



## LA CIENCIA Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

### Conocimiento empírico y conocimiento científico

Durante el transcurso de la historia, y en la vida de cada individuo, se presentan situaciones y dificultades que el ser humano debe sortear. Habitualmente, no existen recetas ni caminos marcados, sino que el hombre debe ingeniárselas a fin de superarlas. Gran parte de las respuestas a estos problemas son producto del "ensayo y error", es decir de la repetición de un modelo de respuesta que, tras probar y errar varias veces, da con la solución esperada. Esto lleva a un conocimiento empírico o práctico (basado en la experiencia).

Pero existe también otra forma del conocimiento, independiente de sus aplicaciones prácticas, que surge de la propia curiosidad del hombre por encontrar el por qué de los fenómenos que observa en la naturaleza. Es el **conocimiento científico**. Es decir que los problemas científicos no se inventan, sino que se descubren a partir de observaciones que algún investigador encuentra en una situación problemática que no presenta una explicación coherente con las teorías existentes (o conocimiento actual). Entonces, el investigador comienza en la búsqueda de explicaciones y de predicciones de los hechos, con el fin de llegar al conocimiento. En ocasiones, además de conocer la realidad, la ciencia la modifica mediante sus aplicaciones prácticas. Esto implica una íntima relación entre ciencia y tecnología.

### La producción del conocimiento científico

Cuando se hace referencia al conocimiento científico, se alude a tres dimensiones de la ciencia: 1) la ciencia como cuerpo de conocimientos conceptuales, 2) la ciencia como proceso o modo particular de producir conocimiento y 3) la ciencia como actitud del sujeto que conoce.

En la práctica científica real, no existe un conjunto único de reglas y pasos que conduzca a la construcción de teorías científicas. Los científicos utilizan múltiples y rigurosas metodologías en el proceso de producción de conocimientos, que están vinculadas con su objeto de estudio y el tipo de problema que investiga.

Además, las observaciones que hace un investigador, los significados que le atribuye y los conocimientos que surgen, son el resultado de la interacción entre el sujeto y el objeto del conocimiento. Es decir, entre los conocimientos previos y la acción del mundo exterior sobre los sentidos de quien observa.

En el camino que recorre el investigador para dar respuesta al problema de estudio se establecen discrepancias que conducen a un trabajo dinámico en el

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



cuál se plantean nuevas alternativas, se establecen nuevas relaciones, nuevos supuestos y

se reformulan los diseños de experimentos que pongan a prueba los enunciados preliminares.

Sólo se acepta el nuevo conocimiento, cuando el investigador indica claramente el camino recorrido para obtener su descubrimiento, de modo que otros puedan reproducir y verificar las observaciones y evidencias obtenidas.

Por último, es importante considerar la producción del conocimiento científico dentro de un contexto histórico, social y colectivo. Lo que se sabe es resultado del aporte de muchas generaciones de científicos, orientados por las líneas de trabajo de los equipos de los cuales forman parte, en instituciones dedicadas a la investigación y relacionadas con el carácter social del trabajo científico.

### ¿A qué se llama “método científico”?

Como se mencionó previamente, en ciencia no hay caminos reales ni reglas infalibles que garanticen por anticipado el descubrimiento de nuevos hechos y la invención de nuevas teorías, asegurando la fecundidad de la investigación científica. La investigación se abre camino y cada investigador elabora su propio estilo de búsqueda. A su vez, cada investigación no es la simple aplicación de un método general, sino que involucra la imaginación, la creatividad y la originalidad de los investigadores.

Sin embargo, aunque no hay caminos marcados, hay una “brújula” que permite estimar si se está en la dirección indicada y evita perderse en los múltiples fenómenos y problemas que surgen. Esta “brújula” es el **método científico**, que no produce automáticamente el saber.

Lo que hoy se llama **método científico** no es una lista de recetas para llegar a las respuestas correctas de las preguntas científicas, sino el conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis científicas (suposiciones que serán verificadas: confirmadas o refutadas). El método científico es normativo en la medida en que muestra cuáles son las reglas de procedimiento que pueden aumentar las probabilidades de que el trabajo sea fecundo. Pero estas reglas son perfectibles, es decir que no son intocables porque no garantizan la obtención de la verdad pero, en cambio, facilitan la detección de errores.

