resultado que podría ocurrir? Explica tu elección.

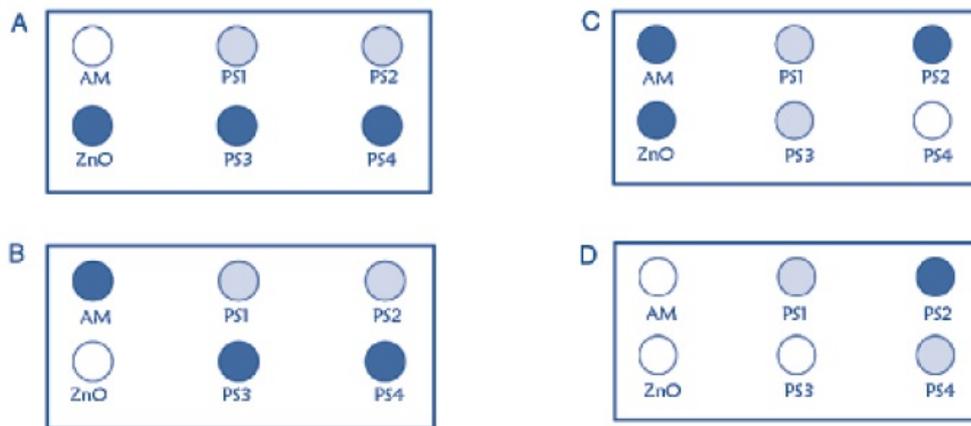


Figura 4.5. Resultados

6. Lluvia ácida

A continuación se muestra una foto de las estatuas llamadas Cariátides, que fueron erigidas en la Acrópolis de Atenas hace más de 2.500 años. Las estatuas están hechas de un tipo de roca llamada mármol. El mármol está compuesto de carbonato de calcio. En 1980, las estatuas originales fueron trasladadas al interior del museo de la Acrópolis y fueron sustituidas por copias. Las estatuas originales estaban siendo corroídas por la lluvia ácida.



Figura 4.6. Cariátides

1. La lluvia normal es ligeramente ácida porque ha reaccionado con algo del dióxido de carbono del aire. La lluvia ácida es más ácida que la lluvia normal porque además ha reaccionado con gases como óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno. ¿De dónde vienen los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno que hay en el aire?

2. El efecto de la lluvia ácida en el mármol puede simularse sumergiendo astillas de mármol en vinagre durante toda una noche. El vinagre y la lluvia ácida tienen prácticamente el mismo nivel de acidez. Cuando se pone una astilla de mármol en vinagre, se forman burbujas de gas. Puede medirse la masa de la astilla de mármol seca antes y después del experimento. Una astilla de mármol tiene una masa de 2,0 g (gramos) antes de ser sumergida en vinagre durante toda una noche. Al día siguiente, la astilla se extrae y se seca. ¿Cuál será la masa de la astilla de mármol seca?

- A Menos de 2,0 g.
- B Exactamente 2,0 g.
- C Entre 2,0 y 2,4 g.
- D Más de 2,4 g.

3. Los alumnos que llevaron a cabo este experimento también pusieron astillas de mármol en agua pura (destilada) durante toda una noche. Explica por qué los alumnos incluyeron este paso en su experimento.

7. Comportamiento del espinoso

El espinoso es un pez que es fácil de mantener en un acuario.

- Durante la época de reproducción el vientre del espinoso macho cambia de color plateado a rojo.
- El espinoso macho atacará a cualquier macho rival que invada su territorio y lo intentará ahuyentar.
- Si se aproxima una hembra de color plateado, intentará guiarla hasta su nido para que ponga allí sus huevos.

En un experimento, un alumno quiere investigar qué provoca la aparición de un comportamiento agresivo en el espinoso macho. En el acuario del alumno sólo hay un espinoso macho. El alumno ha hecho tres modelos de cera unidos a trozos de alambre. Cuelga los modelos dentro del acuario, por separado, durante el mismo tiempo. Cuando están dentro, el alumno cuenta el número de veces que el espinoso macho ataca la figura de cera empujándola de forma agresiva. El resultado del experimento se presenta a continuación.

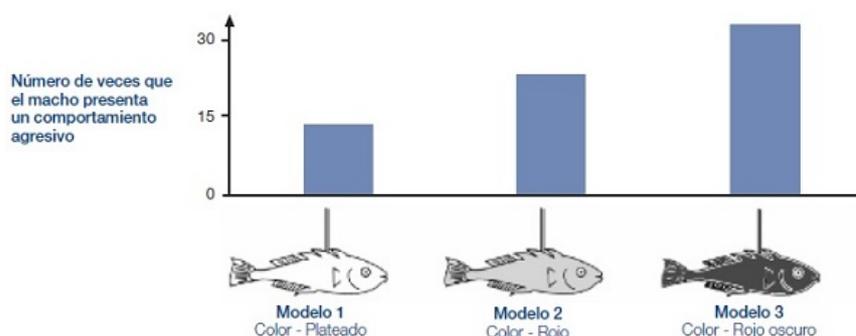


Figura 4.7. Resultados 1

1. ¿Qué pregunta intenta responder este experimento?

2. Durante el tiempo de reproducción, si el espinoso macho ve una hembra, tratará de atraerla con un comportamiento de cortejo parecido a una danza. En un segundo experimento se investiga este comportamiento de cortejo. De nuevo, se usan tres modelos de cera atados a un alambre. Uno es de color rojo; los otros dos son de color plateado, pero uno tiene el vientre plano y el otro tiene el vientre redondeado. Los alumnos cuentan el número de veces (en un determinado periodo de tiempo) que el macho reacciona ante cada modelo con un comportamiento de cortejo. Los resultados de este experimento se presentan a continuación.

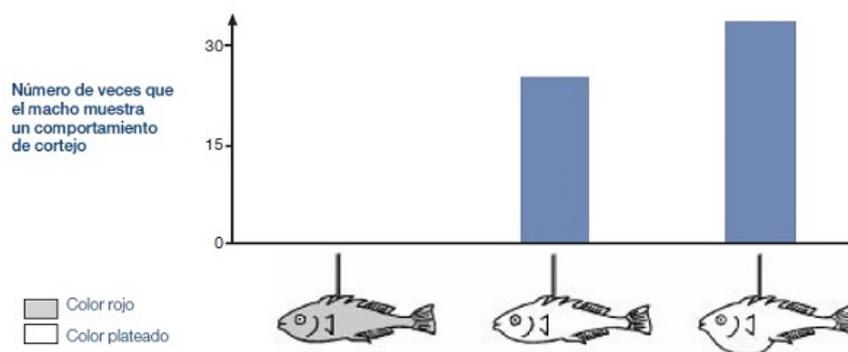


Figura 4.8. Resultados 2

De acuerdo con los resultados de este experimento, cada uno de los cuatro alumnos propone su propia conclusión. De acuerdo con la información de la gráfica, ¿son correctas las conclusiones de los alumnos?

- El color rojo provoca el comportamiento de cortejo del espinoso macho.
- La hembra del espinoso con el vientre plano provoca la mayor cantidad de reacciones en el espinoso macho.
- El espinoso macho reacciona con mayor frecuencia ante una hembra con el vientre redondeado que ante una hembra con el vientre plano.

3. Otros experimentos han demostrado que el espinoso macho reacciona con un comportamiento agresivo ante los modelos con el vientre rojo, y con un comportamiento de cortejo ante los modelos con el vientre plateado. En un tercer experimento, se utilizaron los siguientes modelos sucesivamente:

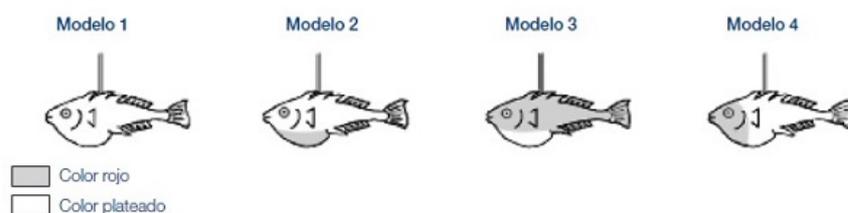


Figura 4.9. Resultados 3

Las tres gráficas siguientes muestran las posibles reacciones del espinoso macho ante cada uno de los modelos representados arriba.