Básicamente, el método científico incluye los siguientes aspectos:

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



## Planteo del Problema

Einstein afirmaba que lo más importante en la investigación era **DESCUBRIR UN BUEN PROBLEMA**. Los problemas se descubren a partir de un observador que detecta una incongruencia entre lo observado con las teorías y modelos vigentes.

Cuando un científico encuentra un problema tiene que precisarlo, en lo posible, como una pregunta que reduzca el problema a su núcleo significativo con ayuda del conocimiento disponible. Generar buenas preguntas es fundamental para encontrar enfoques y contextos en los cuales buscar respuestas y nuevas inquietudes.

## Formulación de hipótesis

Explicar los hechos observados presupone elaborar hipótesis. Una hipótesis es una afirmación que el científico propone sin tener la certeza de que sea verdadera, pero que provisionalmente considera como tal. Existen hipótesis centrales o fundamentales y otras auxiliares que se desprenden de la primera. Actualmente se sostiene que no existen métodos o procedimientos mecánicos que permitan descubrir buenas hipótesis. Las fuentes de las que surgen las hipótesis son el ingenio, la imaginación y la intuición, que puedan surgir a partir de las observaciones y los conocimientos previos.

## Experimentación. Prueba de las hipótesis

La tarea que sigue a la formulación de una hipótesis consiste en contrastarla, es decir, en ponerla a prueba mediante su confrontación con la experiencia, lo cual es un requisito ineludible en toda ciencia fáctica (o empírica).

Esto involucra el diseño de la prueba, su ejecución, la elaboración de los datos y la inferencia de conclusiones.

El diseño implica planificar observaciones, mediciones, experimentos y otras operaciones instrumentales.

La ejecución de la prueba es la realización de las operaciones y la recolección de datos. Estos datos pueden ser: cualitativos, los cuales describen un proceso o producto (por ejemplo: color o forma de un objeto) y cuantitativos, que se expresan en forma de mediciones (por ejemplo: tamaño y peso de un objeto).

La elaboración de los datos empíricos, su procesamiento y organización adecuada son imprescindibles para dar respuesta al problema planteado. Hay diferentes maneras de organizar los datos recolectados, pero en general, todas las técnicas apuntan a ver los resultados de una forma más simple y clara. Los cuadros, gráficos y diagramas son una manera simple de mostrar la relación

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



entre dos o más factores, son simples para organizar, interpretar y comunicar resultados.

Las conclusiones derivan de la interpretación de los resultados a la luz del modelo teórico que sustenta el problema.

Muchas veces, los experimentos propuestos no pueden responder a los materiales o a las condiciones del ambiente existentes. En estos casos es en donde se deben planear otros experimentos y hasta se pueden plantear nuevos proyectos.

### Confirmación o refutación de la hipótesis

Las conclusiones se comparan con los enunciados propuestos y se precisa en qué medida pueden considerarse confirmadas o refutadas. Es decir que mediante el método científico se pretende concluir si los hechos respaldan o no a la hipótesis.

En caso de que los resultados obtenidos no respalden la hipótesis propuesta, se debe corregir o reformular la hipótesis, buscar errores en la teoría y/o en los procedimientos empíricos empleados. Cuando se acepta la validez de una hipótesis, ésta constituye la base de una nueva teoría.

### Formulación de teorías

Una vez que una hipótesis propuesta ha sido repetidamente verificada por diversos grupos de científicos, ésta pasa a ser una teoría científica. Una teoría se define como un conjunto de conceptos, definiciones y proposiciones, que ofrecen una visión sistemática de los fenómenos (hechos físicos o naturales), con el propósito de explicarlos y predecirlos. Partiendo de esta nueva teoría pueden surgir aplicaciones prácticas. La tecnología científica se desarrolla preferentemente en esta etapa, creando productos y procesos industriales, farmacéuticos, etc.

Si una teoría se verificara como verdadera en todo tiempo y lugar, entonces es considerada como Ley.

Una teoría está sujeta a cambios, ya que es verdadera sólo para un lugar y un tiempo dados, mientras que una ley es permanente e inmutable y es comprobable en cualquier tiempo y espacio. Por ejemplo, la Evolución es una teoría que se perfecciona de acuerdo a nuevos descubrimientos, mientras que lo relacionado con la Gravitación es una ley, pues ocurre en todo tiempo y lugar del universo.