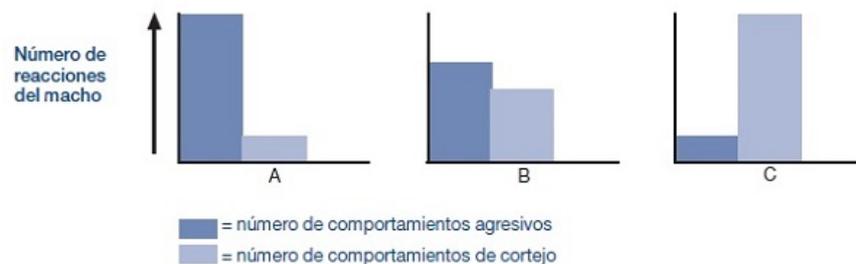


Figura 4.10. Resultados 4

¿Cuál de estas reacciones podrías predecir para cada uno de los cuatro modelos? Rellena con A, B o C la casilla correspondiente a cada modelo.

Modelo	Reacción
1	
2	
3	
4	

Tabla 2. Modelo y reacción

8. Fumar tabaco

El tabaco se fuma en forma de cigarrillos, puros o en pipa. Ciertas investigaciones científicas han demostrado que las enfermedades relacionadas con el tabaco matan cada día a unas 13.500 personas en el mundo. Se predice que, para 2020, las enfermedades relacionadas con el tabaco originarán el 12% del total de muertes. El humo del tabaco contiene sustancias nocivas. Las sustancias más perjudiciales son el alquitrán, la nicotina y el monóxido de carbono.

Algunas personas usan parches de nicotina para dejar de fumar. Los parches se pegan a la piel y liberan nicotina a la sangre. Esto ayuda a reducir la ansiedad y eliminar los síntomas de abstinencia cuando la gente deja de fumar. Para estudiar la efectividad de los parches de nicotina, se escoge al azar a un grupo de 100 fumadores que quieren dejar de fumar. Este grupo será sometido a estudio durante seis meses. La efectividad de los parches de nicotina se determinará contando el número de personas que no han conseguido dejar de fumar al final del estudio. Entre los siguientes, ¿cuál es el mejor diseño experimental?

- A Poner parches a todas las personas del grupo.
- B Poner parches a todo el grupo excepto a una persona que tratará de dejar de fumar sin parches.
- C Cada persona elige si quiere llevar parche o no para dejar de fumar.
- D Se escoge al azar a una mitad del grupo que llevará parches, y la otra mitad no los llevará.

9. Brillos de labios

La tabla siguiente tiene dos recetas de cosméticos que se pueden hacer en casa. La barra de labios es más dura que el brillo de labios, que es suave y cremoso.

BRILLO DE LABIOS

Ingredientes:

5 g de aceite de ricino
0,2 g de cera de abeja
0,2 g de cera de palmera
1 cucharada pequeña de colorante
1 gota de aroma alimentario

Instrucciones:

Caliente el aceite y las ceras al baño maría hasta obtener una mezcla homogénea. Añada el colorante y el aroma y mézclelo todo.

BARRA DE LABIOS

Ingredientes:

5 g de aceite de ricino
1 g cera de abeja
1 g de cera de palmera
1 cucharada pequeña de colorante
1 gota de aroma alimentario

Instrucciones:

Caliente el aceite y las ceras al baño maría hasta obtener una mezcla homogénea. Añada el colorante y el aroma y mézclelo todo.

Figura 4.11. Composición del brillo y barra de labios

1. Al hacer la barra de labios y el brillo de labios, el aceite y las ceras se mezclan entre sí. El colorante y el aroma se añaden después. La barra de labios hecha con esta receta es dura y no es fácil utilizarla. ¿Cómo cambiarías la proporción de los ingredientes para hacer una barra de labios más blanda?

2. Aceites y ceras son compuestos que se mezclan bien entre sí. El agua no se mezcla con los aceites, y las ceras no son solubles en agua. Si se vuelca mucha agua dentro de la mezcla de la barra de labios cuando se está calentando, ¿qué ocurrirá con mayor probabilidad?

- A Se producirá una mezcla más cremosa y blanda.
- B La mezcla se hará más dura.
- C La mezcla apenas cambiará.
- D Grumos grasos de la mezcla flotarán sobre el agua.

3. Cuando se añade un emulsionante, éste hace que se mezclen bien los aceites y las ceras con el agua. ¿Por qué el jabón y el agua limpian una mancha de barra de labios?

- A El agua tiene un emulsionante que permite que se mezclen el jabón y la barra de labios.
- B El jabón actúa como un emulsionante y permite que el agua y la barra de labios se mezclen.
- C Los emulsionantes de la barra de labios permiten que el jabón y el agua se mezclen.
- D El jabón y la barra de labios se combinan y forman un emulsionante que se mezcla con el agua.