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



## La publicación de resultados

Cuando se culmina una investigación científica, se publican los resultados obtenidos para conocimiento general y para que otros científicos puedan basarse en ese descubrimiento para establecer nuevas hipótesis y teorías. La divulgación científica pretende dar a conocer el conocimiento científico a la sociedad más allá del ámbito académico.

## **El plan de trabajo en el laboratorio**

Teniendo en cuenta los aspectos que involucra el método científico, se planifica detalladamente la investigación. Es decir, se plantea un plan de trabajo que defina un problema, prevea las necesidades que genere la investigación y apunte hacia los resultados.

En primer término se deben formular preguntas que ayuden a definir los pasos iniciales de este esquema: una mejor definición del problema por investigar, las respuestas sospechadas (hipótesis) y los caminos para investigarlas.

Luego es aconsejable ampliar el esquema con algunas consideraciones:

- ü Si el trabajo incluirá experimentos, observaciones o desarrollo de productos.
- ü Conocer los recursos que se necesitarán, cuánto cuestan y dónde se obtienen.
- ü La forma en que se recolectarán los datos (observaciones, mediciones, entrevistas, encuestas, etc.).
- ü Conocer otras fuentes de información para enriquecer el conocimiento del fenómeno estudiado.
- ü La forma en que se presentarán los resultados.
- ü Cuánto tiempo se dedicará a cada fase de la investigación.

En la búsqueda de información mediante la consulta a fuentes, es importante desarrollar estrategias para encontrar aquellas adecuadas y confiables. Una fuente es una publicación que provee información considerada legítima y confiable sobre un tema. Las fuentes permiten apoyar la investigación con conocimientos existentes. Éstas sirven para formular el “marco teórico” o “marco de referencia” al comienzo de una investigación y, durante el transcurso de la misma, aportan datos para su desarrollo.

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



## ACTIVIDADES

### OBJETIVOS:

1. Revisar los conceptos explicados en el texto y profundizar a partir de trabajos de investigación.
2. Interpretar la información del texto a partir de la realización de experiencias relacionadas.
3. Incorporar las experiencias de laboratorio como parte del aprendizaje y poner énfasis en el registro de datos y la interpretación de los resultados.

### DESTINATARIOS:

El tema que aborda este Cuaderno puede incorporarse a cualquiera de los niveles de enseñanza y a cualquiera de los temas trabajados en el aula. Básicamente, consiste en que el docente intente implementar una estrategia de enseñanza que sea coherente con el modo de producción del conocimiento científico, teniendo en cuenta en la práctica los diferentes aspectos del método científico.

### CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

El tema que aborda este Cuaderno plantea aspectos interesantes para los docentes respecto de la enseñanza de las ciencias en la escuela.

En primer lugar es importante tener en cuenta que los docentes al enseñar ciencias naturales están haciendo un recorte y una selección sobre el cuerpo de conocimientos científicos. Pero, además, la enseñanza escolar implica una transformación del conocimiento científico (*transposición didáctica*). Es decir, inevitablemente los docentes modelan y estructuran los conocimientos a enseñar en función de diversos factores (formación profesional, diseño curricular, propuestas pedagógicas, cuestiones administrativas o institucionales, propuestas editoriales, etc.), por lo cual existe un trecho que media entre los siguientes niveles: el conocimiento científico, el conocimiento a enseñar, el conocimiento enseñado y el conocimiento aprendido.

Aunque la transposición didáctica es inevitable, los docentes sí pueden transmitir un conocimiento científico actualizado y enseñar de acuerdo con el modo de producción del conocimiento científico.

En el texto del Cuaderno se considera al conocimiento científico en sus tres dimensiones (conceptual, procedimental y actitudinal).

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Es posible trasladarlo a la enseñanza de las ciencias en tres tipos de contenidos:

- ü **Contenidos conceptuales**
- ü **Contenidos metodológicos**
- ü **Contenidos actitudinales**

Transmitir contenidos actualizados, reflexionar sobre el modo de producción del conocimiento científico y sobre la actitud del investigador frente al conocimiento, y analizar la relevancia social del conocimiento científico, son aspectos a tener en cuenta si se pretende una enseñanza de las ciencias que sea acorde con el modo de producción del conocimiento científico.