10. El pan

Un cocinero hace el pan mezclando harina, agua, sal y levadura. Una vez mezclado todo, coloca la mezcla en un recipiente durante varias horas para que se produzca el proceso de la fermentación. Durante la fermentación, se produce un cambio químico en la mezcla: la levadura (un hongo unicelular) transforma el almidón y los azúcares de la harina en dióxido de carbono y alcohol.

1. La fermentación hace que la mezcla se hinche. ¿Por qué se hincha?

- A Se hincha porque se produce alcohol, que se transforma en gas.
- B Se hincha porque los hongos unicelulares se reproducen dentro de ella.
- C Se hincha porque se produce un gas, el dióxido de carbono.
- D Se hincha porque la fermentación transforma el agua líquida en vapor.

2. Algunas horas después de haber hecho la mezcla, el cocinero mide la masa del sistema y observa que su masa ha disminuido. La masa de la mezcla es la misma al comienzo de cada uno de los cuatro experimentos que se muestran abajo. ¿Qué dos experimentos debería comparar el cocinero para determinar si la levadura es la responsable de la diferencia de masa?

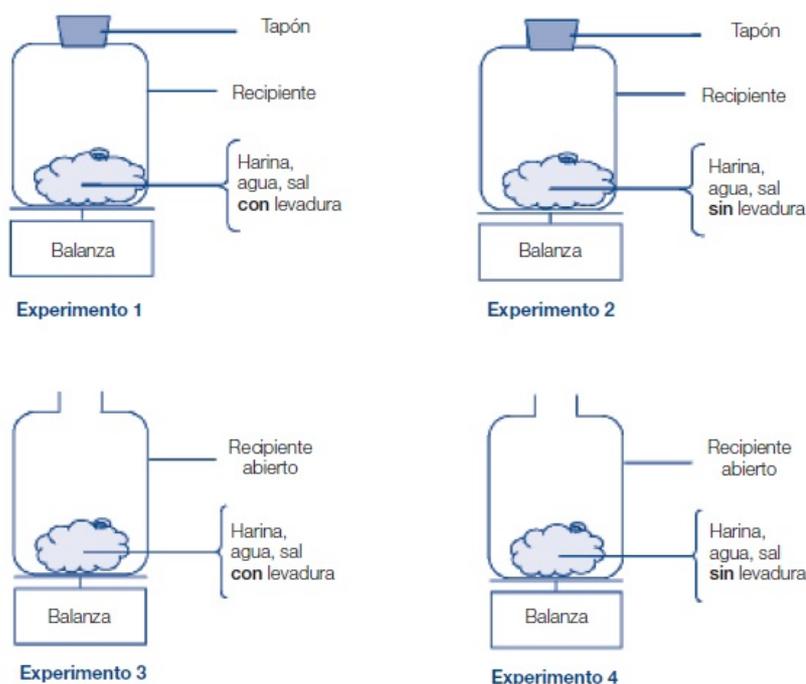


Figura 4.12. Resultados de los cuatro experimentos

- A El cocinero debería comparar los experimentos 1 y 2.
- B El cocinero debería comparar los experimentos 1 y 3.
- C El cocinero debería comparar los experimentos 2 y 4.
- D El cocinero debería comparar los experimentos 3 y 4.

11. ¿Un riesgo para la salud?

Imagina que vives cerca de una gran fábrica de productos químicos que produce fertilizantes para la agricultura. En los últimos años se han dado varios casos de personas de la zona que sufren problemas respiratorios crónicos. Muchas personas de la localidad piensan que estos síntomas son producidos por la emisión de gases tóxicos procedentes de la cercana fábrica de fertilizantes químicos.

Se ha organizado una reunión pública para discutir sobre los peligros potenciales de la fábrica de productos químicos para la salud de los habitantes de la zona. En esta reunión los científicos declararon lo siguiente:

- Declaración hecha por los científicos que trabajan para la empresa de productos químicos: «Hemos hecho un estudio de la toxicidad del suelo en esta zona. En las muestras analizadas no hemos encontrado ningún rastro de productos químicos tóxicos.»
- Declaración hecha por los científicos que trabajan para los ciudadanos de la comunidad local preocupados por esta situación. «Hemos estudiado el número de casos de problemas respiratorios crónicos en esta zona y lo hemos comparado con el número de casos que se presentan en zonas alejadas de la fábrica. El número de casos es mayor en la zona próxima a la fábrica de productos químicos.»