Al hablar de producción del conocimiento científico, se hace referencia en el Cuaderno a la interacción entre el sujeto y el objeto del conocimiento, es decir entre los conocimientos previos y la acción del mundo exterior sobre los sentidos de quien observa. Del mismo modo, la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela requiere tanto de la exposición verbal que aporte un marco teórico al problema en estudio, como de la actividad experimental para contribuir al proceso de construcción del conocimiento. La estrategia de enseñanza de ciencias basada exclusivamente en la transmisión verbal por parte del profesor (habitual en las escuelas) o el uso exclusivo de guías de trabajo pautadas y dirigidas, brindan a los alumnos una imagen distorsionada, estática o mecánica del modo de producción del conocimiento científico.

Para lograr una estrategia de enseñanza coherente con el modo de producción del conocimiento científico, se sugiere implementar actividades en las cuales:

- se indague acerca de las ideas previas de los alumnos,
- se examine acerca del modo en que conciben los fenómenos a estudiar,
- se fomente el planteo de hipótesis de trabajo,
- se promueva el diseño de experiencias por parte de los alumnos,
- se incentive la deducción de conclusiones a partir de los resultados,
- se atienda a la manera en que los alumnos llevan a cabo los procesos de comprobación (verificación y refutación) de hipótesis,
- se promueva la reelaboración de las ideas intuitivas o los conocimientos previos a partir de los conocimientos elaborados,
- se incentive la formulación de explicaciones alternativas para los fenómenos que se estudian,
- se promueva la confrontación de ideas en el interior del grupo.

Aunque, en este texto no se menciona, es importante tener en cuenta al realizar la experiencia las variables dependientes, las independientes, los controles que se utilizan, los indicadores y otros aspectos propios de la experimentación.

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



Para que las prácticas de laboratorio tengan peso en el proceso de formación deben incorporarse como una instancia más en el proceso de enseñanza y de aprendizaje y debe tomarse en cuenta el papel de las teorías previas desde las cuales el alumno observa, manipula y experimenta, ya que ellas determinan tanto el diseño de la experiencia como la interpretación de sus resultados. Es por eso que cada etapa del experimento constituye una instancia de aprendizaje en sí misma, desde el diseño, el registro y tratamiento de los datos, la representación de los

mismos, la elaboración de conclusiones y la elaboración de un informe. Ésta última implica expresar y comunicar las ideas en forma objetiva, precisa y con vocabulario científico específico.

Respecto de las fuentes de información, su búsqueda y modo de utilización es un tema en sí mismo para trabajar en el aula. Por ejemplo, se sugiere trabajar qué es una fuente confiable, cuáles son las fuentes confiables, qué información utilizar de toda la que se encuentra, cómo citar las fuentes, etc. Estas fuentes pueden ser: especialistas que se entrevista, monografías, tesis, publicaciones científicas, libros, enciclopedias, diccionarios que proveen definiciones básicas y generales, publicaciones periódicas como revistas y periódicos y páginas Web. En general, en referencia a los sitios web, aquellos respaldados por universidades o institutos de investigación son los más confiables a la hora de buscar información.

## **Actividad 1**

Aunque no existe un conjunto único de normas para llegar al conocimiento científico, el método científico ofrece una “brújula” para no perderse en el camino.

A continuación se ofrece una lista de pasos desordenados que deben ordenar de acuerdo con los pasos que permitirían llegar a la resolución de un problema científico:

- q Se buscan nuevas hipótesis y/o errores experimentales.
- q Se descubre un problema
- q Las regularidades que funcionan en forma consistente, finalmente se aceptan como Teorías.
- q Cuando las consecuencias no apoyan la hipótesis, se desecha. A partir de los resultados se deducen consecuencias.
- q Se busca información o se realizan más observaciones.
- q A partir de los resultados se deducen consecuencias.
- q Se realizan las pruebas para comprobar o refutar las hipótesis
- q Luego se buscan regularidades y se plantean hipótesis.

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**





**Respuesta**

1. Se descubre un problema
2. Se busca información o se realizan más observaciones.
3. Luego se buscan regularidades y se plantean hipótesis.
4. se realizan las pruebas para comprobar o refutar las hipótesis
5. A partir de los resultados se deducen consecuencias.
6. Cuando las consecuencias no apoyan la hipótesis, se desecha.
7. Se buscan nuevas hipótesis y/o errores experimentales.
8. Las regularidades que funcionan en forma consistente, finalmente se aceptan como Teorías.

**Actividad 2**

**Nota para el docente:** El propósito de estas preguntas es dirigir el pensamiento de los alumnos, esto posibilita al maestro o profesor proveerles el camino para la construcción de su propio conocimiento.

1. Cuando se introduce una botella llena de líquido en el congelador, la botella se rompe. ¿Es el frío el causante de la rotura del vidrio? ¿Cómo se podría comprobar?
2. Mucha gente afirma haber visto fantasmas. ¿Es eso una prueba de su existencia? ¿Por qué?
3. Preguntar entre familiares y amigos quiénes creen en la existencia de platos voladores y por qué creen. Anotar las respuestas e indicar las que parecen más convincentes.
4. ¿Cuáles de los problemas planteados anteriormente pueden probarse mediante el método científico y por qué?

**Actividad 3. Diseño de un experimento científico**

En esta actividad se propone que los alumnos se dividan en grupos y que, a partir de ciertas preguntas o problemas, formulen sus propias hipótesis y los pasos a seguir para resolverlas.

Se debe buscar información sobre el tema, formular hipótesis, diseñar un experimento que permita responder a las preguntas formuladas, analizar los resultados y representarlos mediante gráficos, extraer conclusiones y finalmente informar al resto de los grupos en qué consistió la investigación realizada.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



A continuación se presenta un ejemplo de cómo podría plantearse la actividad:

**Observación:** *Un grupo de alumnos detectó que los brotes de un tipo de planta particular que crece bajo las piedras tienen color blanco, mientras que los que crecen afuera son de color verde. Una prueba de laboratorio permitió determinar que las plantas blancas carecen de clorofila.*

**Problema:** *¿Qué es lo que causa que las plantas que crecen bajo las piedras sean blancas? En este caso el problema se presenta a modo de pregunta.*

**Hipótesis:** *Se sugiere que los alumnos planteen las hipótesis que se les ocurran de acuerdo con sus conocimientos previos. A continuación se plantean algunas de las posibles hipótesis que podrían surgir:*

Hipótesis 1: *la presión que ejerce la piedra hace que los brotes sean blancos*

Hipótesis 2: *la falta de oxígeno hace que los brotes sean blancos*

Hipótesis 3: *la falta de luz hace que los brotes sean blancos*

Hipótesis 4 : *el exceso de dióxido de carbono hace que los brotes sean blancos*

Hipótesis 5: *un parásito hace que los brotes sean blancos*

Hipótesis 6: *la falta de espacio hace que los brotes sean blancos.*

Se elige cuál es la hipótesis que parece mejor o más probable y se planifican las experiencias a realizar.

**Prueba de la hipótesis. Experimentación:**

1. Tomar una cantidad grande de semillas de la planta.
2. Dividir las en dos grupos iguales.
3. Hacerlas germinar a todas en las mismas condiciones (humedad, temperatura, etc.) excepto por la luz (variable independiente).
4. El grupo A crecerá en luz blanca normal (cumple la función de control) y el grupo B en oscuridad total. Hay que tener en cuenta cuál es la fuente de luz empleada. Si se decide colocar una lámpara cerca de las plantas, controlar el factor "temperatura" ya que podría causar un aumento de la temperatura en relación con las plantas que crecen en la oscuridad, y en tal caso los resultados serían confusos ya que no se podría determinar cuál es el factor (luz o temperatura) que afecta los resultados en ambos grupos de plantas.
5. Esperar a que los brotes aparezcan y examinar su color (variable dependiente).
6. Repetir varias veces la experiencia y anotar los resultados (cantidad de brotes de cada color en ambos grupos).
7. Representar los resultados en tablas o gráficos.

**Conclusiones.**

*Se supone que esta experiencia permitiría confirmar la hipótesis según la cual la luz es un factor que afecta la producción de clorofila.*

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



*Este problema es de tipo cualitativo. Se podría luego, continuar la experiencia y formular nuevas preguntas para determinar algunos factores cuantitativos. Por ejemplo:*

- *¿Cuál es la influencia de la longitud de onda en la producción de clorofila en los brotes?*
- *¿Cuál es la influencia de la intensidad de la luz en la producción de clorofila en los brotes?*

Otros temas para examinar podrían ser:

- La acción de los jugos digestivos (saliva) sobre el almidón.
- La acción de los antibióticos sobre los cultivos de bacterias.
- Las condiciones de desarrollo de hongos en los alimentos.
- El frío como conservante de los alimentos.