1. El propietario de la fábrica de productos químicos utilizó la declaración de los científicos que trabajaban para la empresa para afirmar que «los gases emitidos por la fábrica no constituyen un riesgo para la salud de los habitantes de la zona». Da una razón que permita **dudar** de que la declaración hecha por los científicos que trabajan para la empresa confirme la afirmación del propietario.

2. Los científicos que trabajan para los ciudadanos preocupados compararon el número de personas con problemas respiratorios crónicos que vivían cerca de la fábrica de productos químicos con el número de casos observados en una zona alejada de la fábrica. Describe una posible diferencia entre las dos zonas que te haría pensar que la comparación no fue válida.

12. Ósmosis y protozoosis

Determinados peces de acuario de agua dulce sufren a menudo la denominada enfermedad del punto blanco, caracterizada por la presencia de pequeñas manchas blancas en las escamas y aletas. Un análisis microscópico de las manchas evidencia la presencia de un protozoo parásito. Sumergiendo durante unos minutos a los peces en agua con una concentración salina superior a la del acuario, los parásitos desaparecen en la mayor parte de los casos.

La tabla siguiente muestra los resultados de un experimento realizado con peces de agua dulce de una misma especie que padecían la enfermedad del punto blanco y eran sumergidos durante un minuto en soluciones salinas a diversas concentraciones. ¿Cuál es el problema o la pregunta investigable que se plantea en este experimento?

Concentración salina (g/L)	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
Nº de parásitos en un pez	150	150	150	150	140	100	45	10	8	5	0	0

Tabla 3. Resultados

13. Penicilina y clavulánico

La penicilina es un antibiótico utilizado contra muchas infecciones bacterianas, pero algunas bacterias producen un enzima, la penicilinas, que la inactiva. El gráfico siguiente representa la actividad enzimática de la penicilinas (línea azul) y también las actividades de la penicilinas a las mismas concentraciones de penicilina pero en presencia de ácido clavulánico (línea gris) ¿Qué pregunta se planteaban los investigadores que hicieron esta investigación?

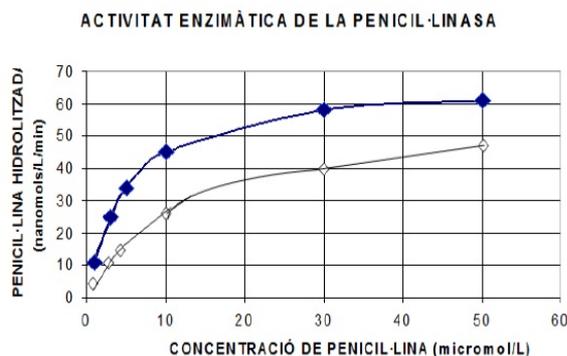


Figura 4.13. Gráfica con resultados

14. Hemoglobina glicosilada y diabetes

Con el fin de asociar la ingesta de macro y micronutrientes con el control metabólico de pacientes con diabetes tipo 2, académicos de la carrera de Nutrición y Dietética de la Universidad San Sebastián desarrollaron el estudio "Asociación entre nutrientes y hemoglobina glicosilada en diabéticos tipo 2".

Los resultados determinaron que el consumo elevado de CHO (glúcidos) en especial de rápida absorción, altos en sacarosa y bajos en fibra (pan, dulces y bebidas, entre otros) se asocia como factor de riesgo en el incremento de hemoglobina A1c (HbA1c), cuyo monitoreo permite el control de la glucosa de los tres últimos meses del paciente. Sin embargo, no se asoció con ingesta de proteínas o grasas.

"Los diabéticos deben optar por los alimentos de bajo índice glicémico. Es mejor comer una pasta al dente que una pasta recocida o un arroz integral que uno blanco. La cantidad de CHO es la misma, pero la manera en que se comporta en la sangre es distinta. Además se debe aumentar el consumo de leguminosas, frutas y verduras, en la cantidad que recomiende su nutricionista, según la necesidad de cada paciente", finaliza Durán.

El estudio incluyó a 714 diabéticos tipo 2 de ambos sexos entre 27 y 90 años, a quienes se les realizó una encuesta alimentaria de Tendencia de Consumo de Alimentos con frecuencia semanal, la cual proporcionó información detallada sobre el consumo de alimentos de cada persona y se comparó con la HbA1c. Además, se les efectuó una evaluación antropométrica de peso y talla, y el estado nutricional fue determinado con el índice de masa corporal.

- ¿Qué son los macro y micronutrientes?
- ¿Qué es el índice glicémico de los alimentos?
- ¿Cuáles son los glúcidos de rápida absorción? ¿En qué alimentos se consumen mayoritariamente?
- ¿Cuál es la composición química de la fibra dietética? ¿Por qué es recomendable su ingesta regular, en especial por las personas diabéticas?
- ¿Cuáles fueron las variables estudiadas en la investigación? ¿Cuál fue la variable independiente, la dependiente y las variables a controlar?
- ¿Cuál crees que es la pregunta investigable que buscaban contestar a través de la investigación?

Propuesta completa en el siguiente enlace.

3. Rúbrica para evaluar las preguntas investigables propuestas por los estudiantes

Según Ferrés, Marbá y Sanmartí (2015) se puede utilizar la siguiente rúbrica que posee 5 niveles jerarquizados de competencia.

Nivel	Descriptor
0	No identifica preguntas investigables sino que propone preguntas de información.
1	Plantea preguntas investigables pero inabordables.
2	Plantea preguntas con formulación ambigua o genérica, o mal formuladas, pero hay una pregunta basada en hechos.
3	Identifica preguntas adecuadas, relacionadas con conceptos científicos y basadas en hechos pero no concreta interrogantes que orienten la investigación.
4	Plantea problemas investigables, concreta preguntas adecuadas con conceptos científicos, basadas en hechos y que sugieren aspectos metodológicos.

Tabla 4. Rúbrica para el análisis de preguntas investigables

Las autoras plantean analizar si la pregunta se puede responder analizando datos o sugiere la relación de variables.

Nivel 1, 2 y 3 - Se pueden obtener datos para responder.

Nivel 4 - Se pueden obtener datos para responder y sugiere metodología.

4. Para profundizar

1. Recomendamos la lectura del siguiente **artículo** en donde se desarrollan **ejemplos** de los 4 tipos de actividades citadas.
2. Compartimos también el siguiente **artículo** (a partir de la página 10 se encuentra en español), que discute acerca de **cómo plantear actividades experimentales** que promuevan el desarrollo de la capacidad de formular preguntas investigables. Se presentan **tres actividades de indagación en Química** con distinto grado de acompañamiento a nivel conceptual.
3. El siguiente **artículo** analiza cómo guiar a los estudiantes para que **pasen de preguntas de información a preguntas científicas investigables**.
4. **Serie de videos "La casa de la Ciencia"** El Dr. Gabriel Gellon y la Dra. Melina Furman acercan a chicos y chicas al mundo de la ciencia mediante diversos experimentos científicos dentro de P.E.R.I.C.L.E.S. (Proceso Electrónico de Razonamiento Inteligente de Conocimientos Lógicos y Empatía Selectiva), un sótano muy particular que interactúa con los doctores estableciendo una intensa comunicación visual.
5. **Preguntas de Prueba Pisa liberadas de Ciencias**. Resultan muy útiles como **actividades de "papel y lápiz"**. Incluye preguntas de Astronomía, Biología, Física y Química.

5. ¿Quiénes son algunos de los autores de esta propuesta?

- Barreto, María del Carmen: Universidad de Piura, Perú. Matemáticas y Física. Ingeniería Industrial y Doctora en Educación.
- Caamaño, Aureli: Es doctor en Química por la Universidad de Barcelona. Catedrático de Física y Química de secundaria y profesor de la Universidad de Barcelona.
- Domènech-Casal, Jordi: Doctor en Biología y Licenciado en Humanidades. Profesor de Secundaria y Formador de profesores. Generalitat de Catalunya, Barcelona - Department of Teaching
- De Podestá, María Eugenia: Magíster en Educación en la Universidad de Bath, Reino Unido. Ha realizado el postgrado en Educación en la Pontificia Universidad Católica Argentina y es Licenciada en Bioquímica (UBA). Universidad de San Andrés.
- Ferrés-Gurt. Concepció: Profesora de Educación Secundaria y Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Licenciada en Biología.
- Furman, Melina: Bióloga de la Universidad de Buenos Aires y Ph.D. en Educación de la Ciencia de Columbia University. Es cofundadora de Expedición Ciencia, una organización de científicos apasionados por mejorar la educación. Es Profesora de la Universidad de San Andrés, donde dicta la materia "Ciencia para no científicos".
- García González, Milena Sandra: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Márquez, Conxita: Autonomous University of Barcelona, Cerdanyola del Vallès · Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales.
- Martí Feixas, Jordi: Profesor agregado. Departamento de Didáctica del Arte y las Ciencias. UVIC: Universitat de VIC, Universitat Central de Catalunya.
- Sanmartí, Neus: Es catedrática de Didáctica de las Ciencias y doctora en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Barcelona.