#### **ACTIVIDAD 4.**

Teniendo en cuenta los temas de biotecnología ya trabajados en Cuadernos anteriores se podrían plantear situaciones problemáticas y que los alumnos sugieran hipótesis y diseño de experiencias, aunque algunas de ellas no sean realizables en la escuela. Para el diseño de las experiencias lo alumnos contarían con todos los materiales necesarios (enzimas de restricción, ligasas, bacterias E. Coli, medios de cultivo, reactivos, etc.)

Ejemplos de situaciones problemáticas:

- En un campo se dispersó un herbicida X y se detectaron plantas que murieron mientras que otras de la misma especie sobrevivieron al herbicida.
- En un cultivo de bacterias realizado en un laboratorio, se encontraron algunos organismos que sobreviven al efecto de un insecticida X colocado en el medio mientras que otras mueren.
- Una plaga de insectos provoca estragos en los cultivos de maíz y los agricultores buscan la forma de controlar los efectos de los insectos (mediante técnicas de ingeniería genética).
- En regiones frías, se pueden observar algunas plantas que toleran las bajas temperaturas. Los científicos están buscando cómo introducir (mediante ingeniería genética) esta característica favorable a especies de interés agronómico que son sensibles al frío.
- Existen ciertas plantas que crecen en sitios contaminados con grandes cantidades de sustancias tóxicas y/o metales pesados. Hay un gran interés en conocer los genes responsables de dicha característica para introducirlos

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



Las especies forestales como los álamos, muy utilizados en fitorremediación (uso de plantas para descontaminar zonas afectadas)

### Actividad 5

Analizar el artículo que se reproduce a continuación y deducir los pasos que puede haber seguido el equipo de investigadores que dieron origen al proyecto biotecnológico para aumentar la cantidad de beta-caroteno en el maní.

**Maní transgénico con alto contenido de beta-carotenos**

**Extraído de Novedades de Biotecnología. Enero 2005.**

[www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar)

El Instituto de Investigación de Cultivos de los Trópicos Semi-Áridos (ICRISAT) inició un proyecto para aumentar la cantidad de beta-caroteno en el maní. La investigación es parte

del “programa de desafío global” del Grupo Consultor para la Investigación Agrícola Internacional que tiene como objetivo la biofortificación de los cultivos para combatir la desnutrición por deficiencia de nutrientes como el zinc, el hierro y la vitamina A en los alimentos. El Dr K. K. Sharma, fitomejorador del ICRISAT, señaló: “la investigación del ICRISAT ayudará a combatir la deficiencia de vitamina A, particularmente, en los niños y mujeres desnutridos. La mayoría de las personas desnutridas viven en las regiones tropicales semi-áridas y esta variedad de maní puede cultivarse en India”. También explicó que en el ICRISAT los métodos de transformación genética de las plantas de maní han sido optimizadas y que están empleando esta tecnología para obtener maní transgénico con altos niveles de beta-carotenos (precursor de la vitamina A). Los investigadores también creen que esta nueva variedad de maní transgénico podría servir de base para la incorporación posterior de otras características, como resistencia a enfermedades y tolerancia a estreses abióticos, para aumentar también la productividad del cultivo en la región. “La deficiencia en vitamina A puede llevar a la ceguera. Según la Organización Mundial de la Salud, casi 350.000 chicos quedan parcial o totalmente ciegos cada año debido a esa deficiencia y alrededor del 60% de ellos mueren a los pocos meses de haber quedado ciegos”, explicó el Dr Sharma.

**Observación: ¿Qué aspectos /hechos de la realidad observaron los investigadores y captaron su atención?**

**Rta:**

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



- Existe desnutrición por deficiencia de nutrientes como el zinc, el hierro y la vitamina A en los alimentos.
- Existen niños y mujeres desnutridos que tienen deficiencia de vitamina A.
- Se observa que la mayoría de las personas desnutridas viven en las regiones tropicales semi-áridas.

**Problema:** *¿En base a esta observación, cuál fue el problema planteado?*

**Rta:** *¿Es posible erradicar o reducir la desnutrición por deficiencia de nutrientes mejorando la composición de un alimento disponible para el grupo afectado?*

**Hipótesis:** *¿Qué hipótesis pueden haberse planteado y cuál fue la elegida para avanzar en la investigación?*

Rta.