6. Créditos

Actividades utilizadas:

A partir de la lectura de textos:

- **El secreto está en el bañador:** Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012, enero). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (70), 27-36. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Ense%C3%B1ar%20a%20plantear%20preguntas%20investigables.pdf>/BBC Mundo. (1 de agosto de 2009). El secreto está en el bañador. BBC Mundo. Recuperado de: http://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/08/090731_2305_roma_trajes_natacion_jrg.shtml?print=1
- **Los tejidos / Alimentos genéticamente modificados:** Instituto de Evaluación. Ministerio de Educación España. (2010). Ciencias en Pisa. Pruebas liberadas. Recuperado de: <http://www.meecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/ciencias-en-pisa-para-web.pdf?documentId=0901e72b8072f577>
- **Capturar el asesino:** OECD. *Capturar al asesino*. Recuperado de: http://recursostic.educacion.es/inee/pisa/ciencias/cienciaspisa/biologia/biologia_er/01_cienciasbio_capturar_al_asesino_er.pdf
- **La Vía Láctea: a la vista de todos, pero escondida:** Falchi, F. Cinzano, P. Duriscoe, D. y Furgoni, R. (2016, junio). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances* 2 (6), e1600377. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303900724_The_new_world_atlas_of_artificial_night_sky_brightness
- **Recogiendo firmas: PRIMAS.** Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education across Europe. Guía para formadores de profesores. ¿Qué es IBL? Recuperado de: http://educacionadistancia.juntadeandalucia.es/profesorado/autoformacion/pluginfile.php/4393/mod_resource/content/2/Que%20es%20IBL%20.pdf LEMA Project. Learning and Education in and through Modelling and Applications. Recuperado de: <http://www.lemaproject.org/web.lemaproject/web/es/tout.php>

A partir de la historia de la Ciencia:

- **Una ventana al estómago:** Texto: Alberico, P., Florio, A., Gleiser, M. Joselevich, M., Martínez, S., Taddei, F., Toum Terrones, L. y Venero, R. (2012). Ciencias Naturales 1. Argentina: Estrada. Preguntas propuestas por Furman, M. (2016, 13 de diciembre). Seminario "Evaluar en Ciencias: Desafíos y oportunidades". Seminario llevado a cabo en IPES, Montevideo: Uruguay.
- **El intento de Galileo:** Egaña, E; Berruti, M. y González, A. (2014). Interacciones 4. Campos y ondas. Uruguay: Contexto/Collo, M., De la Fuente, C., Gabaroni, B., Gianatiempo, A., Israel, G., Melo, S.,... Seara, V. (2011) *Ciencias naturales material para directivos educación primaria*. Coordinado por Furman, M; Salomón P. y Sargorodski, A. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Instituto Internacional de Planeamiento de la educación IIPE- Unesco. Recuperado de: http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/programa_para_el_acompanamiento_y_la_mejora_escolar/materiales_de_trabajo/directores/ciencias_naturales.pdf
- **Análisis del experimento de James Joule (1850):** da Silva, R., Bispo, A. y Silva, T. (2014, agosto). James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: Reproduzindo as dificuldades do laboratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36 (3), 3309. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n3/09.pdf> Collo, M., De la Fuente, C., Gabaroni, B., Gianatiempo, A., Israel, G., Melo, S.,... Seara, V. (2011) *Ciencias naturales material para directivos educación primaria*. Coordinado por Furman, M; Salomón P. y Sargorodski, A. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Instituto Internacional de Planeamiento de la educación IIPE- Unesco. Recuperado de: http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/programa_para_el_acompanamiento_y_la_mejora_escolar/materiales_de_trabajo/directores/ciencias_naturales.pdf
- **Pila de Volta:** Furman, M., Barreto, M. y Sanmartí, N. (2013, enero). El proceso de aprender a plantear preguntas investigables. *Educación Química EduQ*, (14), 1-28. doi: 10.2436/20.2003.02.102. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/262935439_El_proceso_de_aprender_a_plantear_preguntas_investigables
- **Henri Becquerel y la radiactividad / La conducción de la carga eléctrica:** Expedición Ciencia (2014). Guía de ejercicios para el diseño experimental. Recuperado de: <http://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/GUIA-DE-DISE%C3%91O-EXPERIMENTAL-expC-2014.pdf> Collo, M., De la Fuente, C., Gabaroni, B., Gianatiempo, A., Israel, G., Melo, S.,... Seara, V. (2011) *Ciencias naturales material para directivos educación primaria*. Coordinado por Furman, M; Salomón P. y Sargorodski, A. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Instituto Internacional de Planeamiento de la educación IIPE- Unesco. Recuperado de: http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/programa_para_el_acompanamiento_y_la_mejora_escolar/materiales_de_trabajo/directores/ciencias_naturales.pdf
- **Eratóstenes, las sombras y la Tierra:** Lorente, J.L. El experimento más sencillo de la historia: *la medida del radio terrestre ERATÓSTENES*. Recuperado de: <http://joseluislorente.es/ERATOSTENES/index.html> Gastelú, D. (2017). ¡Mide el tamaño de la Tierra! Recuperado de: <http://uruguayeduca.edu.uy/recursos-educativos/145>
- **La altura de la Pirámide:** La altura de la pirámide de Keops y el teorema de Tales. Recuperado de: <https://eltrasterodepalacio.wordpress.com/2013/01/14/la-altura-de-la-piramide-de-keops-y-el-teorema-de-tales/> Guedj, D. (2000). El Teorema del Loro. Editorial Anagrama
- **La electricidad atmosférica:** Fuente de la lectura: Feynman R., Leighton R. y Sands M. (1987). Física Vol II, Wilmington, Addison - Wesley Iberoamericana. Imágenes: Hess ballon. Autor: Anónimo. Licencia: Dominio público. Diagrama del dispositivo usado por Hess. Autor: Pedreira, S. Licencia: CC BY-SA 4.0.