**Hipótesis 1:** Siendo el maní un cultivo de fácil acceso para las mujeres que viven en las zonas, si se logra hacerlo más rico en vitamina A, las mujeres lo consumirían y así el problema de desnutrición disminuiría.

**Hipótesis 2:** Los métodos de transformación genética de plantas utilizados para hacer maní transgénico pueden también utilizarse / adaptarse para modificar genéticamente el maní y hacerlo rico en beta-caroteno.

**Prueba de la hipótesis. Experimentación:** *¿Cuáles pueden haber sido los pasos en la investigación y cuáles serán los pasos a seguir en el futuro?*

Rta:

**Posibles pasos seguidos:**

- Búsqueda de información acerca de las características genéticas y de las vías metabólicas del maní para realizar la transformación.
- Búsqueda de genes a introducir en el maní que harán que aumente la cantidad de beta-caroteno.
- Construcción del plásmido con el gen de interés.
- Puesta a punto de técnicas para la transformación.
- Transformación de las plantas y verificación de que las mismas producen mayor cantidad de beta-caroteno (precursor de vitamina A)
- Medición de resultados, realización de controles y evaluación de riesgos para la salud y ambientales.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Selección de un grupo objetivo para observar y seguir el comportamiento a lo largo de la investigación y observar resultados.

### Posibles pasos a seguir:

Una vez elegido el grupo a observar, el paso siguiente será alimentar al grupo con el maní modificado, hacer pruebas, observar y seguir la evolución de la deficiencia en la ceguera en el grupo seleccionado. Asimismo, se deben encontrar regularidades en esta evolución en los diferentes personas que integran el grupo para luego verificar y, eventualmente, replantear las hipótesis iniciales y/o los pasos experimentales.

### **Actividad 6. El experimento de Galileo**

Extraído de: [http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=45&l=s&c3=](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=45&l=s&c3=)

Al final del siglo XVI, en general se creía que la gravedad hacía que los objetos pesados cayesen más rápido que los objetos livianos. La leyenda dice que el científico italiano Galileo creía otra cosa. Galileo conjeturó que las fuerzas que actúan sobre un objeto que cae son independientes al peso de este objeto. En 1590, Galileo planeó un experimento. El subió a lo alto de la inclinada Torre de Pisa y, desde arriba, dejó caer varios objetos grandes. ¿Cuáles fueron los resultados de su experiencia? ¿Qué sucede cuando se dejan caer dos objetos de diferente peso?

Respuesta:

Los dos diferentes objetos caen exactamente a la misma velocidad. El experimento de Galileo probó que su hipótesis era correcta, las fuerzas que influyen sobre un objeto son independientes del peso del mismo. ¿Por qué? Galileo había descubierto que la fuerza de la gravedad (que no sería definida hasta varias décadas más tarde

por un científico llamado Sir Isaac Newton) era constante. A pesar de sus pesos diferentes, dos objetos caerán al suelo exactamente a la misma velocidad.

**Nota para el docente:** mediante esta actividad, los alumnos podrían analizar si Galileo utilizó el método científico en esta experiencia. Cuál fue la hipótesis propuesta, el experimento realizado y las conclusiones a las que llegó.

Material de consulta

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 61 de

- La ciencia, su método y su filosofía.  
Bunge, Mario. (1988) Ediciones Siglo Veinte.
- El desafío de enseñar ciencias naturales. Fumagalli Laura (1993).  
Troquel.
- Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones.  
Weissmann Hilda (compiladora). (1993) Paidós Educador.
- <http://www.eibe.info/> Iniciativa Europea para la Educación en  
Biotecnología. Un sitio recomendable con mucho material (parte en  
español) para la enseñanza de temas de biotecnología.
- Preguntas productivas: Como herramienta para soportar el aprendizaje  
constructivista.  
[http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act\\_permanentes/conciencia/ensenia/preprod.htm](http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/ensenia/preprod.htm)
- Pasos para desarrollar un tema de investigación utilizando el método  
científico: <http://www.superchicos.net.htm>
- El experimento de Galileo, incluye animación.  
[http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=45&l=s&c3=](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=45&l=s&c3=)
- Pasos del método científico y algunas experiencias.  
<http://www.cientec.or.cr/ciencias/metodo/metodo.html>

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.