A partir de actividades experimentales:

- **Relación entre la acidez del agua y la germinación de las semillas:** Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012, enero). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (70), 27-36. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Ense%C3%B1ar%20a%20plantear%20preguntas%20investigables.pdf>
- **pH y productos de higiene personal:** Furman, M., Barreto, M. y Sanmartí, N. (2013, enero). El proceso de aprender a plantear preguntas investigables. *Educación Química EduQ*, (14), 1-28. doi: 10.2436/20.2003.02.102. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/262935439_El_proceso_de_aprender_a_plantear_preguntas_investigables
- **Pompas de jabón:** Irazoquí, R; Rebollo, C y Soubirón, E. (2012). *Primer año de Bachillerato. Química. Un abordaje sustentable*. C. Suiza, Uruguay; Correo del Maestro
- **El rebote de las pelotas:** Expedición Ciencia (2014). *Guía de ejercicios para el diseño experimental*. Recuperado de: <http://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/GUIA-DE-DISE%C3%91O-EXPERIMENTAL-expC-2014.pdf>

A partir de actividades de "papel y lápiz":

- **Péndulos y circuitos:** Expedición Ciencia (2014). *Guía de ejercicios para el diseño experimental*. Recuperado de: <http://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/GUIA-DE-DISE%C3%91O-EXPERIMENTAL-expC-2014.pdf>
- **Dieta mediterránea / Ósmosis y protozoosis / Penicilina y clavulánico:** Ferrés-Gurt C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), p. 410-426. doi: 10498/19226. Recuperado de: <http://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/viewFile/3395/3114>
- **Juegos olímpicos y temperatura del agua de la piscina:** Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012, enero). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (70), 27-36. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Ense%C3%B1ar%20a%20plantear%20preguntas%20investigables.pdf>
- **El Gran Cañón / Protectores solares / Lluvia ácida / Comportamiento del espinoso / Fumar tabaco / Brillos de labios / El pan / ¿Un riesgo para la salud?:** Instituto de Evaluación. Ministerio de Educación España. (2010). Ciencias en Pisa. Pruebas liberadas. Recuperado de: <http://www.meecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/ciencias-en-pisa-para-web.pdf?documentId=0901e72b8072f577>

Guía Elaborada por los profesores contenidistas del **Portal Uruguay Educa** por el CES - 2017.

Gastelú, D., Gatto, A., Hirigoyen, A., López, R. y Pedreira, S. (2017). *Guía para trabajar con proyectos de investigación*. Portal Uruguay Educa. CC BY-SA 4.0



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional.