



PERÚ

Ministerio  
de Educación



# RUTAS DEL APRENDIZAJE

Usa la ciencia y la tecnología para  
mejorar la calidad de vida



CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
Fascículo general

HOY EL PERÚ TIENE UN COMPROMISO: MEJORAR LOS APRENDIZAJES  
**TODOS PODEMOS APRENDER, NADIE SE QUEDA ATRÁS**

MOVILIZACIÓN NACIONAL POR LA MEJORA DE LOS APRENDIZAJES



# RUTAS DEL APRENDIZAJE

Usa la ciencia y la tecnología para  
mejorar la calidad de vida



CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
Fascículo general

## **MINISTERIO DE EDUCACIÓN**

Av. De la Arqueología, cuadra 2, San Borja

Lima, Perú

Teléfono 615-5800

www.minedu.gob.pe

Versión 1.0

Tiraje: 522 900 ejemplares

Emma Patricia Salas O'Brien

**Ministra de Educación**

José Martín Vegas Torres

**Viceministro de Gestión Pedagógica**

### **Equipo Coordinador de las Rutas del Aprendizaje:**

Ana Patricia Andrade Pacora, Directora General de Educación Básica Regular

Neky Vanetty Molinero Nano, Directora de Educación Inicial

Flor Aidee Pablo Medina, Directora de Educación Primaria

Darío Abelardo Ugarte Pareja, Director de Educación Secundaria

### **Asesor General de las Rutas del Aprendizaje:**

Luis Alfredo Guerrero Ortiz

### **Elaboración:**

Lilia Calmet Bohme (asesora)

Elizabeth Yolanda Quinteros Hajar

José Alejandro Pezo De la Cuba

Miki Janett Niño Correa

Rocío Erika Solano Mendoza

Rosa Mónica Peña Rosales

### **Colaboración:**

Wilfredo Palomino Noa

**Corrección de estilo:** Álvaro Sialer Cuevas

**Diseño y diagramación:** Hungria Alipio Saccatoma

**Ilustraciones:** Patricia Nishimata Oishi

Impreso por:

**Industria Gráfica Cimagraf S.A.C.**

Psje. Santa Rosa No 220, Ate - Lima

RUC: 20136492277

© Ministerio de Educación

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción de este material por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores.

**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2013-17917**

Impreso en el Perú / *Printed in Peru*

## Estimada(o) docente:

Queremos saludarte y reiterar el aprecio que tenemos por tu labor. Por eso, en el Ministerio de Educación estamos haciendo esfuerzos para mejorar tus condiciones laborales y de ejercicio profesional. Esta publicación es una muestra de ello.

Te presentamos las «Rutas del Aprendizaje», un material que proporciona orientaciones para apoyar tu trabajo pedagógico en el aula. Esperamos que sea útil para que puedas seguir desarrollando tu creatividad pedagógica. Somos conscientes de que tú eres uno de los principales actores para que todos los estudiantes puedan aprender, y que nuestra responsabilidad es respaldarte en esa importante misión.

Esta es una primera versión; a través del estudio y del uso que hagas de ella, así como de tus aportes y sugerencias, podremos mejorarla para contribuir cada vez mejor a tu trabajo pedagógico. Te animamos, entonces, a caminar por las Rutas del Aprendizaje. Ponemos a tu disposición la página web de Perú Educa para que nos envíes tus comentarios, aportes y creaciones; nos comprometemos a reconocerlos, hacerles seguimiento y sistematizarlos.

A partir de ello, podremos mejorar el apoyo del Ministerio de Educación a la labor de los maestros y maestras del Perú.

Sabemos de tu compromiso para hacer posible que cambiemos la educación y cambiemos todos en el país. Tú eres parte del equipo de la transformación; junto con el director y con los padres y madres de familia, eres parte de la gran Movilización Nacional por la Mejora de los Aprendizajes.

Te invitamos a ser protagonista en este movimiento ciudadano y a compartir el compromiso de lograr que todos los niños, niñas y adolescentes puedan aprender y nadie se quede atrás.

Patricia Salas O'Brien  
Ministra de Educación



# Índice

Introducción .....	Pág 7
I. Buscando las piezas de un rompecabezas .....	9
1.1 ¿Por qué la ciencia y la tecnología son un aprendizaje fundamental para mejorar la calidad de vida? .....	9
1.2 ¿Para qué la ciencia y la tecnología?.....	15
1.3 Definiendo y desmitificando la ciencia y la tecnología .....	18
II. Armando el rompecabezas: enfoque del aprendizaje fundamental Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida .....	25
2.1 La indagación científica en los espacios de aprendizaje .....	26
2.2 Enfoque de la indagación científica .....	34
2.3 Enfoque de la alfabetización científica.....	40
2.4 Espacios y actores para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología ....	43
2.5 Recursos y materiales educativos .....	51
III. Visualizando el rompecabezas: competencias y capacidades del aprendizaje fundamental Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida .....	56
3.1 Competencia: Indaga, a partir del dominio de los métodos científicos, sobre situaciones susceptibles de ser investigadas por la ciencia .....	56
3.2 Competencia: Utiliza conocimientos científicos que le permitan explicar hechos y fenómenos naturales y tomar decisiones informadas o plantear alternativas de solución .....	70
3.3 Competencia: Diseña y produce objetos o sistemas tecnológicos que resuelvan problemas de su entorno .....	76
3.4 Competencia: Reflexiona sobre la ciencia y la tecnología, sus métodos, avances e implicancias sociales .....	85
Referencias bibliográficas .....	97



# Introducción

En su segundo objetivo estratégico, el Proyecto Educativo Nacional establece la necesidad de transformar las instituciones de Educación Básica de manera tal que aseguren una educación pertinente y de calidad, en la que niños, niñas y adolescentes puedan desplegar sus potencialidades como personas y aportar al desarrollo social del país. En este marco, el Ministerio de Educación tiene como una de sus políticas prioritizadas asegurar que “Todos y todas logren aprendizajes de calidad con énfasis en comunicación, matemáticas, ciudadanía, ciencia, tecnología y productividad”.

Alcanzar este objetivo de política demanda responder a los cambios que el mundo —y, por ende, nuestro país— ha experimentado en los últimos tiempos, referidos a las formas de vivir, las relaciones de producción, los movimientos demográficos, los logros tecnológicos y la cantidad de información disponible. Este nuevo escenario social y económico demanda un desarrollo complejo de los ciudadanos del siglo XXI, para que sean personas reflexivas y críticas, capaces de tomar decisiones informadas, de argumentar sus puntos de vista y de manejar responsablemente los recursos naturales y tecnológicos disponibles. Asimismo, el nuevo escenario demanda personas creativas, que puedan plantear alternativas de solución a los problemas y a las situaciones reales. Sin embargo, hay una exigencia previa para lograr que estas competencias se instalen en los ciudadanos desde la Educación Básica: el cambio sustantivo de su formación. Este es el reto contemporáneo para el sistema educativo, la escuela, el currículo y los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Somos conscientes de la relevancia que se debe dar al desarrollo de competencias en las actuales generaciones, y de que las competencias científicas y tecnológicas deben ocupar un lugar preponderante en este desarrollo. Su aplicación en el sistema educativo permite adquirir capacidades que conducen al ciudadano a indagar en situaciones del entorno que pueden ser investigadas por la ciencia; a utilizar los conocimientos

científicos contemporáneos; a diseñar y producir objetos o sistemas tecnológicos para afrontar problemas; y a reflexionar sobre la ciencia, sus métodos y la tecnología. En las circunstancias propias de la vida moderna, todo esto contribuye a tomar decisiones acertadas.

Por otra parte, la educación científica y tecnológica constituye la mejor vía para conseguir que los ciudadanos logren la ansiada alfabetización científica, que permite comprender y resolver problemas concretos, ambientales o productivos; esta es una consideración aceptada en todos los foros educativos. Asimismo, es el mejor medio para propiciar que un sector de los ciudadanos se formen como científicos o como tecnólogos para impulsar el progreso económico y social del país.

El presente fascículo se encuentra organizado en tres capítulos. En el primero explicamos el porqué y para qué de la ciencia y la tecnología, así como algunos mitos sobre su manejo que es necesario despejar. En el segundo capítulo planteamos el enfoque del aprendizaje fundamental que comprende la indagación científica y la alfabetización científica, los espacios en los que se debe promover el aprendizaje de la ciencia, y los recursos y materiales que se pueden emplear en este cometido. En el tercer capítulo presentamos las competencias y capacidades que deben alcanzar nuestros estudiantes durante la Educación Básica. Esto, teniendo en cuenta que necesitamos abordar las capacidades desde el enfoque de la indagación y la alfabetización científica, configurando así el desarrollo de cada competencia.

Esperamos que este fascículo sea de utilidad en tu labor cotidiana. Estaremos muy atentos a tus aportes y sugerencias para ir mejorándolo en las próximas ediciones, con el fin de que sea cada vez más pertinente y útil para el logro de aquellos aprendizajes a los que nuestros estudiantes tienen derecho.

Ministerio de Educación



# BUSCANDO las piezas de un rompecabezas

## 1.1 ¿Por qué la ciencia y la tecnología son un aprendizaje fundamental para mejorar la calidad de vida?

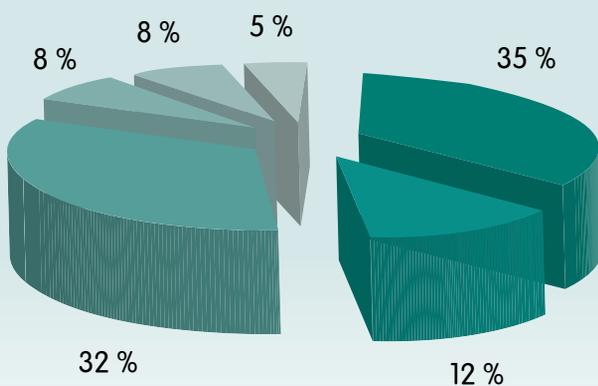
### 1.1.1 Primeras piezas: las demandas nacionales

Existe una fuerte demanda por el desarrollo de la ciencia y la tecnología en todo el ámbito nacional. Asimismo, se observa que las diversas regiones, mediante sus respectivos proyectos educativos regionales, consideran entre sus prioridades la ciencia y la tecnología, sobre todo en temas relacionados con el ambiente, la producción y el uso de los recursos. Lo han expresado, como propósitos y objetivos, de la siguiente manera:

- Fomentar la investigación científica y tecnológica.
- Promover la innovación tecnológica.
- Conservar la biodiversidad.
- Usar racionalmente los recursos naturales promoviendo el desarrollo sostenible.
- Fomentar los estilos de vida saludable.

La incidencia de las demandas regionales está representada en los gráficos que presentamos a continuación.

## Demandas regionales: temas ambientales



- Conservación / manejo / defensa / uso racional / uso sostenible de recursos naturales
- Conservación / defensa de la biodiversidad
- Conservación del ambiente
- Estilo de vida saludable
- Desarrollo sostenible

Fuente: Elaboración propia, basada en el análisis de los proyectos educativos regionales.

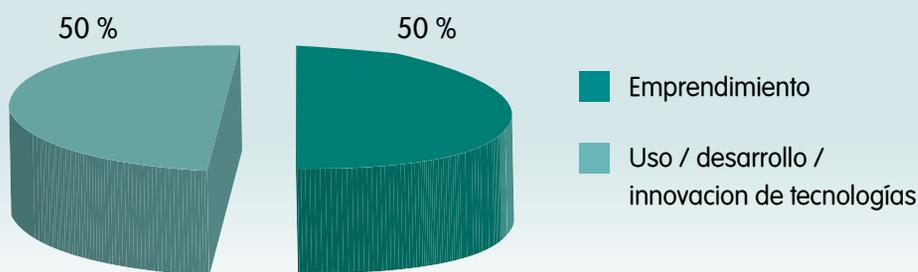
El primer gráfico, "Demandas regionales: temas ambientales", nos muestra que la mayor demanda de las regiones está dirigida a acciones ligadas al uso de los recursos naturales (35%), seguida de acciones de conservación del ambiente (32%). La demanda de acciones referidas a la biodiversidad, el desarrollo humano, el desarrollo sostenible y el estilo de vida saludable es menor (33%).



“El Perú se ubica entre los países con mayor diversidad biológica del mundo por su gran variedad genética, especies de flora y fauna, y ecosistema continental y marítimo. Los recursos naturales del país son abundantes y diversificados”.

Ceplán, Plan Bicentenario, 2011

## Demandas regionales: tecnología



Fuente: Elaboración propia, basada en el análisis de los proyectos educativos regionales.

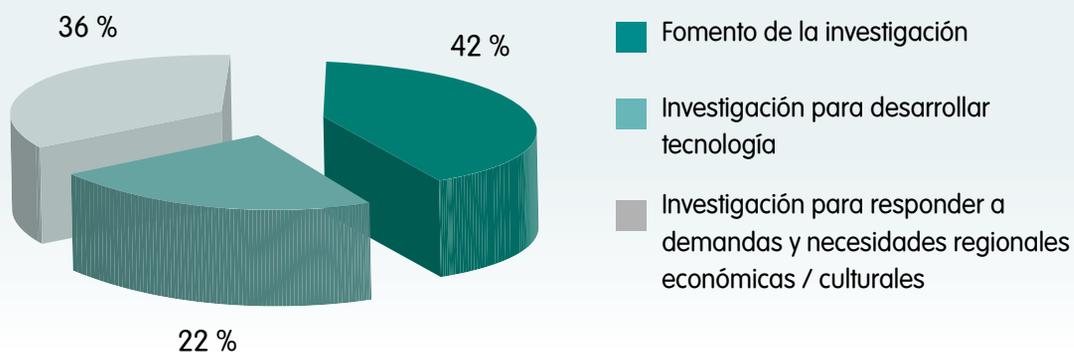
En el segundo gráfico, "Demandas regionales: tecnología", vemos que hay un 50% de regiones que buscan que se desarrollen acciones de emprendimiento; y el otro 50%, acciones para el uso, el desarrollo o la innovación de tecnologías.



“La ciencia y la tecnología son componentes esenciales para un plan de innovación para la competitividad de un país”.

Ceplán, Plan Bicentenario, 2011

## Demandas regionales: investigación científica



Fuente: Elaboración propia, basada en el análisis de los proyectos educativos regionales.

En el tercer gráfico, "Demandas regionales: investigación científica", vemos que las regiones se inclinan más hacia el fomento de la investigación científica (42%) en sus ámbitos territoriales, seguido del fomento de la investigación para responder a demandas y necesidades económicas y/o culturales (36%); es decir, se observa una marcada tendencia a considerar la ciencia como un insumo importante para satisfacer demandas. Por último, vemos una menor demanda (22%) referida a la investigación para desarrollar tecnología.

No todas las regiones coinciden en sus demandas sobre la ciencia y la tecnología, aunque la mayoría tiende a priorizar lo ambiental como una urgencia, especialmente la conservación del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales.



“[El Estado] promoverá en toda la población, particularmente en la juventud y la niñez, la creatividad, el método experimental, el razonamiento crítico y lógico, así como el afecto por la naturaleza y la sociedad, mediante los medios de comunicación”.

Acuerdo Nacional, vigésima política de Estado



Con relación a la ciencia, hemos encontrado que la mayoría de las regiones coinciden en la necesidad de desarrollar la investigación en los niveles de Educación Superior, y no tanto como una tarea que le corresponda a la Educación Básica.

Respecto a la tecnología, el análisis nos ha llevado a identificar que las expectativas de las regiones se orientan más hacia la calificación para el trabajo o el desarrollo del emprendimiento. Sin embargo, la Educación Tecnológica, con el significado que tiene en la actualidad —orientada a la producción de objetos o sistemas tecnológicos con bases

científicas—, está ausente en la mayoría de las propuestas de los proyectos educativos regionales relacionadas con la Educación Básica.

Hemos identificado, finalmente, que, en mayor o menor grado, las demandas regionales sobre la educación científica y tecnológica coinciden con las políticas nacionales. Así, tenemos:

## Constitución Política del Perú 1993

- **Artículo 14:** La educación promueve el conocimiento, el aprendizaje y la práctica de las humanidades, la ciencia, la técnica, las artes, la educación física y el deporte. Prepara para la vida y el trabajo y fomenta la solidaridad. Es deber del Estado promover el desarrollo científico y tecnológico del país.

## Ley General de Educación

- Ley N° 28044
- **Artículo 21. Función del Estado:**
- c) Promover el desarrollo científico y tecnológico en las instituciones educativas de todo el país y la incorporación de nuevas tecnologías en el proceso educativo.
- d) Reconocer e incentivar la innovación e investigación que realizan las instituciones públicas y privadas.

## Acuerdo Nacional

- Vigésima política de Estado, desarrollo de la ciencia y la tecnología: Fortalecer la capacidad del país para generar y utilizar conocimientos científicos y tecnológicos, para desarrollar los recursos y para mejorar la gestión de los recursos naturales y la competitividad de las empresas.

## Proyecto Educativo Nacional

- Objetivo Estratégico 2. Resultado 1. Política 5.
- 5.1. Establecer un marco curricular nacional orientado a objetivos nacionales compartidos, unificadores y cuyos ejes principales incluyan la interculturalidad y la formación de ciudadanos, en la perspectiva de una formación en ciencia, tecnología e innovación.

## Política Nacional del Ambiente

- Objetivo: "... mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la protección, prevención y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

## Plan Bicentenario

- Política 9: Innovación y Tecnología: Impulsar la construcción de una cultura científica y tecnológica nacional que aliente la creatividad, la investigación científica, el desarrollo tecnológico y que favorezca la socialización y la apropiación de la ciencia, la tecnología y la innovación, con miras a ser parte de la sociedad del conocimiento.

## PNCTI 2006- 2021

- Plan nacional de Ciencia, Tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano.
- Objetivo 2:  
Impulsar la investigación científica y tecnológica orientada a la solución de problemas y satisfacción de demandas en las áreas estratégicas prioritarias del país.



## 1.1.2 Más piezas del rompecabezas: las demandas internacionales

La ciencia y la tecnología se han convertido, durante las últimas décadas, en herramientas necesarias para alcanzar un desarrollo productivo con mayor valor agregado, pero buscando una consecuencia: lograr una mayor equidad distributiva, así como un aumento significativo de la cohesión social y de la inclusión ciudadana. Esto implica una transformación de las estructuras productivas y el uso sostenible de los recursos naturales, así como el cuidado de la salud, la alimentación y la educación, además de otros requerimientos sociales, lo que nos lleva a replantear nuestros propósitos educativos.

A continuación presentamos una síntesis de las demandas del contexto internacional con relación a la ciencia y la tecnología:

- Introducir cambios sustanciales en la enseñanza de las ciencias, dado que estas se enseñan de manera muy abstracta, sin apoyo en la observación y la experimentación, y no se muestra su relación con situaciones actuales ni sus implicancias sociales.
- Actualizar los programas de estudio. La mayoría de los contenidos que se tratan en las aulas corresponden al siglo XIX.
- Formar ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente, para que puedan tomar decisiones informadas sobre cuestiones que repercuten en sus vidas.
- Incentivar la formación de científicos, tecnólogos e investigadores, con criterios de excelencia y relevancia, para alcanzar autonomía científica y tecnológica.
- Fomentar la cultura científica y la percepción pública de la ciencia y la tecnología.
- Considerar los aportes del conocimiento local e indígena.



- Promover el uso de tecnologías de vanguardia.
- Implementar políticas tendentes a asegurar la formación permanente de los docentes de ciencia y tecnología, como parte de los derechos y deberes de todo docente.
- Asegurar la inclusión de la educación científica y tecnológica en los planes de estudio de la Educación Básica, desde la Educación Inicial.

En consecuencia, considerando las demandas nacionales e internacionales, hemos incluido en el Marco Curricular Nacional el aprendizaje fundamental: Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida.

## 1.2 ¿Para qué la ciencia y la tecnología?

Hay una marcada tendencia a subrayar la importancia del aprendizaje de la ciencia y la tecnología en todo el mundo. En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI, auspiciada por la Unesco y el Consejo Internacional para la Ciencia, por ejemplo, se declaró que:



“Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico [...]. Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, [...] a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos”.

Unesco, Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico, 1999

Frente a este panorama, es necesario que nos planteemos propósitos que pongan énfasis en la enseñanza de la ciencia y la tecnología en nuestro país.

## ¿Para qué enseñar ciencia y tecnología?

"[...] la influencia creciente de las ciencias y la tecnología, su contribución a la transformación de nuestras concepciones y formas de vida, obligan a considerar la introducción de una formación científica y tecnológica (indebidamente minusvalorada) como un elemento clave de la cultura general de los futuros ciudadanos y ciudadanas, que les prepare para la comprensión del mundo en que viven y para la necesaria toma de decisiones".

Daniel Gil, 1996

Para comprender que estar alfabetizados en ciencia y tecnología nos permite aproximarnos a la complejidad y globalidad del mundo actual; y que esto nos ayuda a desarrollar hábitos y habilidades, a enfrentar situaciones y a desenvolvernos mejor al relacionarnos con el entorno y con las exigencias del mundo del trabajo, de la producción, del estudio, de la diversión, de la comunicación y otros.



Para entender que la ciencia y la tecnología ejercen un gran efecto sobre el sistema productivo y que, por lo tanto, la vida cotidiana depende de ambas en gran medida.

Para que no solo aprendamos los enunciados de la ciencia sino que también "hagamos ciencia" como los científicos —obviamente, en su versión escolar—, utilizando la indagación para construir nuestros conocimientos.

Para entender la especial importancia que tiene trabajar como el científico, es decir, inductivamente, dado que si procedemos deductivamente restringimos la posibilidad de aprender ciencias; pero sin que esto signifique creer que es la única forma de hacer ciencia, y considerando, sobre todo, que los fundamentos de la ciencia están en la teoría.



Para que los ciudadanos estemos educados científicamente y entendamos que todo lo que hemos enunciado líneas antes, sumado a la comprensión de estructuras conceptuales, metodologías y criterios de validación y contrastación, son aspectos que hoy constituyen una parte sustantiva y distintiva de estar alfabetizados.



Para romper con el paradigma de que el conocimiento científico y tecnológico solo lo pueden producir los países desarrollados.

Para que seamos conscientes de cuán importante es conocer la ciencia y la tecnología para tomar decisiones informadas sobre salud, recursos naturales y energéticos, ambiente, transporte, y medios de información y comunicación.



Para disminuir las brechas sin estar condicionados por distinciones varón/mujer, rico/pobre, andino/selvático/costeño, rural/urbano, hispano/quechua/aimara/shipibo conibo u otras, considerando que es necesario que amplios sectores de la sociedad accedamos a este conocimiento.

Para saber que aprender ciencia significa haber adquirido una metodología basada en el cuestionamiento científico, en el reconocimiento de las propias limitaciones y en el juicio crítico y razonado.

Para que entendamos con claridad el significado de los conceptos, principios o leyes científicas, y para que sepamos que realizar observaciones y experimentos es una forma de probar la validez de una proposición acerca del mundo natural.



Para ser capaces de reflexionar y descifrar si lo que hacemos en la industria o en el campo de cultivo es ciencia, técnica o tecnología; si el método o las técnicas que usamos para investigar en ciencia sirven también para investigar en tecnología; si los resultados de un experimento son válidos y confiables; y si lo obtenido en nuestros experimentos es generalizable o singular, transitorio o permanente.

Para que los ciudadanos aprendamos el lenguaje específico de las ciencias, que, aunque sea especializado o técnico y se refiera a conceptos y procedimientos propios de la ciencia, es un lenguaje universal que nos permite estar alfabetizados científicamente.



## 1.3 Definiendo y desmitificando la ciencia y la tecnología

Muchas investigaciones muestran que uno de los motivos por los cuales el aprendizaje de la ciencia y la tecnología se ha visto afectado es nuestra poca familiaridad con las estrategias que se usan para el trabajo científico. Una grave consecuencia de esto son ciertas concepciones o visiones deformadas de la ciencia —y de su enseñanza—, a las que llamaremos “mitos de la ciencia”. En conjunto, estos mitos, que también imperan entre docentes y estudiantes, forman nuestra epistemología o filosofía de la ciencia: creencias construidas a lo largo del tiempo y transmitidas como verdades, que solo son visiones ingenuas adquiridas por absorción social y que debemos criticar y cambiar.

### 1.3.1 ¿Qué es ciencia?

El ser humano trata de entender el mundo; y, sobre la base de su inteligencia, imperfecta pero perfectible, intenta modificarlo y transformarlo para hacerlo cada vez más confortable. En este proceso construye una representación del mundo que da origen a un conjunto de conocimientos llamados “ciencia”. La ciencia es, pues, una actividad racional, sistemática, verificable y falible, producto de la observación y de la investigación científica, que responde a un paradigma consensuado y aceptado por la comunidad científica.

### 1.3.2 Desmitificando la ciencia



La imagen que se tiene de la ciencia hoy es la misma de hace dos siglos; es decir, no expresa la práctica real de los científicos de estos tiempos. Tal hecho nos permite proponer algunas reflexiones, respaldadas en planteamientos de epistemólogos contemporáneos de reconocida autoridad, con la intención de desprendernos de los mitos, empezando por modificar la epistemología “espontánea” de los profesores que no nos permite “ver el bosque que está detrás del árbol”.

Para procurar aclararlos, agruparemos los mitos en aquellos referidos a la ciencia, al método científico, a los conocimientos científicos y a la enseñanza de la ciencia.

“La ciencia nos revela la verdad”

El sentido de la ciencia no es la búsqueda de la verdad, sino la producción de teorías que puedan dar cuenta de los fenómenos y procesos que tienen lugar en el mundo. Esas teorías son aproximaciones a la verdad, que van cambiando con los nuevos descubrimientos.

“La ciencia es neutra y objetiva”

Muchas personas tienen la creencia de que la ciencia y la actividad científica deben estar exentas de puntos de vista, creencias u opiniones políticas. Además, consideran que las observaciones y apreciaciones referidas a una investigación no tienen que “contaminarse” con estas; es decir, que deben ser “neutras”. Lo cierto es que actualmente la ciencia suele ser una empresa ligada a intereses particulares, cuando debería llevarnos a un conocimiento científico emancipador. Con esto queremos decir que el conocimiento científico debe comprometerse con la construcción de un mundo en el que desaparezca toda forma de discriminación y exclusión. Debe ser un conocimiento vigilante de sí mismo para garantizar su compromiso con el bien común.

En cuanto a la objetividad, consideramos que no debemos seguir entendiendo como meta el tener un retrato “objetivo” de la realidad. Ya el físico cuántico Werner Heisenberg lo señaló con claridad al decir que “la ciencia no nos habla de la naturaleza: nos ofrece respuestas a nuestras preguntas sobre la naturaleza. Lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza a través de nuestros métodos de preguntar” (citado en Aguilar 1999: 27). La objetividad se debe entender ligada, más bien, a los acuerdos y tratados que pueden establecer las comunidades científicas.

“La ciencia está reservada a una élite y no puede ser comprendida por todos”

Los conocimientos científicos suelen ser presentados como la obra de genios solitarios, ignorando el papel del trabajo colectivo y de los intercambios entre equipos, entre otras circunstancias similares. Es más, aún se hace creer que los resultados obtenidos por un solo científico o un solo equipo son suficientes para verificar o falsar (demostrar la falsedad) una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

Con frecuencia se dice que el trabajo científico es algo reservado a pequeñas minorías dotadas de una especial inteligencia y pertenecientes a una cierta cultura. Se transmiten, de este modo, expectativas negativas para la mayoría de los estudiantes, y especialmente para las mujeres, y esto es una forma de discriminación social y de género.

Por otra parte, debemos considerar que el conocimiento científico es patrimonio de la humanidad, es decir, es un bien público. No es una mercancía que pueda ser usufructuada por organizaciones que financian programas de investigación. La ciencia no debe someterse a reglas de mercado sino a las necesidades de las personas; y, por ello, debe ser conocida por todos.

“La ciencia es culpable del deterioro de la naturaleza, la pérdida de la diversidad, el hambre y las enfermedades”

En diferentes medios se ha extendido la idea de que la ciencia es la responsable del creciente daño al planeta. Sin embargo, la ciencia ha permitido un mejor conocimiento de los fenómenos naturales, y es el ser humano quien, al hacer un uso indebido de estos conocimientos, afecta a la naturaleza y a sí mismo. El descubrimiento de la radioactividad, por ejemplo, dio origen a la radioterapia para el tratamiento de enfermedades neoplásicas (Cáncer), pero también a las armas atómicas que causaron destrucción, enfermedades y muerte.

## Mitos sobre el método científico

“El método científico consiste en una serie de procesos que se tienen que seguir estricta y mecánicamente”

Con frecuencia se presenta el método científico como un conjunto de pasos que se siguen mecánicamente, y se pone énfasis en la matematización (tratamiento cuantitativo de los datos), el control riguroso y características similares, olvidando —y hasta rechazando— todo lo que significa la invención, la creatividad y la duda, atributos que guían al científico cuando investiga. Asimismo, se olvida que en alguna medida su trabajo es difuso, incierto, intuitivo y ambiguo.

Sin embargo, muchas de las personas que rechazan esta visión rígida y dogmática de la ciencia se van al otro extremo y son afectas al relativismo metodológico extremo (todo vale, no hay estrategias específicas en el trabajo científico), olvidando que, en realidad, la ciencia se construye con diversos métodos, procedimientos y técnicas establecidos intersubjetivamente, por consensos, en la comunidad científica.

## Mitos sobre el conocimiento científico

“La ciencia es un conjunto de conocimientos estáticos”

La ciencia no constituye un sistema de conocimientos cerrado y concluyente. Por el contrario, los conocimientos son científicos en la medida en que pueden ser sometidos a crítica y evaluación; por consiguiente, todo conocimiento científico es provisional y puede ser reemplazado. Un paradigma científico puede ser sustituido por otro cuando el primero va acumulando problemas sin resolver y surge otro que, basado en nuevos fundamentos, sí puede resolverlos.

“El conocimiento científico es el único válido”

La ciencia empieza a ser comprendida como una forma de obtener conocimiento, ni mejor ni peor que otras: solo diferente, sujeta a determinadas reglas y convenciones. Todas las formas de conocimiento son patrimonio de las culturas humanas. La racionalidad científica no resuelve ni responde a todas las búsquedas y preguntas de las personas. Por lo tanto, es necesario circunscribirla a su territorio, dejando lugar también para otras interpretaciones de la realidad y de la vida.

### “La ciencia que no hace cuantificaciones no es ciencia”

La matematización del conocimiento no revela un mayor grado de cientificidad; es simplemente la traducción de un lenguaje a otro de naturaleza más abstracta. Esto quiere decir que si bien la ciencia se construye con rigurosidad, también se construye con flexibilidad. Es cierto que es necesario hacer uso de reglas y procedimientos, pero también de principios éticos, en un marco de flexibilidad y creatividad tal que permita que los nuevos conocimientos se vayan asentando y adquieran mayor consistencia; o, en otros casos, que se replanteen dentro de los parámetros desde los cuales vemos los problemas y su posibilidad de investigación.

## Mitos sobre la enseñanza de la ciencia

### “La ciencia se debe enseñar en forma de acumulación de contenidos, sin relación con la vida diaria”

Nuestros estudiantes demandan conocimientos referidos a las ciencias porque viven en un mundo donde ocurre una enorme cantidad de fenómenos naturales a los que están deseosos de encontrarles una explicación. Además, están rodeados de una infinidad de productos de la ciencia y la tecnología, que usan a diario y sobre los cuales se plantea un sinnúmero de preguntas. Si relacionamos la ciencia que aprenden con sus actividades diarias, podrán entender no solo la ciencia misma, sino cómo actuar mejor en su medio, cómo conservar los recursos y cómo optimizar su uso en beneficio colectivo y a largo plazo.

Nosotros mismos, como docentes, tenemos serias dificultades para entender y, aún más, para explicar las teorías. Esto ocurre porque en nuestra formación no hemos vinculado la ciencia con la vida. Tal vez por esta razón nos escudamos en conceptos, fórmulas o principios. Nos da temor enfrentar la incertidumbre y el cambio, no saber lo suficiente o, en otros casos, no saber lo necesario.

### “No todos los estudiantes son capaces de aprender ciencias”

De acuerdo con investigaciones realizadas en países europeos, Estados Unidos y América Latina, incluido el Perú, los docentes tenemos serios prejuicios discriminatorios en relación con el género, desfavorables para las mujeres. Consideramos que los varones tienen más capacidad intelectual para las ciencias, más interés y mayores posibilidades de estudiar ciencias o profesiones técnicas que requieren este tipo de conocimientos. No tomamos en cuenta estudios que nos revelan que la capacidad intelectual del ser humano no difiere por el género, y olvidamos que existen numerosas científicas notables.

Estudios recientes revelan que los docentes solemos discriminar también por etnia y ubicación social y geográfica. Solemos creer, por ejemplo, que los estudiantes que provienen de áreas rurales son incapaces de aprender ciencias, desconociendo que la verdadera causa está en la oportunidad. Y es que, por lo general, los estudiantes de dichas áreas —y también sus docentes— aún tienen poco acceso a la información, al estar nuestras escuelas alejadas de las fuentes de información científica.



Ruy Pérez Tamayo

Y los niños y las niñas, ¿no pueden aprender ciencias? Es frecuente escuchar a algunos pedagogos referirse a la imposibilidad de enseñarles ciencias a estudiantes de corta edad, basándose en las características del desarrollo cognitivo infantil estudiadas y difundidas por la psicología genética. Ponen en duda que un niño o una niña, que no han construido aún una estructura formal de pensamiento, puedan acceder a la comprensión de las teorías científicas. Estos fundamentos de sesgo fuertemente individualista reducen al niño y la niña a sujetos psicológicos ahistóricos y asociales.

Hay razones suficientes para desmitificar esta idea. La primera se refiere a la caracterización de la ciencia: cuando se sostiene que los niños y las niñas no pueden aprender ciencias, es porque se está asociando la ciencia escolar con la ciencia de los científicos. Es preciso que, en el marco de sus estructuras de pensamiento, los estudiantes puedan adquirir saberes amplios y profundos sobre el mundo que los rodea. Se trata, pues, de lograr que construyan esquemas de conocimiento que les permitan adquirir una visión del mundo que supere los límites de su saber cotidiano y los acerque al conocimiento elaborado por la comunidad científica.

Lo importante es que todos los niños y las niñas tengan la oportunidad de aprender ciencias; de lo contrario, estaremos contribuyendo a su marginación. Es un deber social de la escuela enseñar una ciencia para todos.

### 1.3.3 ¿Qué es tecnología?

Etimológicamente, “tecnología” significa ‘cómo hacer las cosas’, el ‘estudio de las artes prácticas’. Hoy, sin embargo, la asociamos más con innovaciones como los lápices, la televisión, la aspirina, los microscopios y objetos similares, pero también con actividades humanas que cambian ciertos aspectos de nuestro mundo, como la agricultura y la ganadería, e incluso a procesos como las elecciones o incluso las guerras. Además, la tecnología se relaciona a veces con actividades industriales o militares, dedicadas a producir y usar los inventos y los conocimientos especializados. En cualquiera de los sentidos anteriores, la tecnología tiene implicaciones económicas, sociales, éticas y estéticas que dependen de por qué y para qué se emplea.

En tal sentido, entendemos por tecnología:

El conjunto de saberes propios del diseño y la concepción de los instrumentos (artefactos, sistemas, procesos y ambientes) creados por el ser humano para satisfacer sus necesidades personales y colectivas, por lo que es una actividad en la que teoría y práctica están en una relación indisoluble, y demanda una doble reflexión: sobre la causalidad y la verdad de “una producción” y sobre “las posibles y distintas alternativas para obtener esa producción” (Rodríguez 1998: 115).

### 1.3.4 Desmitificando la tecnología

Existen también mitos sobre la tecnología que es preciso criticar y erradicar de nuestra estructura cognitiva. El más importante es el siguiente:

*“La tecnología está subordinada y reducida a la ciencia, a tal punto que depende de ella”*

La ciencia y la tecnología son productos históricos y saberes sociales diferentes, organizados, sistematizados y en continua creación. Aunque hoy el saber científico y el tecnológico se interrelacionan —tanto, que se podría afirmar que la tecnología está “cientifizada” y la ciencia, “tecnologizada”—, en la construcción de la ciencia y la tecnología subyace una especialización del saber teórico para la ciencia y otra del saber práctico para la tecnología.

La tecnología no es una simple aplicación de la ciencia; es uno más de los insumos disponibles para ser usados en la resolución del problema tecnológico planteado. Esto no disminuye la importancia de la ciencia en el quehacer tecnológico, pero su relación está ubicada en una posición muy diferente como para afirmar que la tecnología sea solo ciencia aplicada.

“El hombre no es la más majestuosa de las criaturas. Antes incluso que los mamíferos, los dinosaurios eran decididamente más espléndidos. Pero él posee algo que los demás animales no tienen: un caudal de facultades que por sí solo, en más de tres millones de años de vida, lo hizo creativo. Cada animal deja vestigios de lo que fue; solo el hombre deja vestigios de lo que ha creado”.

Jacobo Bronowski, El ascenso del hombre



## **ARMANDO el rompecabezas: enfoque del aprendizaje fundamental Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida**

Estudiantes y docentes podemos usar la indagación para hacer ciencia y aprender sobre la naturaleza de la ciencia y su contenido.

### La naturaleza indagadora del ser humano

Los seres humanos somos curiosos por naturaleza. Niños y niñas utilizan en todo momento el ensayo y el error para satisfacer su curiosidad y aprender sobre el mundo que los rodea. En nuestra vida diaria, cuando enfrentamos una situación desconocida, tratamos de determinar qué está ocurriendo y hacemos predicciones sobre qué creemos que sucederá después. Reflexionamos sobre el mundo que nos rodea, basándonos en nuestras observaciones y en la información que recopilamos; organizamos y sintetizamos, a la vez que desarrollamos y utilizamos herramientas eficaces para medir y observar, así como para analizar la información recogida y crear modelos. Revisamos y volvemos a revisar lo que creemos que pasará, comparamos nuestros resultados con lo que ya conocemos y cambiamos nuestras ideas con base en lo que aprendemos. En suma, hacemos **indagación**.

Las habilidades reseñadas probablemente ayudaron a los primeros humanos a recolectar alimentos y escapar del peligro. Estos iniciales asomos de indagación habrían generado el interés de personas que comenzaron a dirigir su curiosidad hacia fenómenos o problemas distintos a los de la subsistencia y la supervivencia: el movimiento de los objetos celestes, la causa de las estaciones, el comportamiento de los objetos en movimiento, los orígenes de los organismos, etcétera. Más tarde se perfeccionarían las formas de hacer indagación, con ayuda de los filósofos.



La indagación en el mundo natural adopta una gran variedad de formas, que van desde la curiosidad infantil dirigida a observar cómo viven las hormigas bajo tierra, hasta la búsqueda de nuevas partículas atómicas, que lleva a las personas dedicadas a la ciencia a desarrollar hipótesis, proponer explicaciones, comunicar sus hipótesis, ideas y conceptos a otros individuos, dando origen a estrategias, reglas, estándares y conocimientos que hoy se reconocen como científicos.

La indagación en los espacios educativos asume también formas variadas; pero cualesquiera que estas sean, su papel en la educación es cada vez más el centro de atención de especialistas y docentes. Promover la indagación en los escenarios de aprendizaje exige pensar sobre lo que sabemos, por qué lo sabemos y cómo llegamos a saberlo. Su práctica genera un conjunto completo de habilidades cognitivas y de capacidades altamente desarrolladas que nos permiten hacer evaluaciones, tomar decisiones que requieren análisis y cuestionamientos cuidadosos, buscar evidencias y, también, razonar críticamente sobre los descubrimientos científicos que se generan en el mundo actual.

## 2.1 La indagación científica en los espacios de aprendizaje

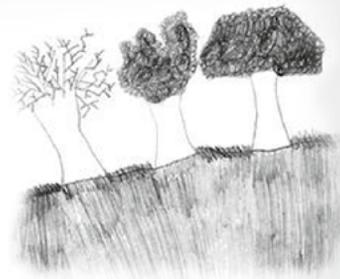
Una de las mejores formas de entender la ciencia escolar como indagación es observar lo que ocurre en los espacios de aprendizaje donde se la pone en práctica. El caso que presentamos a continuación ejemplifica una situación de aprendizaje particular en Educación Primaria. Tengamos en cuenta, sin embargo, que la indagación ocurre en todos los niveles educativos.

### La historia de los tres árboles

Un día de otoño, varios estudiantes del quinto grado, a cargo de la docente Rocío, regresaron muy agitados a su salón después del recreo. La llevaron hasta la ventana, le señalaron hacia afuera y le dijeron: "Notamos algo en los árboles del patio de juegos. ¿Qué les pasa?". Rocío no sabía qué preocupaba a sus estudiantes, así que les dijo: "Expliquenme, ¿qué quieren decir con que 'algo' les pasa a los árboles?".



Los estudiantes le señalaron los tres árboles, que crecían uno al lado del otro. El de la izquierda había perdido todas sus hojas, el del centro tenía hojas multicolores en su mayoría, amarillas y el de la derecha tenía hojas verdes y un follaje exuberante. Los estudiantes preguntaron: "¿Por qué están diferentes los tres árboles? Antes se veían iguales". Rocío no conocía la respuesta.



La docente sabía que su materia contemplaba, más adelante, en ese mismo año, estudiar las plantas. Esta era una oportunidad, entonces, para que sus estudiantes investigaran, partiendo de la pregunta que ellos mismos se habían formulado (por consiguiente, tenían una motivación especial para responderlas).

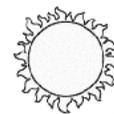
Aunque no estaba segura de hacia dónde los llevaría la pregunta, Rocío escogió asumir el riesgo de dejar que sus estudiantes, orientados por ella, se dedicaran a investigar. Después de todo, habían tenido alguna experiencia el año anterior al examinar la forma en que crecían las semillas en distintas condiciones.

Ya decidida, Rocío pegó un papelógrafo en un lugar donde todos sus estudiantes lo vieran, y les propuso: "Hagamos una lista de ideas que puedan explicar lo que les está sucediendo a esos tres árboles de afuera". Inmediatamente, chicas y chicos levantaron sus manos para responder:

- ¡Tiene algo que ver con la luz solar!
- ¡Debe ser demasiada agua!
- ¡No, debe ser poca agua!
- ¡Los árboles se ven diferentes y antes se veían iguales...!
- ¡Es la estación. Algunos árboles pierden sus hojas antes que otros!
- ¡Seguro que hay veneno en la tierra!
- ¡Los árboles tienen edades diferentes!
- ¡Tal vez los insectos se están comiendo los árboles!
- ¡Un árbol es más viejo que los otros!



Manifestar  
curiosidad,  
definir preguntas  
a partir de  
conocimientos  
previos



Propone  
explicaciones  
o hipótesis  
preliminares

Cuando consideraron que había suficientes ideas, la docente los animó a pensar en cuáles serían las probables explicaciones posibles de investigar y que, a la vez, describieran los hechos. Solicitó a cada estudiante escoger una explicación que, a su juicio, pudiera ser la adecuada, y los reunió según las respuestas: un "grupo del agua", uno "de las estaciones", otro "de los insectos"...

A continuación le pidió a cada grupo que planificara una investigación sencilla para hallar (o no) evidencias que respondieran a su pregunta.

Mientras planeaban sus investigaciones, Rocío visitaba a cada grupo y escuchaba atentamente sus planes. A continuación, solicitó que explicaran sus ideas a la clase, lo que dio como resultado un afinamiento de las hipótesis.

Mediante esta evaluación rápida y abierta del punto donde se encontraban, la docente logró ayudar a sus estudiantes a pensar en los procesos que estaban utilizando para enfrentar su pregunta y considerar si otras aproximaciones funcionarían mejor.

Durante las tres semanas siguientes reservaron periodos de la clase de Ciencia para que cada grupo llevara a cabo su investigación: recopilaban información de múltiples fuentes sobre las características de los árboles, sus ciclos vitales y sus entornos.

El grupo de estudiantes que tuvo a su cargo indagar en si la explicación residía en que un árbol era más viejo que los otros, respondió con rapidez a su pregunta ("¿los árboles tienen edades diferentes?"). Se pusieron en contacto con las personas de la Asociación de Padres de Familia encargadas de plantar en esa parte del patio y, con su ayuda, hallaron los recibos originales por la compra de los árboles. Así verificaron que los tres eran del mismo tipo y de aproximadamente la misma edad.



Planificar y llevar a cabo investigaciones sencillas



Recopilar evidencia a partir de la observación

Como algunos grupos completaron antes su investigación, la docente invitó a sus miembros a integrarse a otros grupos que todavía estaban trabajando.

El grupo del agua decidió examinar cada hora la tierra de alrededor de los árboles, mientras les fuera posible. Hicieron turnos y llevaron un diario conjunto de sus observaciones individuales. Como algunos vivían cerca de la escuela, sus observaciones continuaban después de la jornada escolar y en los fines de semana. Aunque no lograron hacer algunas de las observaciones programadas, consiguieron suficientes datos para informarle a la clase: "El árbol sin hojas casi siempre está rodeado de agua, el árbol del medio a veces está rodeado de agua y el árbol verde tiene tierra húmeda pero nunca está rodeado de agua".

Un estudiante recordó que hacía varios meses las hojas de uno de los geranios de su mamá habían empezado a amarillarse, y que ella le había dicho que estaba recibiendo demasiada agua.



Explicar fundándose en evidencia



Considerar otras explicaciones



Rocio le entregó a este grupo el folleto de un vivero local titulado "Cómo cultivar plantas sanas". El grupo leyó en el folleto que cuando las raíces de las plantas están rodeadas de agua no pueden recibir aire del medio alrededor de las raíces y, en esencia, "se ahogan".

Así, con base en sus observaciones y en la información del folleto, concluyeron que el árbol sin hojas se estaba ahogando, el árbol de la mitad estaba "más o menos" ahogándose y el tercero estaba "justo como debe ser".



El grupo del agua continuó su trabajo investigando el origen de tanta agua. Encontraron que el vigilante de la escuela activaba un sistema de riego para césped tres veces por semana. Como lo dejaba funcionando más tiempo del necesario, el exceso de agua corría fuera del césped y se recogía en la base de los árboles. Finalmente, ya que el suelo tenía una pendiente, la mayor parte del agua se acumulaba en un extremo, en el área donde crecían los árboles. En asociación con los otros grupos, informaron sus resultados al resto de la clase.



A medida que los grupos presentaban sus informes, la clase aprendió que determinadas observaciones e informaciones -como las del grupo que investigó si los árboles eran de distinta especie o edad- no proveían una explicación adecuada.

Los resultados de otras investigaciones, tales como la idea de que los árboles pudieran tener una enfermedad, respaldaban en parte las observaciones. Pero la explicación que les parecía más razonable, se ajustaba a todas las observaciones y se ceñía a lo aprendido de otras fuentes, era la de exceso de agua.

Luego de tres semanas de trabajo, la clase se sintió satisfecha de haber encontrado, colectivamente, una respuesta razonable a su pregunta. Además, a sugerencia de la docente, le escribieron al vigilante una carta contándole lo que habían descubierto.

Estimado señor José:

Nuestra clase ha notado que los tres árboles situados al lado de afuera de nuestra ventana se ven distintos uno de otro. Uno está totalmente sin hojas, en el segundo las hojas son de colores distintos y el último tiene las hojas verdes.

Hemos contactado con las personas de la Asociación de Padres de Familia que compraron esos árboles y nos dijeron que todos los árboles eran de la misma clase y de la misma edad, o sea que esa no es la razón para que se vean tan diferentes.

Después descubrimos que el árbol sin hojas siempre está rodeado de agua, el árbol con hojas de distintos colores a veces está rodeado de agua y el árbol de hojas verdes en realidad nunca está rodeado de agua.

Nuestra clase ha leído que las plantas pueden ahogarse debido al exceso de agua y pensamos que esta podría ser la razón para que los árboles se vean diferentes. Hemos notado que usted pone a funcionar el sistema de riego muy a menudo y que el agua se empoza en el lugar donde están el árbol sin hojas y el árbol con hojas de varios colores. Nos preguntamos si usted podría evitar regar las plantas tan a menudo.

Atentamente,

Los alumnos de quinto grado de primaria

Días más tarde el vigilante fue a la clase, les agradeció, les dijo que cambiaría el procedimiento de riego... y así lo hizo.

La docente les preguntó a sus estudiantes cómo verificarían que su explicación fuera correcta. Después de discutir, decidieron que tendrían que esperar hasta el año siguiente para ver si los árboles afectados





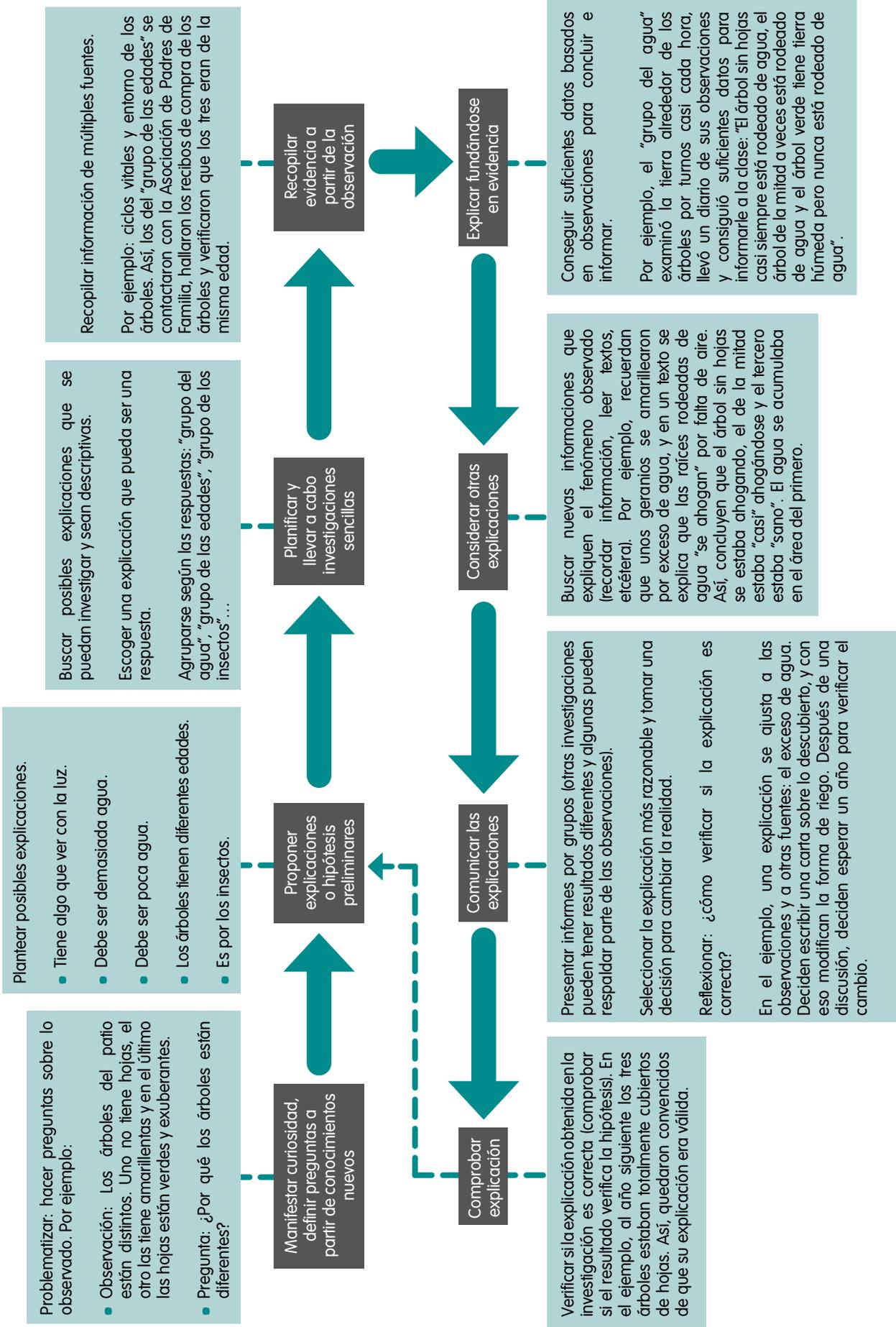
recuperaban su salud.

Al año siguiente, en el mismo mes en que habían observado la diferencia, los tres árboles estaban totalmente cubiertos de hojas verdes. Los antiguos estudiantes de la docente Rocío quedaron aún más convencidos de que su conclusión era una explicación válida de sus observaciones.

Adaptado de Steve Olson y Susan Loucks-Horsley (2000), *Inquiry and the National Science Education Standards. A guide for teaching and learning.*

En el aula, la indagación también puede adoptar muchas formas. Como docentes, podemos organizar detalladamente las indagaciones, de manera que nuestros estudiantes se dirijan hacia resultados conocidos, o realizar exploraciones sin límite, de fenómenos no explicados, como las diferencias entre los árboles en el patio de la escuela de la profesora Rocío. La forma de indagación depende en buena parte de los aprendizajes que se espera alcanzar con los estudiantes; y como esos propósitos son diferentes, las formas de indagación podrán ser también diversas: unas muy ordenadas y guiadas, y otras más abiertas. Todas las formas tienen lugar en los espacios de aprendizaje de la ciencia.

El siguiente gráfico ilustra la indagación científica llevada a cabo por los estudiantes de la narración presentada. Los textos destacan aspectos importantes de la indagación científica, concretados con el acompañamiento de la docente.



Como vemos en el caso presentado, la indagación plantea una amplia gama de posibilidades a docentes y a estudiantes, puesto que nos permite una participación muy activa en el proceso de búsqueda, ya sea a través de la simple observación, de las preguntas formuladas, de las respuestas o de las discusiones sobre problemas planteados en un momento determinado.

## 2.2 Enfoque de la indagación científica

### 2.2.1 Definición de indagación científica

Muchas son las concepciones que existen sobre la indagación científica. Aquí algunos ejemplos:

“La indagación es una actividad multifacética que involucra hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para saber qué es lo que ya se sabe; planificar investigaciones; revisar lo que se sabe en función de la evidencia experimental, utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones; y comunicar los resultados” (National Research Council 1996: 23).

La indagación científica es un proceso en el cual “se plantean preguntas acerca del mundo natural, se generan hipótesis, se diseña una investigación, y se coleccionan y analizan datos con el objeto de encontrar una solución al problema” (Windschitl 2003: 113).

“La indagación es un enfoque de aprendizaje que implica un proceso de exploración del mundo natural o el material, y que lleva a hacer preguntas, hacer descubrimientos, y ensayos rigurosos de los descubrimientos en la búsqueda de nuevas comprensiones. Indagar, en lo que respecta a la educación científica, debe reflejar lo más cerca posible la empresa de hacer ciencia real” (National Science Foundation 2001: 2).

En este fascículo definimos la indagación científica como:

Un enfoque que moviliza un conjunto de procesos que permite a nuestros estudiantes el desarrollo de habilidades científicas que los llevarán a la construcción y comprensión de conocimientos científicos a partir de la interacción con su mundo natural.

## 2.2.2 Bases de la indagación científica

Las bases teóricas del enfoque de la indagación científica residen en el constructivismo. Recordemos que el estudiante es un sujeto activo, a lo que se añade que es responsable de su aprendizaje.

Indagando, el estudiante construye su aprendizaje con la convicción de que, efectivamente, cada quien tiene su comprensión inicial del mundo, que luego puede contrastar con los hechos y compartir con sus compañeros, para construir socialmente un producto: el nuevo conocimiento.

Carretero (1997) señala que el constructivismo sostiene que el individuo mismo es una construcción propia, que se va gestando paulatinamente como resultado de la interacción entre el ambiente y sus disposiciones internas. El conocimiento no es, entonces, una copia fiel de la realidad, sino una construcción individual de cada ser humano, estructurada a partir de los esquemas que ya posee y de su relación con el contexto que lo rodea. La finalidad de la indagación científica que se imparte con este enfoque es, por ello, promover los procesos de crecimiento personal de cada estudiante, en el marco de la cultura del grupo al que pertenece.

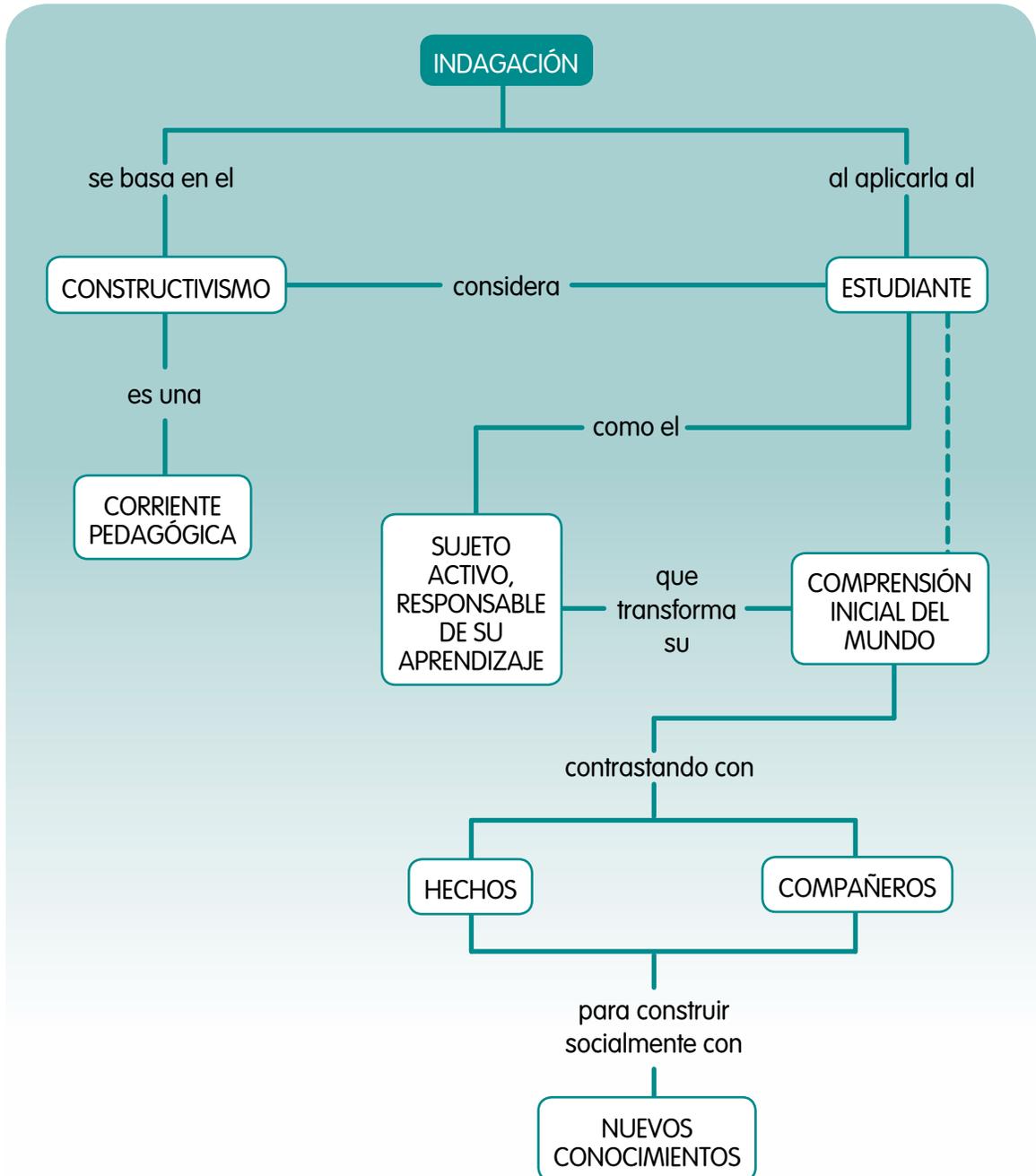
Desde una perspectiva sociocultural, se pueden entender como indagación científica las “maneras de generar explicaciones, cargadas de teoría, validadas por una comunidad, apoyadas por evidencia y argumentos convincentes y mantenidas por la comunidad como conocimiento tentativo y abierto a futuros desarrollos” (Abell *et al.* 2006, citado en González Weil *et al.* 2009: 67). En este marco, la indagación lleva a los estudiantes a entender que los conocimientos no son estáticos: pueden cambiar cuando surgen nuevas y más profundas investigaciones, y están sujetos a futuros avances. Un ejemplo de esto es el cambio del paradigma aristotélico por el mecanicista-galileano, ocurrido en la época del Renacimiento.

Partiendo del concepto vigotskiano de zona de desarrollo próximo, asumimos que la labor de la educación científica es lograr que cada estudiante construya, en los diferentes espacios de aprendizaje, actitudes, procedimientos y conceptos que, por sí mismo, no lograría elaborar en contextos cotidianos; y que, siempre que esos conocimientos sean funcionales, es posible que sean transferidos a nuevos contextos o situaciones.

Con el enfoque que asumimos para el aprendizaje de la ciencia y la reflexión sobre su práctica, nuestros estudiantes aprenderán que es posible construir y seguir ciertas

reglas, de manera flexible, para generar, individualmente y entre pares, nuevas prácticas sociales que los llevarán a enfrentar otros retos y dar nuevas soluciones.

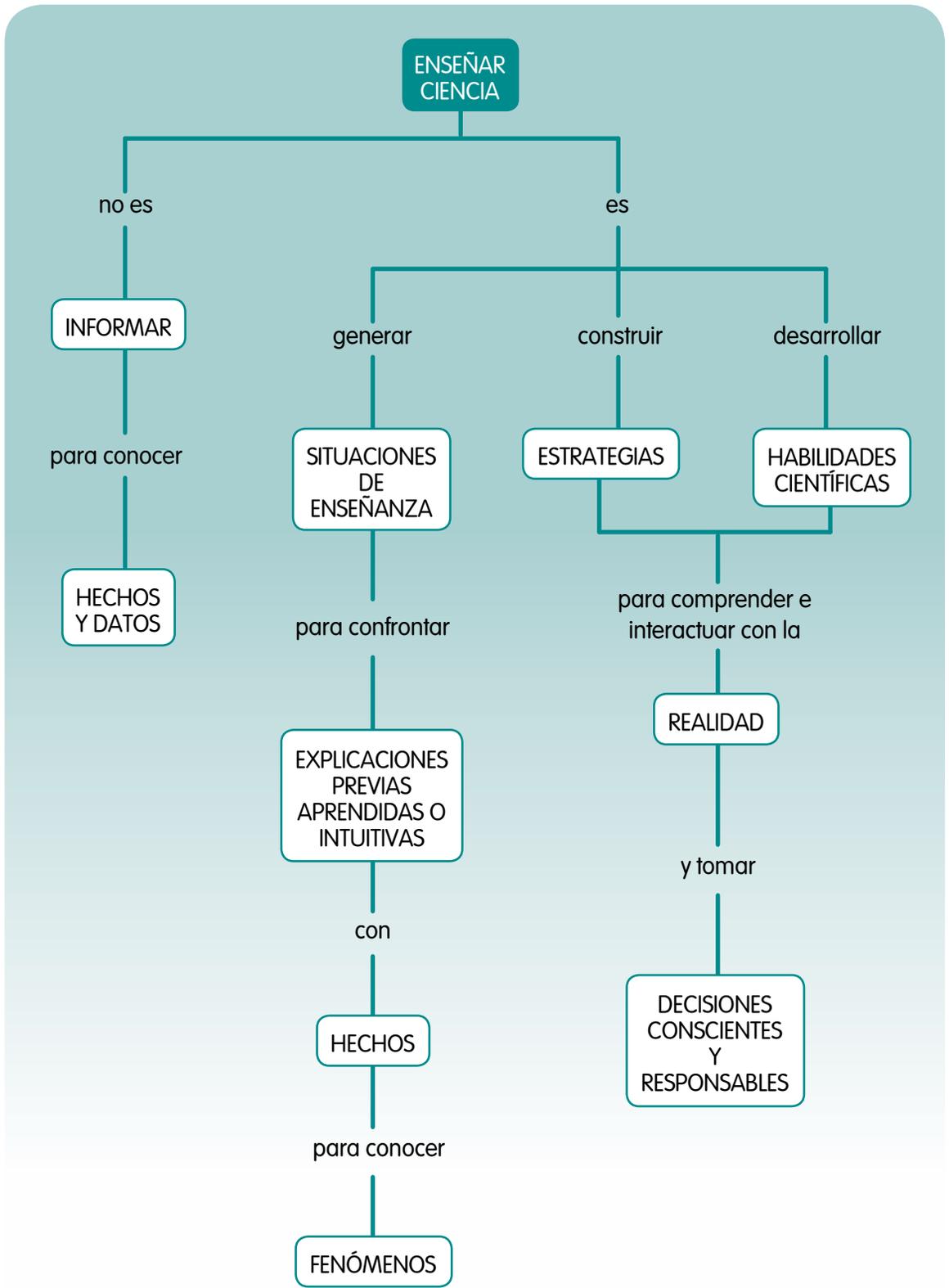
La adquisición de conocimientos científicos, lejos de ser un producto espontáneo y natural de nuestra interacción con el mundo de los objetos, es una laboriosa construcción social; o, mejor aún, una reconstrucción que solo podrá alcanzarse con una enseñanza eficaz que sepa afrontar las dificultades que ese aprendizaje plantea.



“Partiendo de esta óptica, Rosa y Montero afirman que la ciencia no explica el mundo tal cual es, sino que presenta una imagen del mundo a partir de la cosmovisión que el sistema social le impone en cada momento histórico. Del mismo modo, Michel Denis (citado por Gallego-Badillo) comenta que la imagen mental que poseen los individuos del contexto no debe concebirse como un calco de la realidad, sino que ha de interpretarse como una construcción psicológica nueva, que a la vez constituye una actividad constructivista, mediante la cual el individuo obtiene análogos cognitivos de la realidad. En tal sentido la historia de la ciencia juega un papel fundamental, pues a través de ella se pueden encontrar los justificativos acerca de los modos en que se han generado los instrumentos teóricos de cada época, así como las formas de verificación empírica”.

Peña 2005: 53

Entendemos, entonces, que enseñar ciencias desde este enfoque no es informar para que los estudiantes conozcan la mayor cantidad posible de hechos y datos, o para que solo logren una mayor comprensión de conceptos científicos; significa, más bien, generar situaciones de enseñanza que brinden a nuestros estudiantes múltiples oportunidades de confrontar lo que piensan (sus explicaciones previas aprendidas o intuitivas) con los hechos, de interpretar la información y de conocer los fenómenos con los datos provenientes de la ciencia. También significa construir estrategias y desarrollar habilidades científicas que les permitan comprender la realidad cotidiana e interactuar de modo efectivo con ella, y ser capaces de tomar decisiones conscientes y responsables a partir de esa comprensión.



Hemos asumido el enfoque de la indagación para la enseñanza de las ciencias porque consideramos que aporta más oportunidades de favorecer en nuestros estudiantes el desarrollo integrado de habilidades, actitudes y conocimientos. Esto, porque dicho enfoque se encuentra sustentado por propuestas psicopedagógicas, epistemológicas y sociales contemporáneas, y también por la experiencia recabada de prácticas docentes exitosas en muchos lugares del mundo. El enfoque de la indagación científica presenta las siguientes características:

- Es fundamentalmente formativo, puesto que, al abordar los contenidos desde contextos que favorecen la relación de la ciencia con la tecnología y la sociedad, privilegia el desarrollo de competencias.
- Considera a cada estudiante como el centro de los procesos de aprendizaje y enseñanza, favoreciendo la autonomía de su construcción personal del conocimiento.
- Redimensiona y fortalece el papel del docente mediador en la formación del estudiante, para ir más allá de solo dejar tareas y actividades motrices, al promover la indagación y situarlo como guía durante su puesta en práctica.
- Atiende a la diversidad cultural y social, y promueve el uso adecuado de recursos y materiales didácticos, así como de estrategias e instrumentos de evaluación.
- Promueve una visión humana de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

“La clase debe convertirse en un espacio propicio para que se desarrolle un principio pedagógico, el de la indagación natural del niño; el cual nos permitirá aprovechar los intereses, necesidades o fenómenos que le llamen la atención al niño para generar en ellos más inquietudes y respuestas creativas durante el diálogo. En otras palabras, la motivación intrínseca del niño, aprovechada mediante la indagación, permite que el alumno aprenda significativamente. Tiene relación lo anterior con las condiciones que plantea Ausubel, para que el aprendizaje sea significativo, cuando se refiere a la relación que se hace de las ideas propias para ser relacionadas con el nuevo conocimiento, el cual se construye de forma individual e íntima en contextos generalmente culturales”.

Martínez *et al.* 1999: 38

En muchos países se impulsa la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, para que sus estudiantes puedan aprender la ciencia y los procedimientos para hacer ciencia. En los últimos años, la indagación está presente en los estándares y currículos de países como Estados Unidos, Australia e Inglaterra.

Cuando los estudiantes indagan, aprenden a pensar como un científico; es decir, hacen ciencia y son capaces de describir objetos y fenómenos, de elaborar preguntas, de construir explicaciones, de probar sus explicaciones contrastándolas con los hechos o con lo que se sabe del conocimiento científico, y de comunicar sus ideas a otros. Poner en práctica estas habilidades compromete a los estudiantes a utilizar su pensamiento crítico y lógico: “De esta forma, los estudiantes desarrollan activamente su comprensión de la ciencia al combinar el conocimiento científico con las habilidades de razonamiento y pensamiento” (National Research Council 1996: 2).

¿Existe una única forma de hacer indagación? La respuesta es no. Desde un punto de vista muy particular, que implica a la persona que hace la indagación, según Anderson (citado en Reyes Cárdenas y Padilla 2012), habría al menos tres visiones sobre qué es la indagación:

- a. lo que hacen los científicos;
- b. lo que hacen y aprenden los estudiantes; y
- c. lo que saben y saben hacer los docentes en el aula.

En este documento nos interesa resaltar las dos últimas visiones; y sobre ellas, lo que debemos saber y saber hacer los docentes y nuestros estudiantes:

- desarrollar habilidades de indagación;
- conocer acerca de la indagación (comprender qué es y cuál es su naturaleza); y
- cómo aprender/enseñar los conocimientos científicos.

## 2.3 Enfoque de la alfabetización científica

Vivimos en un mundo rodeado de productos científicos que usamos en ámbitos como, entre otros, la salud, el aprovechamiento de recursos naturales, la conservación de la calidad del ambiente y la gestión de riesgos. Hemos llegado al punto en que tenemos tantas opciones de selección que requerimos información certera para elegir una u otra. El uso de la ciencia y la tecnología ha cobrado gran relevancia social y económica,

puesto que, en el contexto descrito, todas las personas tenemos derecho a acceder a una comprensión científica del mundo y a implicarnos en discusiones públicas sobre temas científicos y tecnológicos, razón que hace necesario que todos los ciudadanos seamos alfabetizados en estos temas.

“El propósito de la alfabetización científica es el entendimiento de las implicaciones de la ciencia y sus aplicaciones en la experiencia social. La ciencia tiene un papel tan importante que las decisiones en las áreas económica, política y personal no se pueden tomar sin considerar la ciencia y tecnología involucradas”.

Rodger W. Bybee, 2010

Reid y Hodson (citados en Gil 2005: 18) proponen que una alfabetización científica dirigida hacia una cultura científica básica debe contener:



- Conocimientos de la ciencia: ciertos hechos, conceptos y teorías.
- Aplicaciones del conocimiento científico: el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
- Habilidades y tácticas de la ciencia: familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.
- Resolución de problemas: aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- Interacción con la tecnología: resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social, y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
- Cuestiones socioeconómico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología.
- Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica: consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y estatus de la teoría científica y las actividades de la comunidad científica.

Desde el enfoque de la alfabetización científica, la enseñanza de la ciencia implica generar situaciones de aprendizaje que relacionen los saberes previos de los estudiantes con los fenómenos naturales, para que vuelvan a preguntarse sobre ellos y elaboren explicaciones utilizando los modelos formales y generalizadores propios de las ciencias naturales. Este proceso alfabetizador aporta nuevos elementos de juicio para comprender aquellas cosas con las que se interactúa y de las que se habla en el diario vivir.

El aporte de las ciencias naturales a la vida cotidiana reside en que contribuye con la formación de nuevos modelos de pensamiento y comprensión en los estudiantes. Asimismo, los acerca a una representación formal de los objetos y fenómenos con los que interactúan, a través de modelos teóricos de los mismos.

Consideramos indispensable que nuestros estudiantes estén suficientemente alfabetizados en ciencia y tecnología. Esto implica:

- La necesidad de orientar los aprendizajes hacia una mayor y mejor comprensión de la ciencia y la tecnología, sus productos y métodos.
- Destacar la importancia e impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del pensamiento y la calidad de vida contemporáneos.
- Que se despierten, alienten y reafirmen las vocaciones científicas y técnicas y que se identifique y apoye a niñas, niños y jóvenes con disposición para la investigación.
- Que nuestros estudiantes desarrollen un espíritu crítico y estén conectados a los temas básicos de nuestro contexto, tales como la salud, la alimentación, la energía, el ambiente y la historia de la ciencia.
- Que adquieran estrategias que les permitan no solo incorporar saberes, sino también estar en condiciones de profundizar y ampliar el campo de sus conocimientos durante toda su vida.
- Que tengan la capacidad y el grado de alfabetización necesarios para hacer frente a un mundo cada vez más tecnologizado, lo que lleva a tratar de alcanzar una visión capaz de adecuarse a distintas culturas y diversos grados de desarrollo.

La alfabetización científica y tecnológica es necesaria, por lo tanto, para que nuestros estudiantes sepan desenvolverse en un mundo como el actual. Igualmente, para que conozcan el importante papel que la ciencia y la tecnología desempeñan en sus vidas personales y en la sociedad. El objetivo es sumar esfuerzos para que sean ciudadanos cuya formación les permita reflexionar y tomar decisiones informadas en ámbitos relacionados con la ciencia y la tecnología.

## 2.4 Espacios y actores para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología

Desde el enfoque de la indagación científica, es importante considerar qué espacios son especialmente propicios para generar aprendizajes; por eso, ponemos a tu consideración escenarios útiles para desarrollar aprendizajes significativos. Asimismo, comentamos el rol de los actores educativos involucrados en el proceso de aprendizaje y enseñanza.

### 2.4.1 Espacios de aprendizaje

Estos espacios son ambientes, escenarios o áreas de trabajo dispuestos para la indagación y el desarrollo o la construcción de aprendizajes. Para el caso del aprendizaje fundamental Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida consideramos, por ejemplo, las aulas, el laboratorio, el taller, el patio, el jardín y los museos, es decir, espacios que permitan a cada estudiante desarrollar las competencias relacionadas con la indagación científica, el uso de conocimientos científicos y tecnológicos, la reflexión sobre la ciencia y la generación de ideas para diseñar y producir tecnología.

#### a. Aulas

Son espacios diseñados para que nuestros estudiantes adquieran aprendizajes. Si bien es cierto que cada nivel tiene su especificidad, es importante que todas se encuentren implementadas con materiales y organizadas de manera que permitan la indagación y el logro de los aprendizajes.

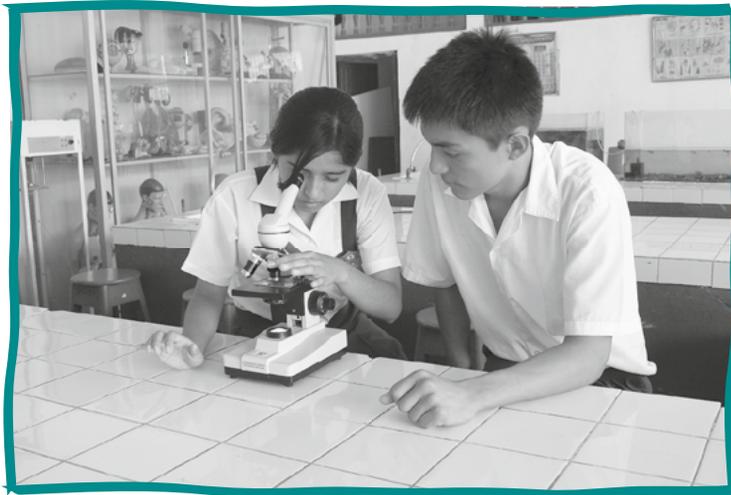
En los gráficos que ofrecemos a continuación presentamos, a modo de sugerencia, dos formas de organizar el aula que facilitan la experimentación, el trabajo cooperativo, el diálogo, el debate y la interacción entre pares, además del intercambio de ideas y recursos, entre otras acciones deseables.



### b. Laboratorios

Son espacios de aprendizaje que cuentan con materiales, instrumentos y equipos particulares, que favorecen la ejecución de actividades como la experimentación, el trabajo cooperativo, el diálogo, el debate y la interacción entre pares, así como el intercambio de ideas y recursos.

Por ser espacios destinados a resolver problemas de tipo experimental que ayudan a la comprensión de conceptos, leyes y principios, favorecen la construcción de prototipos, incentivan la curiosidad y promueven una actitud positiva hacia la ciencia.



### c. Entorno

Si bien para poner en práctica la experimentación es importante contar con laboratorios, la naturaleza es el mejor espacio de indagación continua. Los espacios del entorno de los que podemos disponer, como el patio, la huerta, el río, el campo, la chacra y la granja, entre otros, son indispensables para generar aprendizajes sobre la ciencia y la tecnología.



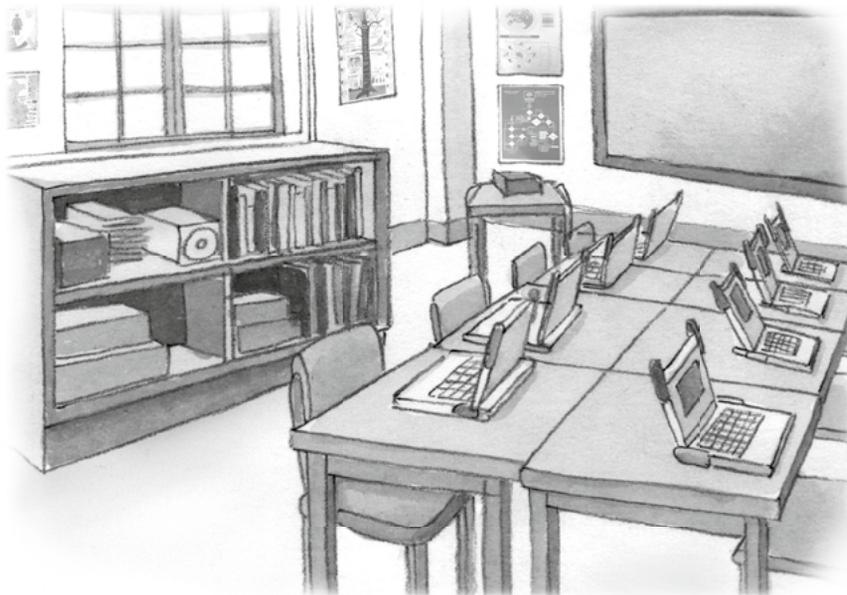
#### d. Biblioteca

Espacio con material bibliográfico impreso, dispuesto de una manera organizada, que sirve para investigar y, así, promover los aprendizajes. Su implementación debe ser permanente, en todos los niveles educativos.



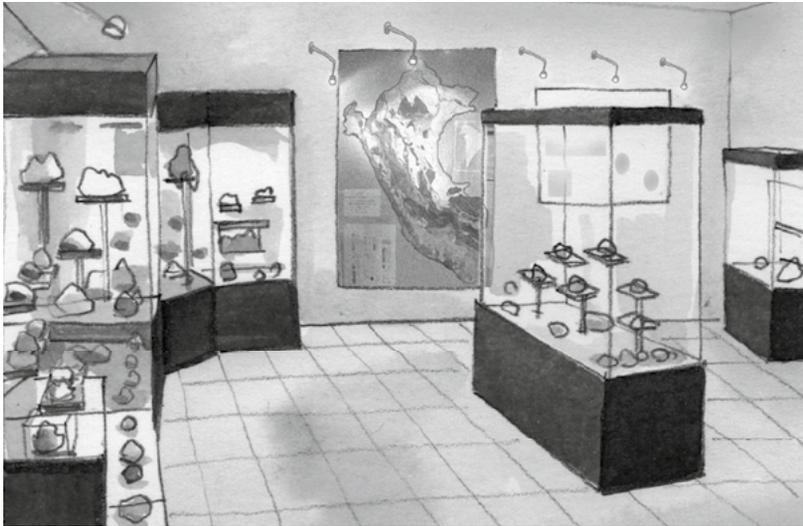
#### e. Aula de innovación pedagógica

Espacio que ofrece computadoras e internet para la aplicación de entornos virtuales de aprendizaje, tanto para estudiantes como para docentes. Está a cargo de un docente que coordina con la dirección de la institución educativa y con el equipo docente. Los entornos virtuales se están convirtiendo progresivamente en una herramienta interactiva de aprendizaje y enseñanza.



#### f. Museos de ciencia

Espacios de aprendizaje con una amplia variedad de recursos visuales y con fuentes de información relevante acerca de la historia de la ciencia.



Existen otros espacios que también contribuyen al aprendizaje de las ciencias, tales como los centros de investigación o las áreas naturales protegidas.

### 2.4.2 Actores de la comunidad educativa

Los actores de la comunidad educativa deben promover espacios inclusivos, acogedores y colaborativos que contribuyan al logro de aprendizajes de ciencia y tecnología.

“Las relaciones humanas en el aula y en todos los espacios de la escuela se basan en la aceptación mutua y la cooperación, el respeto de las diferencias culturales, lingüísticas y físicas, así como en la valoración incondicional de la identidad cultural y los derechos de todos y todas”.

Minedu, Marco de buen desempeño docente, 2012

El gráfico ilustra cómo cada uno de los actores de la comunidad educativa es una pieza clave del proceso de aprendizaje y enseñanza.



Mejorar la práctica de la enseñanza de ciencia y tecnología requiere actores comprometidos, interesados en alcanzar progresivamente mejores niveles de aprendizajes. A continuación describimos las acciones de cada actor involucrado en el proceso de aprendizaje y enseñanza de la ciencia.

#### a. Docentes

Todo docente cumple la función de guía y facilitador del aprendizaje. Cuenta con competencias profesionales y usa recursos didácticos pertinentes para ofrecer a sus estudiantes diversas oportunidades de aprendizaje. En particular, quien ejerza la docencia en el área de las ciencias debe ser una persona indagadora, que cumpla su labor estando preparada para cumplir con, entre otros, los siguientes desempeños:

- Planifica actividades de interés para sus estudiantes, tales como proyectos de aprendizaje, visitas de estudio y de campo, ferias de aprendizaje, congresos, conversatorios y pasantías.
- Selecciona y organiza los aprendizajes orientados al logro de las competencias en la enseñanza de la ciencia y la tecnología para la vida.
- Propicia estrategias que favorecen el razonamiento de sus estudiantes sobre temas que les interesan.

- Induce procesos de discusión con sus estudiantes, con puntos de vista divergentes y convergentes, y los sostiene en una dirección constructiva y productiva que les permita llegar a una conclusión.
- Respeta y hace respetar los puntos de vista de cada estudiante, tomándolos con seriedad e imparcialidad.
- Enfatiza más en el proceso de discusión que en el arribo a una conclusión específica.
- Propicia que cada estudiante argumente sus puntos de vista de manera reflexiva, con el empleo de términos y conceptos propios de la ciencia y la tecnología.
- Crea un ambiente de permanente interacción, de dar y recibir, con la mayor participación posible de sus estudiantes.
- Interpreta los silencios de sus estudiantes como momentos de escucha activa.
- Emplea un repertorio variado de preguntas que movilizan los conocimientos de sus estudiantes; por ejemplo, ¿qué piensas que ocurre?, ¿cómo piensas que ocurre?, ¿por qué crees que ocurre?, etcétera.
- Organiza las diferentes ideas de sus estudiantes.
- Reflexiona sobre su práctica pedagógica en relación con su estilo de indagación, y se compromete con su mejoramiento continuo.
- Orienta a sus estudiantes hacia la comprobación de sus ideas y les proporciona alternativas con fundamento científico.
- Observa el entorno y trata de transformarlo de manera creativa, consciente y responsable, para promover aprendizajes significativos en los estudiantes.
- Sabe, y sabe hacer uso de herramientas e instrumentos tecnológicos.

Condiciones para la gestión de los espacios de aprendizaje de ciencia y tecnología:

- Trabajar en contextos que favorezcan la construcción del conocimiento científico escolar.
- Tomar en cuenta las ideas previas, los estilos y ritmos de aprendizaje de los estudiantes y, según el contexto, los conocimientos locales y de los pueblos indígenas, en relación con la ciencia y la tecnología.
- Aplicar estrategias de aprendizaje y enseñanza pertinentes, con el enfoque de la indagación y la alfabetización escolar científica y tecnológica.
- Adecuar actividades de aprendizaje significativo y funcional, con el uso de recursos educativos y materiales distribuidos por el Ministerio de Educación y otros, orientadas al desarrollo de las competencias científicas y tecnológicas, teniendo en cuenta, además, la integración con otros aprendizajes fundamentales.
- Considerar una evaluación coherente con el enfoque de competencias, que al hacer ciencia y tecnología ponga énfasis en los procesos, así como en sus resultados.

## b. Estudiantes

Nuestros estudiantes son el centro del proceso educativo, tal como lo consignan la Ley General de Educación y su Reglamento.

Para que un estudiante esté alfabetizado científica y tecnológicamente debe desarrollar habilidades que le permitan ser indagador, usar conocimientos científicos para tomar decisiones informadas, diseñar y producir objetos y sistemas tecnológicos, y reflexionar sobre la ciencia y la tecnología.

El estudiante está dispuesto a:

- Asumir su responsabilidad de manera reflexiva, crítica y creativa.
- Hacer uso continuo de diversas fuentes de información útiles para la indagación.
- Participar activamente en las actividades de aprendizaje colaborativo.
- Aportar ideas en los procesos de discusión que se generan en las situaciones de aprendizaje, respetando la opinión de los demás.
- Demostrar su autonomía y, cuando lo necesite, saber pedir ayuda y orientación.
- Escuchar atentamente a quienes intervienen en el proceso de aprendizaje y enseñanza, lo que permite una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología.
- Tener capacidad de autocontrol y autorregulación frente a la incertidumbre propia del quehacer científico y al tomar decisiones.
- Tener capacidad para el diálogo y la argumentación, con un lenguaje claro y usando vocabulario de la ciencia y la tecnología.
- Usar los recursos educativos y materiales (equipos, sustancias, kits, módulos, etcétera), de manera cuidadosa y responsable, respetando las normas de seguridad.
- Utilizar el cuaderno de campo para registrar los procesos seguidos durante una investigación.
- Demostrar curiosidad y creatividad para innovar y transformar su entorno responsablemente.

## c. Director o directora

Como líder pedagógico de la institución educativa, la persona encargada de dirigirla entiende que los procesos de construcción de los aprendizajes de ciencia y tecnología tienen una dinámica caracterizada por la actividad intensa y hasta “bulliciosa”. Por lo tanto, permite la accesibilidad y la movilización, para el buen y permanente uso de espacios y materiales.

## d. Madres y padres de familia

Los padres y las madres de nuestros estudiantes cumplen un rol activo y son piezas claves del aprendizaje y la enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela. Esto, no solo por la colaboración directa que suelen brindar en los espacios educativos, a pedido del docente, sino por su compromiso en el acompañamiento de sus hijas e hijos.

## 2.5 Recursos y materiales educativos

Es imprescindible que docentes y estudiantes dispongamos de recursos educativos para lograr aprendizajes significativos en ciencia y tecnología, puesto que:

- Facilitan la comprensión de conceptos o principios científicos o tecnológicos que se desea transferir.
- Ayudan a potenciar las capacidades sensoriales y cognitivas, base fundamental del aprendizaje de ciencia y tecnología.
- Sirven de intermediarios entre la ciencia del científico y la ciencia escolar, aproximando al estudiante a la realidad que se desea estudiar.
- Movilizan la participación activa en los procesos de aprendizaje de ciencia y tecnología.
- Enriquecen el vocabulario técnico-científico.
- Favorecen el desarrollo de habilidades científicas y tecnológicas con una actitud científica.
- Ofrecen la oportunidad de transformarlos en objetos tecnológicos.

La interacción de nuestros estudiantes con diversos tipos de recursos y materiales educativos beneficia sus estilos de aprendizaje. ¿Con qué recursos y materiales educativos contamos en los espacios de aprendizaje de Educación Básica Regular? Veamos:

### a. Material impreso

Consideramos como tal a todo tipo de fuente de información escrita o gráfica para docentes y estudiantes, tales como libros, láminas y guías, entre otros.



## Material impreso para docentes



### b. Material audiovisual

A medida que la tecnología avanza, el material audiovisual tiene un papel cada vez más importante para el aprendizaje y la enseñanza de ciencia y tecnología, ya que mejora los espacios para el aprendizaje.

Ponemos a tu disposición algunas direcciones de páginas electrónicas con herramientas virtuales que te servirán de apoyo para fortalecer tus capacidades como docente y tu trabajo con los estudiantes.

<http://www.perueduca.pe/desarrollo-profesional>



<http://www.fondation-lamap.org/>



<http://www.indagala.org/>

<http://www.pakapaka.gov.ar/>

<http://spaceplace.nasa.gov/sp/>

<http://www.principia-malaga.com/p/>

<http://ciencia.educ.ar/>

<http://www.ssec.si.edu/>

### c. Material concreto

Este tipo de material brinda múltiples posibilidades de aprendizaje, ya que hace factible observar, manipular, consultar, medir, analizar, visualizar y explicar principios, entre otras muchas acciones. Dependiendo del uso que le demos y del espacio educativo en el que nos hallemos, el material concreto puede cumplir diversas funciones en nuestra labor pedagógica, tales como motivar, experimentar y evaluar.

Entre el material concreto tenemos, por ejemplo, maquetas, modelos, instrumentos, mapas murales y otros objetos de diverso tipo.



#### d. Software

A continuación te brindamos una breve referencia de programas que contribuyen al aprendizaje de la ciencia.

##### Modellus

Este programa permite al usuario diseñar, construir, explorar y simular un fenómeno físico a partir de un modelo matemático interactivo. La simulación tiene lugar en su aspecto temporal (evolución en el tiempo) y matemático (cálculo de valores). La interfaz con la que trabaja el usuario ofrece un entorno muy amigable, basado en ventanas que reúnen o muestran informaciones concretas.

##### Scilab

Programa de cálculo numérico que permite realizar operaciones con cálculos matriciales, polinomios, ecuaciones lineales y diferenciales, así como graficar funciones en 2D y 3D, además de programar sus propias funciones. Es un software que permite conocer y experimentar con el uso de variables y practicar programación. Utilizando algunos comandos básicos de este programa, y a través del modelado numérico, se pueden resolver muchos problemas de física.

##### Physion

Es un software de simulación de la física en 2D. Sirve para crear fácilmente una amplia gama de simulaciones físicas interactivas y de experiencias educativas. Es especialmente útil, ya que nos puede servir como un laboratorio de física virtual con el cual demostrar, en el aula, algunos conceptos básicos de la física.

##### Chemistry Assistant

Software para el cálculo rápido del peso molecular de los compuestos por entrada simple de la fórmula química. Sustituye los símbolos de los elementos con su peso atómico. Traduce los textos, con símbolos de los elementos químicos o sin ellos, en una expresión matemática y los calcula. Además, incluye funciones para el análisis estadístico, la solución de la ecuación cuadrática, constantes físicas, y para preparar soluciones.

Como hemos visto, los materiales educativos propician el desarrollo de capacidades y la formación de actitudes, así como la adquisición de nuevos aprendizajes para la comprensión del mundo natural y tecnológico.



## **VISUALIZANDO** el rompecabezas: competencias y capacidades del aprendizaje fundamental **Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida**

El aprendizaje fundamental “Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida” ofrece a nuestros estudiantes oportunidades para explorar el mundo físico y natural entendiendo conceptos y procesos, así como desarrollando habilidades propias de la ciencia. Esto les permitirá participar —como ciudadanos críticos, informados y responsables— en asuntos locales, nacionales y mundiales.

En este capítulo explicamos las competencias y capacidades que permitirán a nuestros estudiantes comprender y construir conocimientos científicos. Adquirir estas competencias y capacidades implica el manejo de conceptos, teorías, principios, leyes y modelos de las ciencias naturales, así como diseñar y producir objetos o sistemas tecnológicos, además de desarrollar actitudes científicas para hacer ciencia y convivir adecuada y respetuosamente con los demás.

### **3.1 Competencia: Indaga, a partir del dominio de los métodos científicos, sobre situaciones susceptibles de ser investigadas por la ciencia**

Con esta competencia buscamos que nuestros estudiantes desarrollen capacidades que les permitan investigar con procedimientos científicos, para que produzcan, por sí mismos, conocimientos nuevos sobre situaciones no conocidas, respaldados por sus experiencias, sus conocimientos previos y las evidencias.

Las capacidades que permiten el logro de esta competencia son:

- Reconoce situaciones susceptibles de ser investigadas, las problematiza y formula preguntas e hipótesis.
- Diseña estrategias para hacer una investigación.
- Procesa información fiable y relevante de distintas fuentes y mediante distintos procedimientos.
- Formula conclusiones fundamentadas, las argumenta sobre la base de evidencias y las comunica.

“El mundo no es sino una escuela de indagación”.  
Michel de Montaigne

Esta competencia les da a nuestros estudiantes la posibilidad de comprender el mundo natural a través de preguntas sobre hechos de la vida cotidiana o de su interés, tales como "¿por qué llueve?", "¿por qué desaparecieron los dinosaurios?", "¿por qué atraen los imanes?", "¿por qué la naranja es ácida?", "¿por qué unas personas tienen ojos verdes y otras, negros?" o "¿cómo funcionan las baterías?".



Los conocimientos solo duran hasta que los estudiantes tienen tiempo de hacerse nuevas preguntas o de crear teorías más precisas.

De igual manera, les permite participar en la búsqueda constante de soluciones a determinados problemas, atender necesidades y enfrentar, con fundamentos científicos y tecnológicos, desafíos como los asociados al uso irracional de los recursos naturales (tala de árboles, relaves mineros y otros), al inadecuado manejo de residuos sólidos (contaminación de fuentes de agua, del suelo, del aire, etcétera), a los desastres provocados por la naturaleza (inundaciones, huacos, sismos o tsunamis, por ejemplo) o hábitos inadecuados de salud (desnutrición, morbilidad infantil, etcétera), por mencionar algunos.

Para el logro de esta competencia es indispensable poner en práctica actitudes propias del quehacer científico. Por esta razón, buscamos fomentar en cada estudiante la curiosidad, la objetividad en la recolección de datos y su validación, la flexibilidad, la persistencia, la crítica y la apertura mental. Asimismo, la buena disposición para hacer juicios, manejar la incertidumbre con tolerancia, aceptar la naturaleza de la exploración científica y trabajar en equipo.

El desarrollo de esta competencia permite arribar a nuevas preguntas, descubrimientos, conocimientos y teorías, mediante métodos propios de la ciencia que favorecen la investigación científica escolar en todos sus niveles. El uso de estos métodos para la indagación debe proveer a cada estudiante de instrumentos para comprender conocimientos propios de las ciencias naturales, poniendo de manifiesto las relaciones entre estas y los aspectos metodológicos que comparten; y utilizarlos para construir respuestas a diversas necesidades y desafíos que les plantee la realidad.



Algunos métodos de la ciencia:

- método inductivo;
- método deductivo; y
- método fenomenológico.

Como docentes, debemos movilizar las capacidades de indagación científica de nuestros estudiantes, planteándoles situaciones de aprendizaje a partir de intereses relacionados con situaciones de la vida cotidiana.

Como hemos visto en el capítulo anterior, la indagación permite el desarrollo de diversas capacidades; por ejemplo, en la historia de los tres árboles vimos que los estudiantes, en interacción permanente con su entorno, movilizaron capacidades, habilidades, estrategias, etcétera y recursos necesarios para realizar una investigación escolar. La docente actuó como facilitadora, guía y orientadora, contribuyendo de este modo al desarrollo de la competencia de indagación.

Con esto no queremos decir que en la escuela se pretende formar solo científicos, ya que nuestros estudiantes tienen una diversidad de habilidades e intereses que los pueden orientar hacia profesiones u oficios diferentes a la ciencia. Entonces, ¿cómo lograr la competencia de indagación científica entre nuestros estudiantes? Tenemos que movilizar diversas capacidades (que pasamos a detallar en los ítems que siguen) y trabajarlas de manera articulada.

### **3.1.1 Capacidad: Reconoce situaciones susceptibles de ser investigadas, las problematiza y formula preguntas e hipótesis**

Al revisar la historia de los tres árboles nos percatamos de que los estudiantes de la docente Rocío compartieron un conjunto de ideas que nacieron de su observación. Algunas de sus ideas no se transformaron en un problema de investigación, porque eran vagas y confusas, pero luego, después de pensar, de estar en relación continua con los tres árboles y de conversar sobre el tema, consiguieron identificar la situación problemática que después investigaron: “los tres árboles del patio están diferentes”.

A partir de esta experiencia podemos arribar a una primera idea: la identificación de una situación problemática no es inmediata; nace confusa y vaga, pero se va haciendo cada vez más clara, en la medida en que la observación y la relación del investigador con el objeto de investigación se intensifica. Esto, por supuesto, debe ir acompañado del intercambio de ideas entre los miembros del equipo, y de pensar reflexivamente sobre el asunto.

Identificar un problema de investigación consiste, entonces, en recoger del conjunto posible de situaciones concretas que puede ofrecer un asunto determinado (por ejemplo, la vida de las plantas, el cambio de estado de los cuerpos, etcétera), una situación particular que pueda ser sometida a observación y análisis a fin de establecer preguntas (¿por qué los árboles están diferentes?) y respuestas hipotéticas (mucho/poca agua, mucha/poca luz, diferencia de edades, etcétera), que han de someterse a comprobación.

Cuando encontramos una dificultad en nuestro conocimiento sobre un aspecto de la realidad objetiva y surge en nosotros la necesidad de encontrarle una respuesta, esto nos impulsa a saber en qué consiste, es decir, a identificar, en la realidad, un problema de investigación. Podemos redondear la idea afirmando lo siguiente:

Todo problema aparece a raíz de una dificultad, y esta se origina a partir de una necesidad en la que aparecen interrogantes por resolver.

¿Cuándo es investigable la situación que hemos encontrado al observar?



Primero, cuando hay una duda por resolver. Sabemos que no se pueden plantear problemas de investigación que no surjan de la realidad que se investiga; es decir, no se pueden plantear problemas "en el aire". De esto, podemos deducir que un problema es investigable cuando hay un conflicto conectado con una situación de la realidad en la que hay una duda por resolver.



Segundo, cuando se pueden prever dos o más soluciones. ¿Recuerdas?: los niños y las niñas imaginaron un conjunto de posibles soluciones al problema de los árboles.



Tercero, cuando entre las posibles soluciones no hay una preferencia específica. Todas deben ser soluciones posibles, porque, de lo contrario, si hubiera alguna preferida, ya no tendría objeto realizar la investigación.

Para que un conflicto sea un problema investigable, siempre será necesario encontrar diversas soluciones posibles y tener una duda razonable sobre cuál es la más acertada. Esto es, deberá existir una duda que nos prepare para admitir que la mejor solución es una de ellas, sin saber cuál es. Incluso puede ser aquella de la que no habíamos sospechado al principio y cuya presencia saltó a la luz recién durante la investigación.

¿Hay problemas que no son investigables? Hay quienes afirman que todos los problemas son investigables; sin embargo, el docente (que también es un investigador) tiene conocimiento general de la dificultad de sus estudiantes para indagar en un problema. En este sentido, es fundamental tener en cuenta la experiencia de nuestros estudiantes en el terreno de la ciencia natural sobre la cual se va a realizar la indagación.

Muchas veces los problemas son demasiado confusos, debido a que la dificultad para investigarlos es extrema, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, hasta el punto en que se hace imposible plantear la existencia de un problema investigable. Por ejemplo, no es posible que los niños y las niñas de Educación Inicial o de Educación Primaria investiguen directamente cuántos años puede vivir un árbol o cuántas moléculas de bicarbonato de sodio hay en un centímetro cúbico de cierta sal. Esto, porque las bases

teóricas relacionadas con estos temas suponen un manejo conceptual que no está a su alcance, dado su grado de desarrollo cognitivo, y porque en una institución educativa existirían muchas dificultades de tipo instrumental y procedimental como para realizar las observaciones y mediciones que demandan investigaciones como estas.

Formular preguntas permitirá a nuestros estudiantes establecer relaciones entre elementos del fenómeno o del hecho observado, para presentar resultados o nuevas construcciones, solucionar problemas, plantear desacuerdos o construir consensos, trabajando desde distintos lenguajes, representaciones de la realidad y puntos de vista.

“Una buena pregunta es una semilla que debe sembrarse para que produzca más semillas, con la esperanza de reverdecer el paisaje de las ideas”.  
John Ciardi

Debemos recordar que los estudiantes, desde niños, expresan libremente su curiosidad, son observadores, plantean preguntas ante hechos y fenómenos que les interesan, referidos a aspectos de interés local, o a partir de la realización de alguna actividad (científica o no). Por esta razón, en el proceso de aprendizaje y enseñanza de la ciencia debemos darles la oportunidad de **formular sus propias preguntas**, para que investiguen y elaboren explicaciones a partir de sus propios conocimientos.

En el proceso de indagación debemos considerar preguntas centrales que actúen como una ventana abierta hacia la búsqueda de conocimiento y evidencias, de tal manera que evitemos las conclusiones anticipadas. El formular preguntas permite establecer relaciones —por ejemplo, de causa y efecto— en el fenómeno o hecho investigado, lo que permitirá identificar variables.

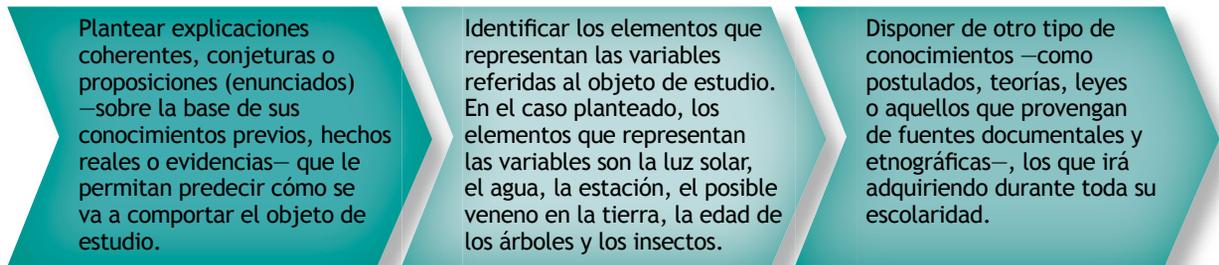
No olvidemos que la formulación de preguntas da lugar a que se planteen respuestas, es decir, a **formular hipótesis**.

En nuestro ejemplo de los tres árboles vimos que, frente a la pregunta “¿por qué están diferentes los tres árboles?”, la profesora sugirió a sus estudiantes elaborar una lista de las ideas que pudieran explicar qué estaba sucediendo, lo que dio lugar a las siguientes respuestas:

- ¡Tiene algo que ver con la luz solar!
- ¡Debe ser demasiada agua!
- ¡No, debe ser poca agua!
- ¡Los árboles se ven diferentes y antes se veían iguales...!
- ¡Es la estación. Algunos árboles pierden sus hojas antes que otros!
- ¡Seguro que hay veneno en la tierra!
- ¡Los árboles tienen edades diferentes!
- ¡Tal vez los insectos se están comiendo los árboles!
- ¡Un árbol es más viejo que los otros!

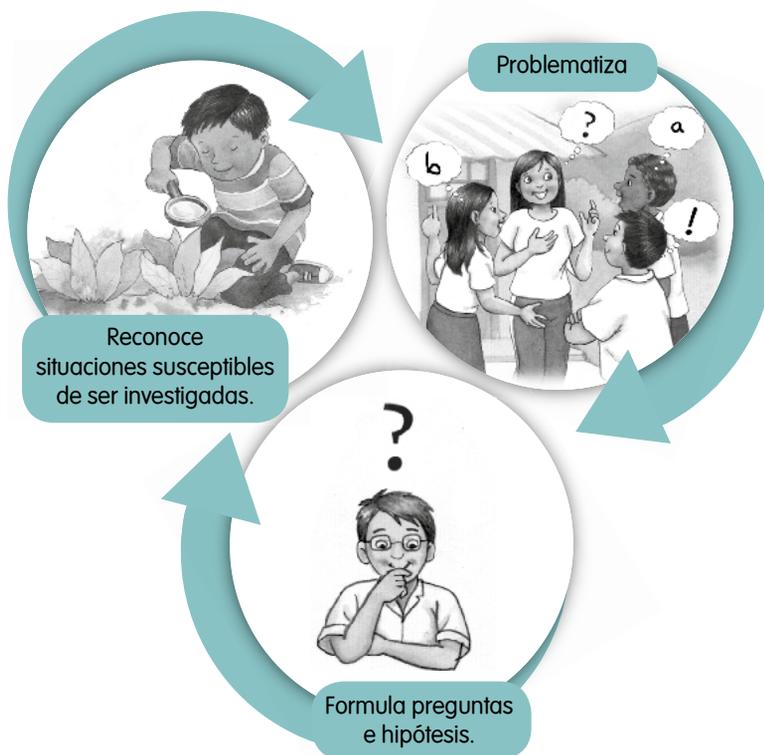
Como se refleja en el recuadro anterior, los estudiantes tienen facilidad para responder preguntas, y constantemente están buscando explicaciones a interrogantes que surgen en su vida cotidiana. Con el objetivo de promover esta habilidad, los docentes debemos generar estrategias de aprendizaje que fortalezcan sus capacidades para formular hipótesis.

Formular hipótesis será el camino que lleve a cada estudiante a:



Es necesario esclarecer que las predicciones son diferentes a las hipótesis, aunque también desempeñan un papel importante en el proceso de indagación. La diferencia reside en que las predicciones se pueden basar en una hipótesis o en una pauta detectada en las observaciones. Por ejemplo, la predicción “una taza será mejor que otra para conservar caliente el café porque es más gruesa” incluye la hipótesis de que las tazas gruesas conservan mejor el calor que las más delgadas. La predicción de que será mejor se deriva de la hipótesis, aunque se plantee antes (Harlen 1999: 77).

Una predicción sugiere un evento futuro, basado en observaciones e hipótesis.



### 3.1.2 Capacidad: Diseña estrategias para hacer una investigación

Luego de que nuestros estudiantes establecen sus hipótesis, deben verificarlas o comprobarlas. ¿Cómo lo harán? Diseñando, planificando y ejecutando una investigación para recolectar datos y evidencias sobre el fenómeno que van a estudiar.

Cuando hablamos aquí de **investigación** nos referimos a lo que sucede después de suscitarse una cuestión investigable; es decir, a la planificación y el desarrollo de una investigación, y no al descubrimiento de algo que investigar (Harlen 1999: 79).

Continuando con el ejemplo de los tres árboles, una vez que los estudiantes establecieron sus hipótesis, la docente les sugirió que se agruparan según la explicación que consideraban como posible respuesta. Unos se agruparon en torno a la idea de que eran los insectos; otros, en torno a la influencia del agua, etcétera.

Luego le pidió a cada grupo que planificara y ejecutara estrategias sencillas para ver si podían hallar evidencias y responder a la pregunta inicial. Mientras hacían sus planes, la docente los escuchaba atentamente y brindaba orientaciones.

Recordemos que la docente lleva a sus estudiantes a planificar actividades que les permitan demostrar las hipótesis planteadas. En el caso de los niños pequeños, la planificación y el desarrollo de una investigación se dan simultáneamente; solo planean el primer paso y, a partir del resultado de este, piensan en qué hacer a continuación. Solo podrán efectuar una planificación más amplia cuando tengan experiencia en esta labor.

Cuando el estudiante diseña estrategias para hacer investigaciones tiene en cuenta que hay algunas que se pueden efectuar de manera experimental y otras que no. En las primeras puede observar los efectos que producen los cambios en determinados cuerpos; por ejemplo, lo que ocurre si utiliza abono líquido de distinta concentración para las plantas. Cuando son investigaciones que no se pueden llevar a cabo en forma experimental —del tipo “¿Influyen en el tiempo meteorológico las fases de la Luna?” o “Los árboles cuyas hojas nacen al principio de la primavera, ¿son los primeros en perderlas en otoño?”, por ejemplo—, tendrá que diseñar la investigación de tal forma que pueda recoger la información de situaciones en las que se ofrezca de forma natural, en vez de producirla experimentalmente. (Harlen 1999: 80)

En la historia de los tres árboles, al momento de planificar, los estudiantes consideraron la experimentación y la efectuaron de acuerdo con las hipótesis planteadas. El grupo del agua, por ejemplo, decidió examinar la tierra de alrededor de los árboles cada hora, mientras les fuera posible, y para eso necesitaron diseñar un experimento.

Los niños, desde que nacen, experimentan constantemente a través de sus sentidos, buscando así conocer el mundo que los rodea. En un proceso similar, experimentar le permite al estudiante ejecutar un proceso, tarea u operación en la que puede controlar variables, contrastar las observaciones y las mediciones, manejar materiales o instrumentos, hacer predicciones, potenciar la relación entre lo observado y las ideas sobre lo investigado, para construir progresivamente un nuevo conocimiento.



El proceso de experimentación es un espacio propicio para fomentar el trabajo colaborativo y las actitudes científicas.

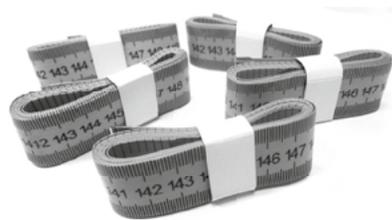
Como docentes, debemos promover investigaciones que incluyan el diseño de experimentos con elementos de fácil acceso, siempre cuidando la seguridad de nuestros estudiantes.

El diseño de un experimento depende de:

- el tipo de relación que se da entre las variables;
- la forma como se van a recoger datos;
- la selección de los instrumentos más adecuados;
- las fechas y los tiempos para el experimento;
- los controles que se aplicarán; y
- las demás medidas necesarias para llevar a cabo la investigación.

Durante el proceso de experimentación se requiere que docentes y estudiantes **manejemos técnicas e instrumentos** que permitan recoger los datos que servirán de evidencia para nuestra investigación escolar.

La elección de **técnicas e instrumentos** se hará de acuerdo con el diseño de la experimentación. El propósito es que nuestros estudiantes logren observar, medir, cortar, conectar, cambiar, activar y desactivar, verter, sostener, atar u otras acciones similares, a partir de instrumentos sencillos. Usarán, por ejemplo, reglas para medir la longitud, la altura y profundidad de los objetos y materiales; termómetros para medir la temperatura; relojes para medir el tiempo; balanzas para medir la masa del cuerpo; dinamómetros para medir el peso o la fuerza; lupas para observar objetos y organismos; microscopios para observar los detalles más finos de plantas, animales, rocas y otros materiales.



Las técnicas y los instrumentos nos permitirán **recolectar datos**. Estos datos deben quedar registrados en un cuaderno de experiencias, mediante dibujos, tablas o gráficos, información que posteriormente debe ser organizada, analizada y sintetizada. Este “cuaderno de experiencias” constituye una herramienta de comunicación con los compañeros y con el docente, además de ser un soporte para desarrollar y construir la reflexión.



“El cuaderno de experiencias constituye un soporte escrito (palabras, frases, dibujos, etc.) de los diferentes momentos de la actividad científica del estudiante. Este puede comprender dos partes:

- Una parte libre, espontánea, en un principio desordenada (progresivamente, tanto con la ayuda del profesor como por autocorrección, el alumno puede organizar sus notas, mejorar su ortografía y su expresión escrita).
- Una parte institucionalizada, fruto de un consenso investigado y obtenido con la ayuda del profesor, testigo de un saber compartido”.

Indágala (s. f.), Principio 5

En síntesis, la capacidad de **diseñar estrategias para investigar**:

¿Para qué sirve?

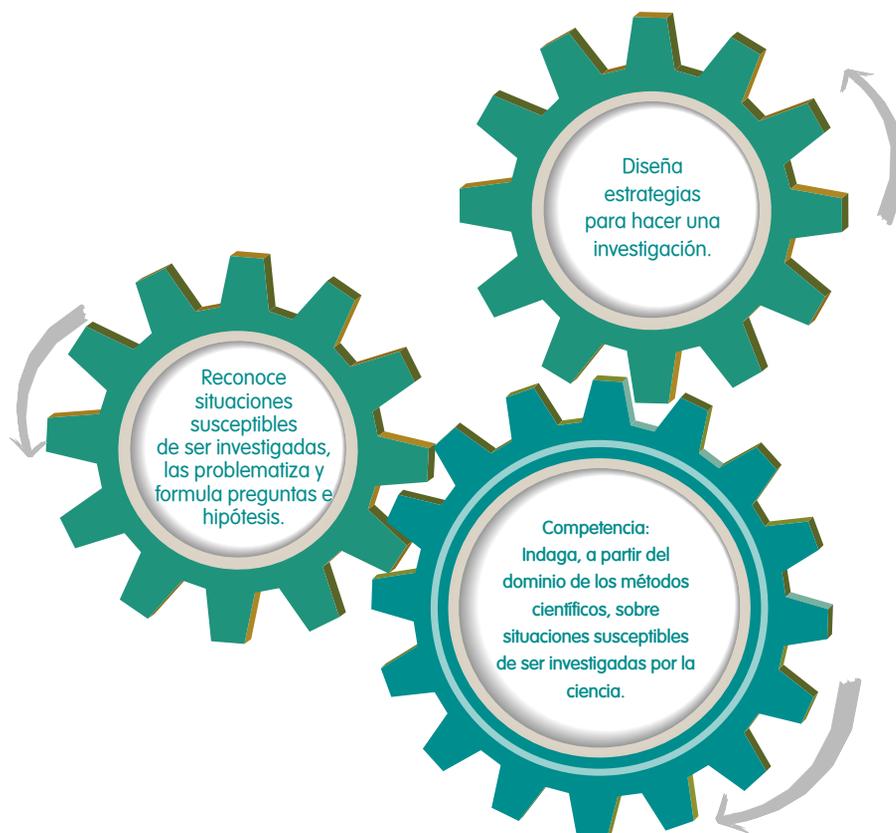
Permite a cada estudiante planificar y conducir sus investigaciones científicas escolares (indagación científica) generando estrategias para la experimentación, seleccionando los materiales y los instrumentos de medición, recolectando datos y controlando las variables involucradas en la investigación.

Como parte del proceso de aprendizaje, contribuye a preparar el desarrollo de la investigación: se piensa en todo lo que se necesita para abordar y dar soluciones al problema, se establecen las tareas individuales y grupales, así como los procedimientos. Este es el momento adecuado para que nuestros estudiantes aprendan a apropiarse de una metodología de trabajo y a desarrollarla.

¿Cómo se logra?

En la medida en que nuestros estudiantes experimenten e interactúen con su entorno, partiendo de situaciones reales que favorezcan los procesos de indagación. Así por ejemplo, en el ámbito escolar, durante los primeros grados la indagación científica se basa en gran medida en las observaciones, en el diseño y la realización de exploraciones y experimentos sencillos, relacionados con su entorno, para responder preguntas.

<p>¿Qué requiere?</p>	<p>No es suficiente decirles a nuestros estudiantes que pueden investigar sobre lo que quieren y que se organicen para la indagación. Como docentes, tenemos que crear las condiciones para que realicen su trabajo con éxito y, a la vez, guiarlos, orientarlos e impulsarlos a descubrir y probar experiencias que den respuesta a sus preguntas de investigación escolar.</p>
<p>¿Qué implica?</p>	<p>En los grados superiores, el estudiante va haciendo mediciones precisas. Identifica y controla las variables, interpreta datos, utiliza pruebas para generar explicaciones y propone alternativas. Guiado por su docente, debe elaborar un plan de trabajo, establecer compromisos y recurrir a fuentes que le permitan obtener información relevante.</p>
<p>¿Hasta dónde llega?</p>	<p>Aunque podamos considerar la planificación como un proceso teórico, diferente a su ejecución, en la práctica no tiene por qué efectuarse separada de la investigación. Debemos considerar que, para los niños, la planificación y la realización de la investigación están mezcladas: planean el primer paso y, a partir del resultado de este, piensan en qué hacer a continuación. Realizar planificaciones más amplias es progresivo con la maduración y experiencia del estudiante.</p>



En el gráfico se observa que la competencia de indagación moviliza simultáneamente las capacidades, a la manera de un engranaje que pone en movimiento un mecanismo complejo.

### 3.1.3 Capacidad: Procesa información fiable y relevante de distintas fuentes y mediante distintos procedimientos

Retomando el ejemplo de los tres árboles: durante las tres semanas siguientes, reservaban periodos de la clase de Ciencia para que cada grupo llevara a cabo su investigación. Los grupos recopilaban información de múltiples fuentes sobre las características de los árboles, sus ciclos vitales y su entorno.

Los datos obtenidos en la experimentación y registrados por los estudiantes se procesan posteriormente. En el ejemplo de los tres árboles, esto sucede cuando cuantificaron la cantidad de agua, establecieron relaciones al sembrar otras plantas en la misma tierra de los tres árboles, debatieron y recopilaron información de varias fuentes para buscar explicaciones.

Esta capacidad implica que los estudiantes posean criterios y procedimientos adecuados para:



- Buscar y seleccionar fuentes de información fiables y relevantes para su investigación.
- Recoger datos y saber procesarlos para obtener información valiosa.

Para ello, como docentes, debemos disponer de estrategias orientadas al procesamiento de la información fiable y relevante obtenida de distintas fuentes y mediante diversos procedimientos.

El procesamiento de la información de distintas fuentes permite la integración de otros aprendizajes, con diversos procedimientos y destrezas. Este proceso exige no solo aprender significativamente los conceptos implicados sino, además, el ser capaces de escoger entre los distintos procedimientos por seguir, para evitar, por ejemplo, pérdidas de tiempo o tener que iniciar una nueva investigación.

Nuestros estudiantes deben reconocer que necesitan información válida para responder las preguntas basadas en argumentos, resolver los problemas, formular las hipótesis o explicar los fenómenos. Deben saber, asimismo, que es indispensable distinguir la información relevante y procesarla.

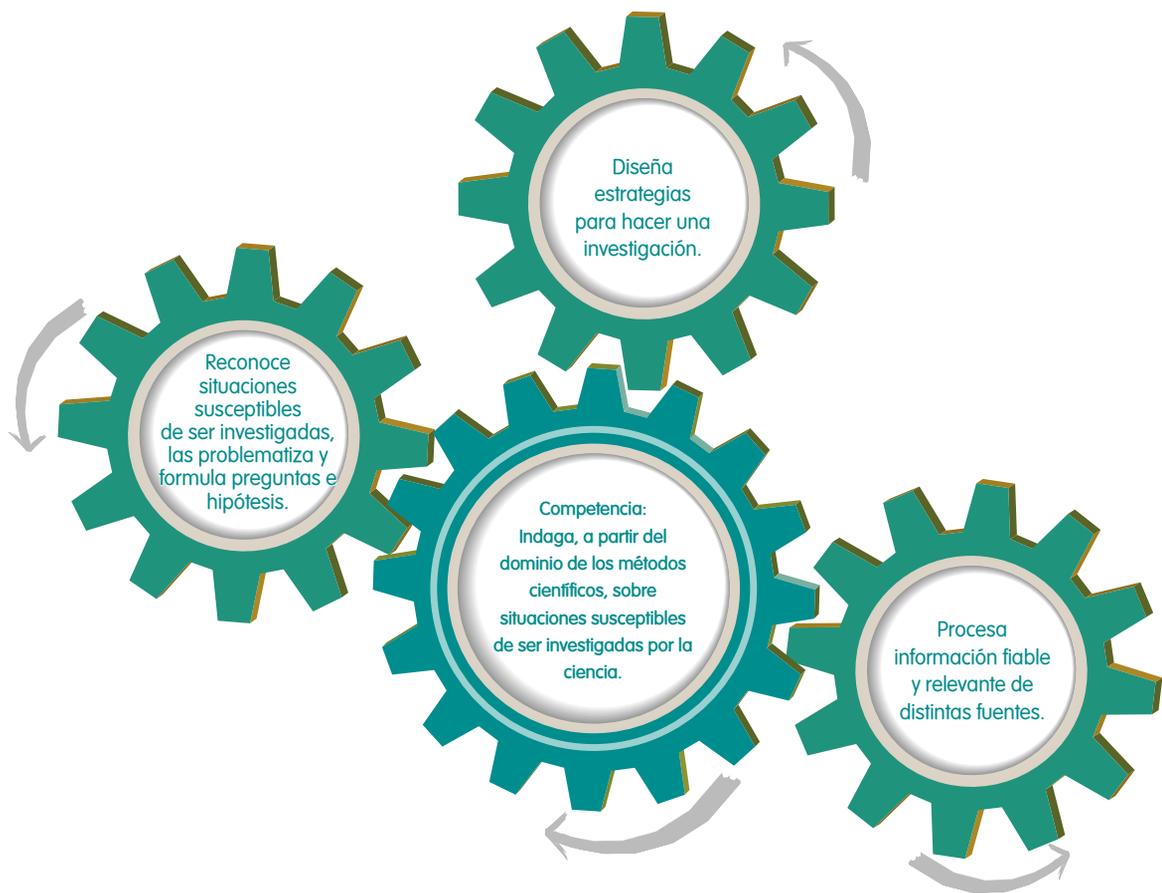
Saber **procesar información** implica que los estudiantes presten atención a los sucesos del medio, codifiquen la información que deben aprender y la relacionen con los conocimientos que ya tienen; que almacenen la nueva información en su memoria y que la recuperen cuando la necesiten. Para ello, tendrán que elaborar o transformar los datos obtenidos de las fuentes de información, que se encuentran dispersos, desordenados y aislados, y generar datos agrupados y ordenados.



El procesamiento de la información comprende procesos cognitivos como la sensación, la percepción, la memoria, el pensamiento, la atención y la activación, además de operaciones básicas tales como codificar, comparar, localizar y almacenar, que pueden dar cuenta de la inteligencia humana y de la capacidad para crear conocimiento, innovaciones y, tal vez, expectativas.

Según González y Díaz (2005), durante el procesamiento de la información podemos aplicar las siguientes estrategias:

Estrategias atencionales	Dirigidas al control de la atención de la persona y a que esta se centre en la tarea; por ejemplo, preguntas insertadas, uso de pistas o claves y uso de ilustraciones.
Estrategias de codificación, elaboración y organización de la información	Controlan los procesos de reestructuración y personalización de la información, para integrarla mejor en la estructura cognitiva, a través de tácticas como el subrayado, el epigrafiado, el resumen, el esquema, los mapas conceptuales y los cuadros sinópticos, entre otras.
Estrategias de repetición y almacenamiento	Controlan los procesos de retención y memoria a corto y largo plazo, mediante tácticas como la copia, la repetición, los recursos nemotécnicos y el establecimiento de conexiones significativas, entre otras.
Estrategias de personalización y creatividad	Incluyen el pensamiento crítico, la reelaboración de la información, las propuestas personales creativas, entre otras.
Estrategias de recuperación de la información	Controlan los procesos de recuerdo y recuperación, a través de tácticas como los ejercicios de recuerdo y de recuperación de la información siguiendo la ruta de conceptos relacionados, entre otras.
Estrategias de comunicación y uso de la información adquirida	Permiten utilizar eficazmente la información adquirida, para tareas académicas y de la vida cotidiana, mediante tácticas como la elaboración de informes, la síntesis de lo aprendido, la simulación de exámenes, las autopreguntas y los ejercicios de aplicación y transferencia, entre otras.



### 3.1.4 Capacidad: Formula conclusiones, las argumenta sobre la base de evidencias y las comunica

Retomando la historia de los tres árboles, encontramos que, a medida que los grupos presentaban sus informes, la clase se dio cuenta de que algunas observaciones e informaciones, como la referida a la edad de los árboles, no le daban una explicación adecuada a la pregunta planteada. Los resultados de otras investigaciones, tales como la idea de que los árboles pudieran tener una enfermedad, respaldaban en parte las observaciones. Pero la explicación que les pareció más razonable a los estudiantes, la que se ajustaba a todas las observaciones y se ceñía a lo aprendido de otras fuentes, era la de exceso de agua.



Argumentar consiste en ser capaz de evaluar los enunciados basándose en pruebas; es decir, reconocer que las conclusiones y los enunciados científicos deben estar justificados.

Una vez que “el grupo del agua” recogió una serie de datos—como resultado de sus múltiples observaciones, de la experimentación, las entrevistas, el folleto proporcionado por la docente, los textos escolares y los datos de los otros equipos—, tuvo que procesarlos y analizarlos para formular sus conclusiones.

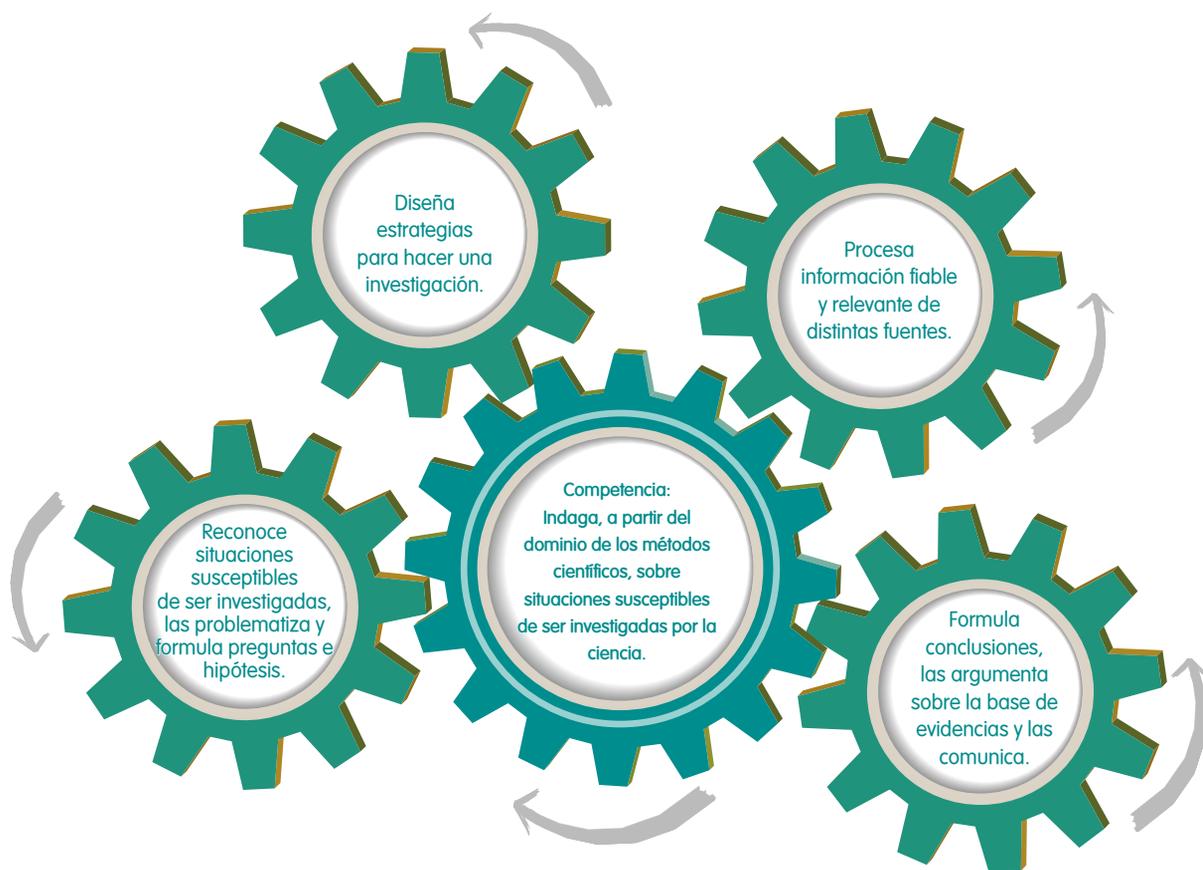
Esta capacidad implica, entonces, que el estudiante formule conclusiones coherentes, basadas en evidencias, que le permiten construir un nuevo conocimiento. Este nuevo conocimiento, que es comunicado por los estudiantes, se da inicialmente con un lenguaje sencillo, que se aproximará gradualmente al uso de un lenguaje propio de la ciencia. Esto lo pueden hacer de manera escrita, mediante informes, gráficos, diagramas u otras formas de representación; y de manera verbal, por ejemplo en diálogos o debates.

En resumen, nuestros estudiantes deben ser capaces de argumentar sus conclusiones de una manera lógica y clara.

Según Pedrinaci (2008), la estructura de la argumentación es:

1. Ideas de partida	Afirmación sobre la que se organiza la argumentación.
2. Datos	Cifras, hechos, observaciones o evidencias que apoyan una afirmación.
3. Justificaciones	Frases que explican la relación entre los datos y la idea de partida. Pueden incluir conocimientos teóricos en los que se basa la justificación (fundamentos).
4. Conclusión	Idea final que se deduce de la argumentación. Puede no coincidir con la idea de partida, pero tiene que derivarse del cuerpo de la argumentación.

Jiménez (2010) define "Argumentar" como "evaluar el conocimiento a partir de las pruebas disponibles". Considera, por lo tanto, que para hablar de argumentación es necesario que haya conocimiento y que se aporten pruebas (datos, observaciones, experiencias, razones), con la intención de confirmarlo o refutarlo.



Finalmente, con esta competencia los estudiantes movilizarán las capacidades propias de la indagación en forma conjunta, tal como se ve en el gráfico.

### **3.2 Competencia: Utiliza conocimientos científicos que le permitan explicar hechos y fenómenos naturales y tomar decisiones informadas o plantear alternativas de solución**

Esta competencia desarrolla en los estudiantes capacidades que hacen posible la aplicación de los conocimientos científicos para comprender su entorno, encontrar explicaciones acerca de hechos y fenómenos de la realidad, y tomar decisiones o plantear alternativas que contribuyan a la solución de problemas de su interés personal y social, como la desnutrición, el uso indebido de drogas, el cambio climático y otros. Sin embargo, este quehacer se complementa con los aportes de otras ciencias.

Para la utilización del conocimiento científico construido por los estudiantes es necesario tener en consideración sus conocimientos acerca del mundo, de los saberes locales y de los pueblos originarios. Así se aproximan al conocimiento científico que los llevará a la utilización de conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, y a desarrollar actitudes para convivir en armonía con la naturaleza y con los demás seres de su entorno.

Si bien es cierto que la ciencia abarca campos sociales y naturales, esta competencia busca que nuestros estudiantes adquieran, comprendan y utilicen conocimiento científico proveniente de las disciplinas de las ciencias naturales, como son la biología, la química y la física.

El propósito de esta competencia es lograr una alfabetización científica que los haga capaces de transferir o aplicar los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones y contextos reales de aprendizaje. En este sentido, es importante que nuestros estudiantes dispongan de conocimientos básicos que parten de las siguientes grandes ideas de la ciencia (Ipeba 2013: 4), determinadas en el marco de la elaboración de estándares de aprendizaje:

- Los organismos y las células sobreviven, se reproducen e interaccionan en base al funcionamiento de una serie de estructuras que intercambian materia y energía e información y que se organizan jerárquicamente según patrones estructurales comunes que garantizan su función.
- Las estructuras de los organismos se desarrollan según su información genética. Esta información es hereditaria y dirige, a través de las generaciones, la aparición y modificación progresiva de estructuras y funciones mediante la diversidad y selección.
- La materia se compone de ensamblados que son partícula y onda a la vez; sus propiedades macroscópicas son determinadas por la naturaleza, estructura e interacciones de estas partículas, las cuales se transforman mediante reacciones que absorben o liberan energía.
- Existen diferentes manifestaciones de la energía en el universo que se interconvierten disipando calor, sin alterar la energía total en cada conversión. La energía es de naturaleza dual, afecta a la materia por contacto o a distancia vía ondas o campos de fuerza, dando lugar al movimiento o a cambios en sus propiedades.
- La diversidad de organismos se relaciona con el entorno a través de flujos de materia - energía y estrategias de supervivencia especializadas dando lugar a ecosistemas, cuya estabilidad depende de su propia diversidad. Todos los organismos tienen parentesco evolutivo e influyen en los ecosistemas, el caso humano es particular porque a través de su desarrollo tecnológico transforma la naturaleza.
- La Tierra forma parte del universo y sus características geológicas, climáticas, biológicas actuales son productos de una historia dinámica que continúa.

Estas grandes ideas responden a los siguientes criterios:

- Son relevantes y útiles para la vida de nuestros estudiantes.
- Representan conceptos científicos importantes y, por lo tanto, su utilidad es duradera.
- Su aplicación es universal, es decir, se pueden aplicar en cualquier contexto.
- Se adecúan al nivel de desarrollo de los estudiantes de Educación Básica Regular.

Ahora observemos cómo se logra esta competencia mediante el desarrollo de las capacidades que detallamos a continuación.

### 3.2.1 Capacidad: Explica fenómenos de la realidad utilizando conceptos, leyes, principios, teorías, modelos científicos

En la ciencia, las explicaciones —que están en constante revisión— se construyen a partir de conceptos, leyes, principios, teorías y modelos científicos propuestos y aceptados por la comunidad científica.

En la escuela, nuestros estudiantes traen explicaciones que parten de su conocimiento intuitivo del entorno, basadas en la experiencia cotidiana, que van evolucionando hacia niveles cada vez más cercanos a las explicaciones científicas. La capacidad de explicar fomenta el desarrollo de una actitud crítica y analítica que permite establecer la validez o coherencia de una afirmación o un argumento.



**Explicar** es tener la capacidad de construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos. Además, comprende la construcción de razones del porqué de un fenómeno, sus causas y sus relaciones con otros fenómenos.



La explicación de fenómenos de la realidad no solo se construye a partir de la indagación, sino también como consecuencia del procesamiento de información, al definir, clasificar, reformular, ejemplificar, establecer analogías, etcétera.

Es posible que las explicaciones de nuestros estudiantes sobre un fenómeno partan de representaciones conceptuales con diferentes grados de complejidad. Los niños pequeños, por ejemplo, pueden describir que las plantas necesitan agua para vivir; a medida que van creciendo, pueden identificar características mucho más complejas, como el hecho de que esas plantas requieren agua para absorber las sales minerales del suelo, y al final de la Educación Básica pueden llegar a explicar la nutrición de las plantas y sus procesos más complejos.

Para lograr esta capacidad es importante la comprensión, que requiere poner en marcha procesos cognitivos más complejos que la simple repetición. Esto no significa que sea innecesario enseñar datos, sino que su aprendizaje debe tener carácter funcional, es decir, debe ayudar a conseguir aprendizajes más significativos. Dicho de otro modo, la enseñanza de datos o contenidos factuales debe subordinarse a la comprensión y aplicación de los conocimientos.

Las explicaciones son consecuencia de un largo proceso que parte de la formulación de preguntas o problemas, se ensayan explicaciones preliminares sobre un fenómeno determinado, se recogen datos, se identifican pautas y se escoge la explicación mejor sustentada en las pruebas. Entonces, desarrollar la capacidad de explicar ayuda a que nuestros estudiantes tengan una visión más apropiada de la construcción del conocimiento científico, como la interacción entre observaciones y teorías, la misma que es guiada por las interrogantes que movilizaron todo el proceso.

Veamos cómo, a partir de una situación, el docente Wilfredo desarrolla esta capacidad con sus estudiantes de secundaria.

**Profesor Wilfredo** : ¡Les he traído una noticia! (Les muestra la primera plana de un diario con el siguiente titular: "Incendio forestal en el Parque Nacional del Manu").

**Rosa** : Profesor... ¿por qué se incendió el parque?

**Profesor Wilfredo** : Es muy interesante tu pregunta. Se están haciendo las investigaciones, pero qué les parece si nos organizamos en grupos para averiguar las posibles causas que originan un incendio forestal.

(Los estudiantes, organizados en grupos, buscan información relacionada con la pregunta sobre las posibles causas de un incendio forestal).

**Profesor Wilfredo** : ¿Cómo vamos?

**Grupo 1** : ¡Hemos encontrado que algunos incendios forestales pueden ser provocados por las personas!

**Grupo 2** : ¡Nuestro grupo también!

**Grupo 3** : ¡Nosotros hemos encontrado que la alta temperatura provocada por el calor solar seca las plantas!

**Profesor Wilfredo** : ¡Qué importante lo que están diciendo! Ahora, para entender mejor las causas que ustedes han encontrado, es necesario fundamentarlas sobre algunas bases científicas.

(Los estudiantes buscan información científica relacionada con las causas encontradas).

**Profesor Wilfredo** : Ya que todos han terminado, vamos a organizar la información recogida.

(Los estudiantes organizan la información recogida para dar a conocer los resultados de su búsqueda).

**Profesor Wilfredo** : Bien, ahora cada grupo presentará su información a toda la clase. ¿Quién lo quiere hacer primero?

**Grupo 3** : ¡Nosotros, profe! El calor solar provoca deshidratación en las plantas. Esto permite la liberación del etileno a la atmósfera. El etileno es un compuesto químico que tienen las plantas y que es altamente combustible, por eso el riesgo de incendio se multiplica.

Los estudiantes han llegado a explicar, sobre la base de un conocimiento científico, una de las posibles causas del origen de un incendio forestal. Recordemos que este proceso es gradual y que varía en complejidad desde el nivel inicial hasta el término de la Educación Básica.

### 3.2.2 Capacidad: Toma decisiones o plantea alternativas de solución con argumentos científicos para cuidar la salud y el ambiente y sobre otros aspectos de la vida



Cuanto más alternativas de solución proponga el estudiante, mayores serán sus conocimientos y más posibilidades tendrá de elegir la mejor opción.

Esta capacidad permite a nuestros estudiantes tomar decisiones; es decir, elegir entre varias opciones, con la finalidad de hacer frente a situaciones de la vida cotidiana, en diferentes contextos y a nivel personal, familiar, social u otros. En otras palabras, podrán escoger una opción, entre las disponibles, para solucionar un problema actual o potencial, aun cuando no se evidencie un conflicto latente.

La interacción entre el pensamiento y la acción también se activa con esta capacidad, pues se ejercita el razonamiento al reconocer y definir un problema a partir de datos, al seleccionar la información relevante, y al contrastar las alternativas y los resultados. Entre los procesos cognitivos movilizados por esta capacidad encontramos la observación, el análisis, la comparación, la codificación, la organización, la clasificación, la resolución y la evaluación.

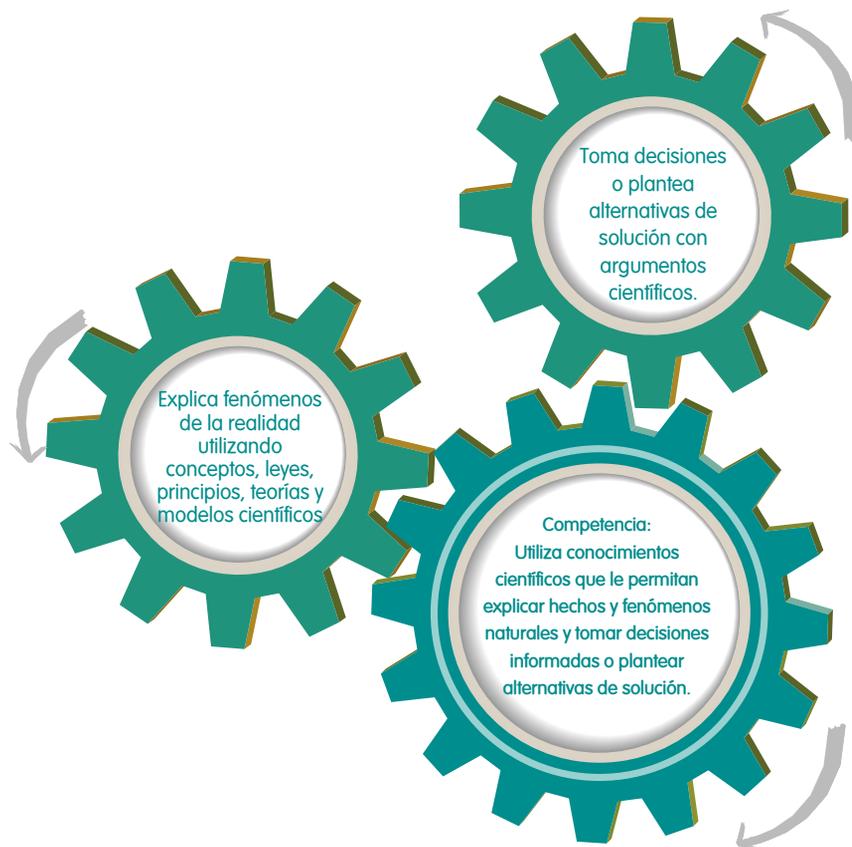
El ejercicio de esta capacidad tiene como materia prima la información científica; sin ella, no resulta posible evaluar las opciones existentes ni desarrollar opciones nuevas. Consecuentemente, para tomar decisiones o plantear alternativas se deben tener argumentos científicos que respalden u objeten las propuestas, por lo que es importante que a nuestros estudiantes les brindemos la oportunidad de ejercitarse en el uso de los procesos cognitivos involucrados y de enfrentarse a situaciones de aprendizaje que demanden la toma de decisiones o el planteamiento de alternativas como actividades características propias del quehacer científico.

En el aula, nuestra labor puede y debe proporcionar múltiples oportunidades para valorar el desarrollo personal y colectivo. Esto nos lleva a generar condiciones para el aprendizaje, como, por ejemplo propiciar un clima de aula basado en el respeto; asimismo, estrategias de enseñanza que eviten el protagonismo y la dirección del docente, y que, por el contrario, alienten el debate abierto, la crítica, la toma de decisiones en común y la autonomía personal.

“En la toma de decisiones intervienen factores que involucran la razón, la emoción, la incertidumbre y el riesgo, la creatividad y el conocimiento”.  
John Ivancevich et al.,  
1996

En el caso de los tres árboles, los estudiantes, al encontrar la causa que originó el problema, decidieron sugerirle al señor José, encargado de regar las plantas, que evite regarlas tan a menudo. Esa fue su alternativa, sustentada en la siguiente información: “Las plantas pueden ahogarse debido al exceso de agua, y pensamos que esta podría ser la razón para que los árboles se vean diferentes”. De esta manera contribuyeron a solucionar el problema que habían observado.

La decisión es una elección consciente entre diversas alternativas analizadas, a la que sucede una acción para poner en práctica la alternativa elegida.



### 3.3 Competencia: Diseña y produce objetos o sistemas tecnológicos que resuelvan problemas de su entorno

El desarrollo tecnológico es hoy la base de la comprensión científica del mundo natural; por eso, el conocimiento científico y el conocimiento tecnológico se encuentran en una relación de acoplamiento. Veamos estos dos ejemplos:



“El científico explora lo que existe y el tecnólogo crea lo que nunca ha existido”.  
Theodore von Kármán

- El diseño de un medicamento para luchar contra una enfermedad se puede generar gracias al conocimiento de la estructura y la interacción de las proteínas y otras moléculas biológicas.
- Los modelos climáticos que usan los meteorólogos para estudiar el calentamiento global requieren computadoras con tecnología avanzada para ejecutar las simulaciones.

Al reconocer que la tecnología es parte importante de diversos ámbitos de nuestra vida, se hace indispensable que formemos a nuestros estudiantes como seres capaces no solo de utilizarla, sino también de producirla. Precisamente, esta competencia les permitirá diseñar y producir objetos o sistemas tecnológicos que ayuden a solucionar, de forma práctica, asuntos relacionados con sus necesidades y demandas.

Los objetos tecnológicos son instrumentos que necesitan de la fuerza del ser humano para funcionar —un martillo, una llave, un cuchillo, etcétera—. Los sistemas tecnológicos están formados por un conjunto de objetos tecnológicos que, al interactuar entre sí, cumplen una función específica —un reloj, por ejemplo, es un sistema que necesita de objetos como tuercas, manecillas, etcétera—.

En el problema detectado con el riego de los árboles, por ejemplo, es posible ir más allá de la solución que encontraron los estudiantes (sugerirle al jardinero que mejore la forma de regarlos). Esto equivale a proponerles un nuevo desafío: pedirles que encuentren por sí mismos una nueva forma de mejorar el sistema de riego utilizado por el jardinero, que permita revertir la situación.

Para ello, los estudiantes llevarán a cabo procesos de investigación y evaluación de insumos; ejecutarán los procedimientos que demande el manejo de instrumentos; y usarán técnicas y conocimientos acerca de la ciencia, para conseguir objetos o sistemas tecnológicos de mejor calidad.

Podemos decir que un estudiante es competente tecnológicamente cuando:

- Selecciona información pertinente para diseñar objetos o sistemas tecnológicos que solucionan un problema tecnológico.
- Genera diseños de objetos o sistemas tecnológicos innovadores para enfrentar desafíos.
- Construye objetos o sistemas tecnológicos utilizando creatividad, destrezas y técnicas.
- Evalúa los diseños, objetos y sistemas tecnológicos basándose en criterios de eficiencia y pertinencia.



*Al convertir los materiales en elementos nuevos, o al modificarlos, podemos controlar y transformar nuestro entorno físico.*

Esto implica que el estudiante tecnológicamente competente será capaz de diseñar y producir objetos o sistemas tecnológicos cada vez más complejos y que satisfagan sus necesidades, lo que requiere el aprovechamiento racional de los recursos disponibles generando el mínimo de desechos.

Algunas acciones indispensables que debes tener presente en tu labor pedagógica:

- Fomentar una actitud crítica y reflexiva acerca de los problemas que se presentan en el mundo de la tecnología.
- Crear oportunidades para analizar los objetos o sistemas tecnológicos y así comprender su funcionamiento; es decir, familiarizarse con los avances tecnológicos.
- Promover una postura frente a los efectos, positivos y negativos, que la tecnología produce en la sociedad y en el ambiente.
- Incentivar la curiosidad hacia el mundo tecnológico.

- Fomentar el uso de un vocabulario adecuado a la tecnología para expresar ideas y posturas frente a la ejecución de proyectos tecnológicos.
- Orientar la búsqueda de información necesaria para planificar y ejecutar proyectos tecnológicos.

La tecnología está constantemente en una dinámica de interacción que influye y afecta la cultura, la ética, el ambiente, la política y las condiciones económicas.

A continuación te presentamos una acción concreta, que permite visualizar el desarrollo de las capacidades propuestas para esta competencia.

**Profesora Rocío** : ¿Recuerdan el problema del riego de los árboles?

**Todos** : ¡Sí, profesora!

**Profesora Rocío** : En esta caja les he traído algunos materiales. Miren: hay mangueras de diferentes diámetros, botellas de plástico vacías, un reloj, cinta aislante, pilas, tijeras y punzones. La idea es construir un objeto que nos ayude a mejorar el riego de los árboles. ¿Qué creen ustedes que podemos hacer?

**Miki** : ¡Ponerle una alarma a la manguera, que nos avise cuánto tiempo se ha regado!

**Rosa** : ¡Podemos alargar la manguera para que el agua no salga tan rápido!

**Lili** : ¡Podemos hacer una manguera que controle la cantidad de agua que sale y que se abra y cierre cada cierto tiempo!

**Profesora Rocío** : ¿Cómo creen que lo pueden hacer? ¿Les parece si nos juntamos en grupos para ver la forma de hacerlo?

(Los estudiantes se organizan por grupos para diseñar, construir o modificar el objeto que les ayudará a cumplir el desafío. Se informan acerca de sistemas de riego y su funcionamiento, de los materiales y las herramientas propuestas).

**Profesora Rocío** : Ya hemos averiguado acerca de algunos sistemas de riego. Ahora, para poder construir nuestro objeto de riego, debemos diseñarlo.

(Cada grupo dibuja su diseño del objeto de riego. La docente pasa de grupo en grupo para dialogar sobre los diseños. Les plantea preguntas que los hacen reflexionar sobre la estructura y el funcionamiento. Una vez que cada grupo ha culminado su diseño, los invita a pasar a la fase de construcción).

**Profesora Rocío** : Ahora vamos a probar si sus objetos de riego funcionan.

**Todos** : ¡Sí, vamos a probarlos!

(Cada grupo pone en funcionamiento su objeto. Algunos ven que trabajan según lo diseñado y otros se dan cuenta de que tienen que reajustar sus propuestas para mejorarlas).

**Miki** : ¡Profesora, ahora sí nuestros árboles crecerán fuertes y sanos!

**Rosa** : Sí, profesora. ¡Al fin podré jugar debajo de la sombra de los árboles!

**Lili** : ¡Hemos podido solucionar nuestro gran problema!

Podemos observar, en el ejemplo, que los estudiantes pusieron en práctica un conjunto de capacidades al enfrentarse a la necesidad de construir un sistema de riego que resuelva el problema de los árboles. Estas capacidades se movilizan de manera conjunta, no necesariamente en un orden estricto o rígido.



### 3.3.1 Capacidad: Selecciona información pertinente para diseñar objetos o sistemas tecnológicos que permitan dar solución a un problema tecnológico



Toda solución de un problema tecnológico está orientada a satisfacer una necesidad plenamente identificada.

Esta capacidad implica que nuestros estudiantes busquen y seleccionen información útil para diseñar objetos o sistemas tecnológicos relacionados con la necesidad o demanda por satisfacer que identificaron previamente. Si retomamos nuestro ejemplo, esto se visualiza cuando, para diseñar el objeto, los estudiantes buscaron y seleccionaron información sobre sistemas de riego, su funcionamiento, y los materiales y las herramientas necesarios para su construcción.

Podemos observar que nuestros estudiantes han logrado desarrollar esta capacidad cuando:

- Formulan y analizan las necesidades. Esta formulación debe ser clara: explicitando los aspectos tecnológicos del problema, precisando los objetivos por alcanzar, analizando el problema y las soluciones existentes.
- Determinan cuál es el problema y definen la tarea.
- Identifican la información requerida para completar la tarea.
- Buscan las fuentes de información disponibles como: revistas, libros, catálogos, etcétera.
- Examinan, seleccionan y desechan recursos.
- Registran y extraen información relevante.
- Resumen la información y la organizan.
- Usan la información.

Para el desarrollo de esta capacidad, nuestros estudiantes deben disponer de fuentes de información variadas y de actualidad.



Las leyes científicas pueden permanecer inmutables en el tiempo. Los productos tecnológicos se van perfeccionando con el tiempo.

La capacidad de seleccionar información pertinente es una valiosa herramienta para que nuestros estudiantes construyan su conocimiento tecnológico, pues esta los conducirá hacia la mejor ruta al momento de diseñar su solución al problema tecnológico que enfrentan.



“Gilbert (1995) ha señalado algunas diferencias entre los conocimientos científicos y tecnológicos atendiendo a diversas características de cada uno: finalidad (explicación vs. fabricación), interés (lo natural vs. lo artificial), método (analítico vs. sintético), procedimiento (simplificación del fenómeno vs. complejidad del artefacto) y resultado (conocimiento generalizable vs. objeto particular y concreto). Estos rasgos podrían parecer útiles para resaltar diferencias entre la ciencia y la tecnología; sin embargo, en la actualidad ambas no son totalmente independientes, con objetivos, métodos y productos tan distintos [...], por lo que hacer demasiado hincapié en las diferencias también podría contribuir a que la educación científica ignore la tecnología (Maiztegui *et al.* 2002)”.

Acevedo *et al.*, 2003: 364

### 3.3.2 Capacidad: Genera diseños de objetos o sistemas tecnológicos innovadores para enfrentar desafíos

Retomando el ejemplo: una vez que los estudiantes han reunido la información necesaria proceden a bosquejar su posible objeto o sistema de riego que permitirá cuidar mejor los árboles.

El diseñar objetos o sistemas tecnológicos es parte importante del proceso de transformar ideas en realidades. Al crear nuevos o mejores objetos o sistemas, los estudiantes ponen de manifiesto la innovación.

Debemos tener en cuenta que “el diseño es una actividad cognitiva y práctica de carácter proyectivo” (Rodríguez 1998: 137) que involucra la planificación, la organización de la producción y, por supuesto, la innovación.



“innovación. [...] Creación o modificación de un producto”.  
Diccionario de la Real Academia Española

Diseñar un objeto o un sistema tecnológico implica que, a partir de la información seleccionada, nuestros estudiantes realicen un proceso de identificación de ideas sobre lo que pretenden hacer, decidan qué materiales emplear e identifiquen las acciones que debe realizar el objeto y los esfuerzos que este tendrá que soportar. Asimismo, implica que tracen un boceto en el que aparezcan el objeto o sistema y sus piezas, con indicaciones sobre la función de cada una de ellas. Involucra, finalmente, la planificación de un calendario de adquisición de los materiales y utensilios necesarios para construir el objeto, y de ejecución.



En definitiva, se trata de identificar los factores técnicos (materiales, herramientas), económicos (presupuesto) y organizativos (tiempo, mano de obra, espacios necesarios), y de estimar cómo van a disponer de ellos.

Sabemos que la **innovación** está asociada estrechamente a la tecnología, en una relación de sinergia, y que requiere personas creativas. Por eso, para el logro de esta competencia es muy importante que, como docentes:



• Generemos condiciones óptimas y favorables, en diversas situaciones.



• Creemos un ambiente que impulse a nuestros estudiantes a comunicar y expresar nuevas ideas en forma distinta, y a sentir seguridad y aceptación cuando las expresen.



• Valoremos la variedad, y las diferencias de expresión y de opinión, por encima de la uniformidad y la repetición. Esto estimulará la creatividad de nuestros estudiantes.



• Motivemos la curiosidad y la fantasía.



• Construyamos confianza en nosotros mismos y en cada estudiante.

### 3.3.3 Capacidad: Construye objetos o sistemas tecnológicos utilizando creatividad, destrezas y técnicas

El desarrollo de esta capacidad implica que nuestros estudiantes pongan en práctica sus habilidades para construir los objetos o sistemas tecnológicos que planificaron y diseñaron en relación con la necesidad o demanda existente. Requiere que manejen destrezas y apliquen técnicas para la construcción de los objetos y sistemas tecnológicos, teniendo en cuenta las normas de seguridad.



“Sabemos que todos tienen la capacidad de crear y que el deseo de crear es universal; todas las criaturas son originales en sus formas de percepción, en sus experiencias de vida y en sus fantasías. La variación de la capacidad creadora dependerá de las oportunidades que tengan para expresarla”.

Novaes 1973, citado en Soto, 2008: 19



En este proceso, nuestros estudiantes deben demostrar **creatividad**. Esta se origina cuando hay una motivación o una necesidad, e involucra curiosidad, originalidad, fluidez, flexibilidad, imaginación y fantasía. Desde esta perspectiva, hoy estamos convencidos de que la creatividad es un atributo que poseen todas las personas: todos nacemos con potencial para la actividad creadora.



La **creatividad** se puede describir como la aplicación de la imaginación y del pensamiento crítico a lo largo de los procesos de diseño y desarrollo.

Además de la creatividad, nuestros estudiantes deben desarrollar **destrezas** para conocer las características de los materiales y las herramientas, seleccionar los más adecuados para su tarea, y luego utilizarlos de forma segura y precisa. El desarrollo de las destrezas permitirá, por ejemplo, realizar mediciones, con precisión suficiente, de las magnitudes básicas (longitud, fuerza, tiempo, temperatura, tensión) y el cálculo de las magnitudes derivadas (superficie, volumen, velocidad, potencia y resistencia).

Asimismo, nuestros estudiantes deberán emplear diversas **técnicas** para construir objetos o sistemas tecnológicos. Esto se refiere a la manera o modo particular de hacer las cosas y a los procedimientos necesarios para llevar a cabo un proceso de producción.



Una **técnica** es un procedimiento que tiene como objetivo la obtención de un resultado determinado.

En el ejemplo anterior, los estudiantes manipularon ciertas herramientas y materiales para lograr la construcción del objeto de riego. Es decir, pusieron en práctica ciertas técnicas que les permitieron lograr el **saber hacer**.

### 3.3.4 Capacidad: Evalúa los diseños, objetos y sistemas tecnológicos con base en criterios de eficiencia y pertinencia

En este **hacer** es necesario que nuestros estudiantes pongan a prueba sus diseños, objetos, sistemas y procesos, de forma individual o en equipo, aplicando criterios como pertinencia, eficacia y eficiencia, y considerando aspectos técnicos, ambientales y de seguridad.



La tecnología se evidencia en productos tecnológicos que deben responder a demandas o necesidades de la sociedad. A diferencia de la ciencia, que busca el conocimiento, la tecnología crea objetos o sistemas como productos tangibles.

Cuando hablamos de pertinencia nos estamos refiriendo a la observación de la coherencia entre el objetivo de los diseños, objetos y sistemas, y las necesidades identificadas en un contexto específico; con eficacia, al grado en el que se han cumplido los objetivos; y con eficiencia, al menor costo posible de la producción de los bienes o servicios.

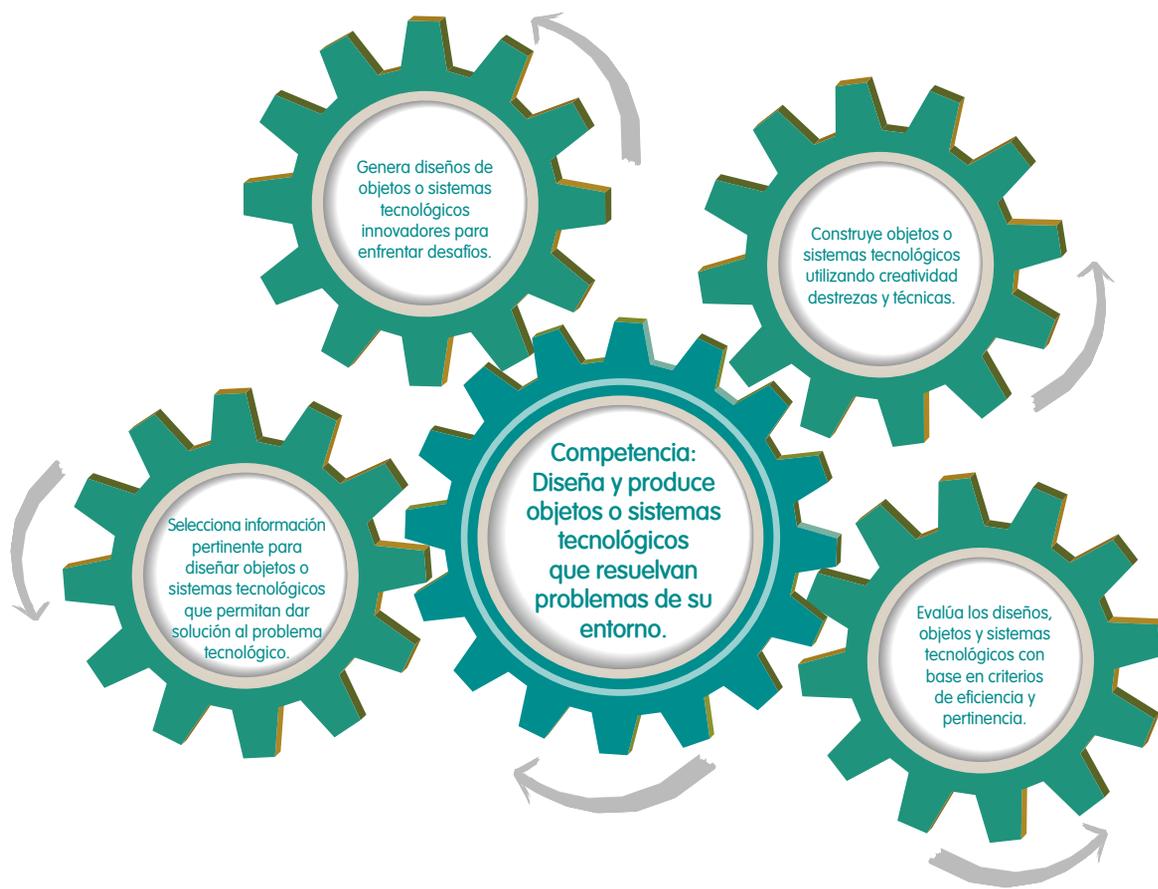
Al elaborar el diseño y al construir objetos y sistemas sobre esa base, nuestros estudiantes utilizan los criterios establecidos para evaluar y realizar mejoras, ya sea en su diseño inicial o en el proceso de construcción. Hay una retroalimentación para comprobar si el producto se ajusta a las necesidades que le dieron origen o si, en cambio, debe todavía corregirse. La evaluación la realizan cuando ponen en funcionamiento el producto: en ese momento registran su rendimiento, sus anomalías y las correcciones pendientes, e identifican los errores cometidos, la causa probable de dichos errores y el momento del proceso en el que se originaron.

En el ejemplo anterior, cuando los estudiantes pusieron en funcionamiento su objeto de riego, algunos se dieron cuenta de que funcionaba según lo diseñado y otros tuvieron que reajustar sus propuestas. Para esto tuvieron en cuenta la identificación y el análisis de las funciones que debía cumplir su producto.



Lograr una cultura tecnológica para nuestro desarrollo integral es fundamental, por lo que consideramos que la educación tecnológica desempeña un papel clave en nuestros estudiantes.

Finalmente, la evaluación permite conocer si el producto en cuestión es viable de acuerdo a la disponibilidad de recursos materiales y técnicos; si es rentable, es decir, si genera ganancias o pérdidas; y sobre todo, los resultados obtenidos, no solo en cuanto a los objetivos o metas logradas, sino también de los efectos sociales y naturales que implica al entorno, tanto en el momento de su aplicación como a futuro.



### 3.4 Competencia: Reflexiona sobre la ciencia y la tecnología, sus métodos, avances e implicancias sociales

Con frecuencia, los docentes que enseñamos ciencias nos hacemos preguntas como estas: ¿La ciencia cambia? ¿Por qué se aceptan algunas teorías científicas y otras no? ¿Cómo se construyen las teorías científicas? ¿Es lo mismo ciencia que tecnología? ¿Cómo se construye la tecnología? Estas preguntas no están referidas a los fenómenos que ocurren en los objetos ni a la producción tecnológica (temas centrales del estudio de la ciencia y la tecnología). Van más allá: aluden a la ciencia misma y a la tecnología. Por lo tanto, no es posible que la ciencia o la tecnología las puedan responder, pues se requieren conocimientos y formas de pensar que solo nos proporcionan la teoría del conocimiento científico y la teoría del conocimiento tecnológico.

La importancia de reflexionar y encontrar respuestas a preguntas es muy grande, tanto para el docente que enseña ciencias y tecnología como para los estudiantes que las aprenden.

Es necesario desmitificar ciertas ideas de un sector de la población sobre la ciencia y la tecnología, desentrañando su esencia, pues, como hemos visto en el primer capítulo, los

mitos que se crean en este ámbito suelen ser muy perjudiciales y, a la larga, dificultan y hasta impiden el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Es importante, entonces, que el aprendizaje de la ciencia y la tecnología se proyecte desde los niveles educativos elementales hasta los más altos, y en todos los ámbitos geográficos. El objetivo es conseguir su asimilación y, con ello, su trascendencia en el bienestar económico y social de la población, pues un país que desarrolla la ciencia y la tecnología es un país que progresa.

Igualmente, en el orden referido al desarrollo personal de nuestros estudiantes, y sin importar su extracción geográfica, social o de otro orden, es fundamental que todos, sin excepción, consigan un desarrollo cognitivo y actitudinal tal que les permita discernir críticamente sobre información histórica, contextual, teórica y hasta biográfica alrededor del surgimiento de las ciencias y la tecnología, su trayectoria, sus controversias, sus crisis, sus descubrimientos y avances.

En consecuencia, esta competencia permite a nuestros estudiantes reflexionar sobre la ciencia y la tecnología; y en este proceso, desarrollar su pensamiento crítico hasta el más alto nivel que les permita su condición escolar y etaria.

Cuando hablamos de **reflexión** incidimos en su condición de crítica. Nos referimos, por lo tanto, a la puesta en práctica de procesos cognitivos y actitudinales que se generen en el aula y la institución educativa, tanto personales como de grupo. Esto se logra a partir de debates, intercambios de ideas, lecturas de casos, teorías, historias, consultas a profesionales, etcétera, con la finalidad de encontrar posiciones sobre la ciencia y la tecnología mismas, sobre sus implicancias éticas y sociales y su trascendencia. Todo esto, con el fin de extraer conclusiones y, finalmente, tomar postura como persona, como grupo y como institución educativa, logrando, en lo posible, trascender hasta el nivel local y regional.

Esta práctica, importante para el desarrollo de la competencia científica y tecnológica, y trascendente para el desarrollo personal y educativo, les permitirá a nuestros estudiantes construir ideas esclarecedoras sobre la ciencia y su rol fundamental en la búsqueda de explicaciones sobre “las cosas” del mundo que nos rodean.

Les dará, además, la oportunidad de enfrentarse a preguntas concretas —¿por qué esto es así? o ¿por qué tal cosa funciona de este modo y no de otro?—, entendiendo que para lograrlo necesitan desarrollar procesos que los lleven a una respuesta satisfactoria, que resista la mayor parte posible de los cuestionamientos. Todo esto, asumiendo, además, que las respuestas de la ciencia son provisionales: tienen vigencia hasta que surgen otras nuevas, que resultan más convincentes.

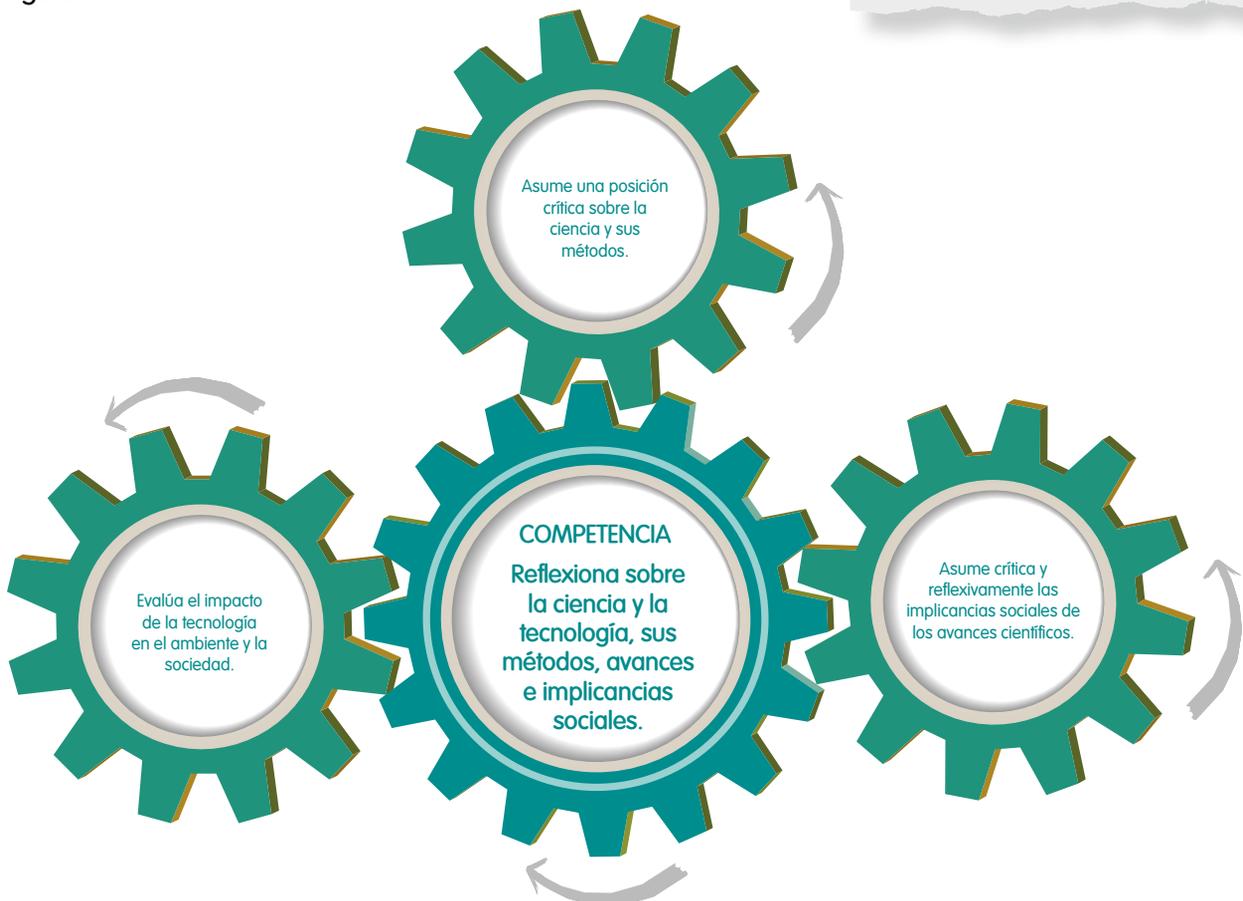
Del mismo modo, su reflexión sobre la tecnología les permitirá construir ideas y tomar

postura sobre el rol de la tecnología en la sociedad, y la búsqueda y propuesta de soluciones a problemas que aquejan a su comunidad. En esta perspectiva, trascenderán hasta comprender los problemas que agobian a la humanidad contemporánea y las soluciones que se proponen en los países con los más altos índices de desarrollo tecnológico.

En el contexto del funcionamiento de la ciencia, la tecnología y sus procesos, es necesario que nuestros estudiantes comprendan que ambas están hechas por seres humanos como cualquiera de nosotros; que su tarea tiene un inicio que puede estar fundado en la curiosidad o en un interés particular o social; que al hacer su tarea puede o no estar presente la ética; que siempre obtienen una conclusión o solución a un problema tecnológico; que tal conclusión o producto no es definitivo y que debe ser objeto de reflexión antes, durante y después de su uso, momento en el que se determinará, a partir de un juicio crítico, si influye de manera positiva o negativa en la sociedad y el ambiente.

Consideramos que, para que puedan lograr la competencia de reflexión sobre la ciencia y la tecnología, nuestros estudiantes deben desarrollar las capacidades que muestra el gráfico siguiente:

Recordemos que el desarrollo de esta competencia puede formar parte del proceso de la construcción de los conocimientos científicos y tecnológicos, cuando sea pertinente. Se puede trabajar paralelamente con las otras competencias, o de manera independiente, en el contexto, por ejemplo, de una efeméride importante, del diálogo sobre una noticia que dé cuenta de problemas, de la aparición de nuevos productos o descubrimientos, etcétera.



Respecto a las preguntas iniciales de esta sección del fascículo, es necesario tener en cuenta que, efectivamente, las grandes teorías —o el discurso, o la teoría— que nos da una visión del mundo corresponden a una época histórica. Esto quiere decir que el discurso puede cambiar cuando las respuestas a las interrogantes que se formulan ya no son satisfactorias. Muchos de estos cambios suelen ser de tal magnitud que causan verdaderas crisis en la comunidad de científicos. Por ejemplo, el reconocimiento de que Plutón no es realmente un planeta obedece al cambio del paradigma de aquello que se conoce hoy con el nombre de “planeta”: al surgir un paradigma alternativo, basado en nuevos fundamentos, entramos en un periodo de “ciencia revolucionaria”. Así sucedió también cuando se cambió el paradigma aristotélico por el mecanicista-galileano.

En otras palabras, toda teoría científica constituye una parte de lo que podemos llamar el “discurso de una época”. Todo hecho tiene significado en una época histórica determinada, o es histórica y culturalmente significativo dependiendo de la época. En el medioevo, por ejemplo, se creía que la materia era continua (hoy sabemos que es discreta y está formada por partículas infinitamente pequeñas) y que estaba constituida por aire, tierra, fuego y agua. Si alguien tenía fiebre, el médico de la época explicaba que era porque en su cuerpo predominaba el elemento fuego. Hoy se sabe que la causa es un aumento de la actividad químico-metabólica del organismo producido por una infección microbiana (Ortega 2002).

### 3.4.1 Capacidad: Asume una posición crítica sobre la ciencia y sus métodos

En la historia de la ciencia producida en el mundo, y en especial en nuestro país, hay hechos significativos que nos permiten encuadrar nuestro trabajo en esta capacidad relacionada con asumir una posición crítica. Ponemos como ejemplo el caso de la profesora Elizabeth, quien presentó a sus estudiantes del tercero de secundaria el siguiente caso para que lo analizaran y reflexionaran sobre la ciencia y sus métodos.

#### El denominado “Experimento de Carrión”

—Como sabemos —empezó diciendo la profesora Elizabeth—, Daniel Carrión se inoculó la sangre de un enfermo de verruga peruana, con fines experimentales, y falleció a consecuencia de esto. En ese momento, su decisión generó numerosas críticas y planteó interrogantes que dieron lugar, por mucho tiempo, a que se plantearan análisis desde la teoría del conocimiento científico y desde la ética. Una pregunta que se generó fue la siguiente:

“¿Fue el experimento de Carrión, un acto inconsistente, temerario, sin planificación científica, producto de una mente arrebatada o, más bien, fruto de una larga génesis reflexiva y con hipótesis sólidamente formuladas, de acuerdo al método científico y a los conocimientos de la época?” (Perales 2003: 190-198).

La profesora Elizabeth escribió la pregunta en la pizarra e instó a sus estudiantes a leerla y explicarse su significado. Luego, surgió el diálogo:

—Creo que en su tiempo no estaban de acuerdo con el método que usó Carrión —dijo Carmen.

—No, yo creo que preguntan si estuvo bien que Carrión experimentara cuando no conocía los riesgos —intervino Carlos.

—Claro, pero también preguntan si Carrión había reflexionado previamente para hacer su hipótesis —agregó Homer.

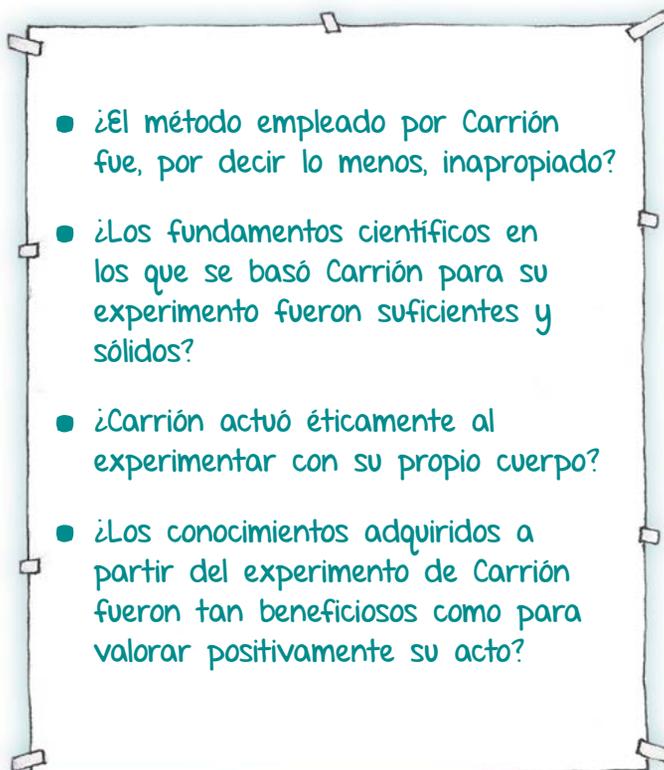
—Sí, y si su hipótesis estuvo bien fundamentada en hechos —acotó Mónica.

Surgieron varias otras propuestas más, que la docente fue anotando en la pizarra.

A continuación, la docente les planteó un reto:

—¿Qué les parece si empezamos por leer un poco la historia y luego buscamos información sobre las opiniones que diversos especialistas han dado al respecto? Creo que así tendremos algunas opiniones de expertos para construir la nuestra...

Después de unos días en que los estudiantes, por grupos, revisaron información en internet, leyeron notas periodísticas, hicieron consultas a médicos y otros profesionales, etcétera, siempre con el asesoramiento de su docente, organizaron una asamblea del aula para concluir con la indagación. Elizabeth llevó en un papelógrafo las preguntas que resumían lo que los estudiantes habían dicho antes:

- 
- ¿El método empleado por Carrión fue, por decir lo menos, inapropiado?
  - ¿Los fundamentos científicos en los que se basó Carrión para su experimento fueron suficientes y sólidos?
  - ¿Carrión actuó éticamente al experimentar con su propio cuerpo?
  - ¿Los conocimientos adquiridos a partir del experimento de Carrión fueron tan beneficiosos como para valorar positivamente su acto?

Los estudiantes, con ayuda de la docente, elaboraron un resumen sobre el trabajo de Carrión. Luego, en sus exposiciones, fueron absolviendo las preguntas mediante informes orales e ilustraciones en papelógrafos. Un grupo fue anotando la síntesis de todo, con la finalidad de luego presentársela a sus compañeros en otros papelógrafos.

Un grupo, por ejemplo, organizó su exposición a partir de su lectura de la investigación del doctor Alberto Perales, que les pareció muy completa:

## Discusión sobre el experimento de Daniel Alcides Carrión

Basados en la investigación del doctor Alberto Perales, "Evaluación ética de la autoexperimentación de Daniel A. Carrión y su perfil de personalidad". *Anales de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, vol. 64, n.º 3, pp. 190-198, año 2003, que se encuentra en <<http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v64n3/a04v64n3.pdf>>, sostenemos que investigadores peruanos y extranjeros han contestado las preguntas sobre Carrión en forma concluyente.

- Las opiniones de profesionales han sido muchas en varias épocas. Por ejemplo, tenemos este extracto del artículo escrito por el Dr. Ignacio La Puente, secretario de la Facultad de Medicina de la Universidad de San Marcos y profesor de Química Médica, titulado "Una víctima de la ciencia", publicado en el diario *El Campeón*, 6/10/1885, al día siguiente de la muerte de Carrión:

"Deploramos profundamente que esta operación de patología experimental se haya hecho sin tomar las precauciones que, asegurando el resultado que se perseguía, garantizasen la completa inocuidad. Tomar la sangre de una verruga, inocularla directamente, sin previo estudio del microbio, sin cultivarlo en líquidos que atenuasen su vigor y sobre todo, lanzarlo al torrente circulatorio de un hombre, venga lo que viniere, sin experimentación anterior de animales, como está mandado en tales casos, es una audacia temeraria, poco científica y de trisfísima celebridad para sus autores".

"La ciencia ha ganado poco, el desprestigio profesional ha aumentado y la preciosa existencia de un joven incauto ha sido arrebatada con falta de aquellos que debieron disuadirlo en vez de alentarle en tan peligrosa vía que, en periodos normales de sanidad, se hagan experiencias homicidas respecto de una enfermedad endémica, en apartada localidad, que no amenaza absolutamente la salud pública, es verdaderamente inconcebible".

- El historiador Juan B. Lastres, que escribió *Daniel A. Carrión* (1957), y el médico y político Uriel García, que escribió *Historia crítica de Daniel A. Carrión y de la medicina de su época* (1971), dicen que:

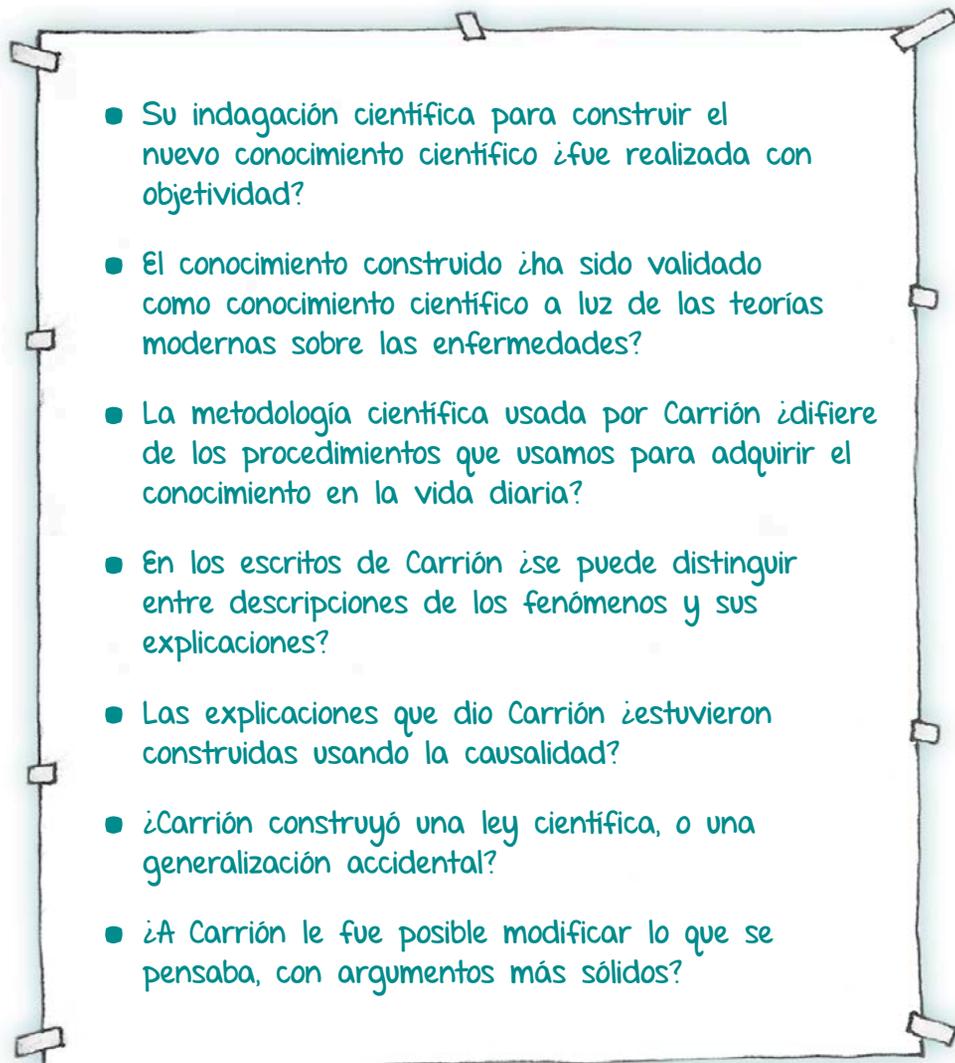
“Carrión había seleccionado el procedimiento de la inoculación con clara conciencia de sus bondades científicas muy acordes con los conocimientos metodológicos mundiales de la época influenciados por Bernard, Koch, Pasteur, Virchow, Darwin y muchos otros”.

- El médico y periodista Lawrence K. Altman, en el artículo “Autoexperimentation. An Unappreciated Tradition in Medical Science”, publicado en 1972 en la revista *The New England Journal of Medicine*, informa que “Por lo menos 185 investigadores en cuatro continentes [...] han servido como sujetos de experimentación en 137 experimentos en los últimos cuatro siglos”.
- El doctor Alberto Perales afirma que Carrión trabajó éticamente porque “en el fondo, lo verdaderamente ético es pensar en ‘el otro’ y en ‘los otros’, tanto o más que en uno mismo. Solo espíritus muy selectos pueden ofrecer su vida por un ideal. Carrión lo hizo, sin dudas ni vacilaciones”.
- Las declaraciones y los textos del mismo Daniel A. Carrión demuestran, como dice el doctor Perales, “Lo bien documentado y actualizado que [...] estaba respecto a los avances médicos mundiales, y lo bien informada que se encontraba la Facultad de Medicina en ese entonces, por los aportes de Cayetano Heredia y un selecto grupo de profesores”.

Con estas bases, la profesora Elizabeth les explicó a sus estudiantes que la reflexión sobre lo que hacen los científicos permite juzgar y emitir juicios valorativos en pro o en contra de lo realizado por ellos.

—Como pueden darse cuenta, los juicios sobre una investigación, emitidos por los expertos, nos llevan a concluir que es viable evaluar una investigación teniendo como marco criterios referidos a los métodos de la ciencia y tomando en cuenta que estos se seleccionan según diversas consideraciones —les dijo.

A continuación les presentó en un papelógrafo el siguiente listado de ideas, con cuya ayuda hicieron una evaluación del experimento de Carrión:

- 
- Su indagación científica para construir el nuevo conocimiento científico ¿fue realizada con objetividad?
  - El conocimiento construido ¿ha sido validado como conocimiento científico a luz de las teorías modernas sobre las enfermedades?
  - La metodología científica usada por Carrión ¿difiere de los procedimientos que usamos para adquirir el conocimiento en la vida diaria?
  - En los escritos de Carrión ¿se puede distinguir entre descripciones de los fenómenos y sus explicaciones?
  - Las explicaciones que dio Carrión ¿estuvieron construidas usando la causalidad?
  - ¿Carrión construyó una ley científica, o una generalización accidental?
  - ¿A Carrión le fue posible modificar lo que se pensaba, con argumentos más sólidos?

Tras múltiples discusiones, los estudiantes lograron responder algunas cuestiones presentadas por la docente y otras quedaron pendientes para nuevos análisis. La profesora Elizabeth les dijo, además, que se podían plantear preguntas similares para evaluar sus indagaciones y juzgar sus propios procedimientos.

Podemos agregar al trabajo de la profesora Elizabeth sobre la investigación de Carrión que es notorio que este científico cumplió con varios de los criterios anotados. Así, por ejemplo, su investigación fue realizada con objetividad. Igualmente, el nuevo conocimiento fue construido por el científico a la luz de las teorías vigentes en la época (Bernard, Koch, Pasteur, Virchow, Darwin). Además, el método aplicado por Carrión para construir el nuevo conocimiento es claramente diferente a los procedimientos que usamos para adquirir información en nuestra vida diaria. Según la información que se tiene, Carrión describió las características de la enfermedad en ocho volúmenes de historias clínicas, que sirvieron de base para conocer más sobre la enfermedad. Las explicaciones científicas y la identificación de la causa directa e indirecta de la enfermedad fueron identificadas después.

Queremos alcanzarte otras ideas que te pueden servir para evaluar cualquier trabajo científico, y que los estudiantes pueden utilizar para analizar sus trabajos:

- Las teorías sobre las que no hay manera de averiguar si son falsas o verdaderas, no son científicas.
- Hay evidencias y predicciones que sirven para comprobar teorías científicas.
- El conocimiento científico es provisorio y está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia.
- La objetividad consiste básicamente en que los enunciados (leyes) o sistemas de enunciados (teorías) de la ciencia deben responder, a la vez, tanto a criterios de validez (coherencia interna del enunciado o sistema de enunciados) como a criterios de verdad (adecuación entre el enunciado y los hechos).

### **3.4.2 Capacidad: Asume crítica y reflexivamente las implicancias sociales de los avances científicos**

En el aula, la reflexión de nuestros estudiantes sobre los avances de la ciencia en la sociedad debe darse de manera crítica, tanto en el sentido positivo, respecto a lo que han permitido hacer a la humanidad, como en el sentido negativo, sobre su uso indebido.

Además de profundizar en el tema en cuestión, y de haberlo contrastado con teorías existentes, deben ser capaces de analizar, enjuiciar y valorar la influencia de este avance de la ciencia y su correlato tecnológico en la sociedad; igualmente, y de manera recíproca, la influencia de la sociedad y su valoración. Pensemos, por ejemplo, en el descubrimiento de la posibilidad de modificar los genes, que ha derivado en la gran producción de maíz transgénico y su uso como fuente de alcohol para reemplazar el petróleo como combustible más económico y limpio que aquel; o en la clonación, la reproducción artificial, el descubrimiento de las mutaciones de los microorganismos o los insectos para mejorar los antibióticos en la medicina o los pesticidas e insecticidas en la agricultura, por mencionar algunos temas controversiales.

Los progresos científicos han modificado radicalmente la interacción entre los seres humanos y su relación con la naturaleza. En el campo de la salud, por ejemplo, la esperanza de vida aumentó durante el siglo XX de casi solo 50 años a cerca de 80, gracias al descubrimiento de diversos medicamentos y vacunas. Sin embargo, también se han generado productos que si bien han beneficiado a la naturaleza y al ser humano, también han causado graves perjuicios. Es notorio el efecto beneficioso de la energía nuclear al abaratar los costos de la producción de energía eléctrica, pero también lo es la gravedad de su impacto cuando ocurre una catástrofe como la de la planta de energía nuclear de Fukushima, en Japón, el 11 de marzo del año 2011.

Al estudiar los efectos de los avances de la ciencia, no se tratará solamente de analizar las consecuencias en la sociedad actual, sino también sobre la sociedad futura. Esto implica que cada estudiante desarrolle su juicio crítico para que sea capaz de generar ideas o cuestionamientos respecto a los problemas vinculados con los avances de la ciencia en los campos de la salud, el ambiente y la sociedad.

### 3.4.3 Capacidad: Evalúa el impacto de la tecnología en el ambiente y la sociedad

A partir del análisis reflexivo que realicen nuestros estudiantes sobre casos o experiencias en el aula o el campo, podemos conducirlos a evaluar las posibles consecuencias (positivas o negativas) del objeto construido, tomando como referencia sus experiencias o las de su familia.

El desarrollo de esta capacidad le permitirá a cada estudiante analizar la influencia de la tecnología sobre la sociedad, y, recíprocamente, la influencia de la sociedad y sus valores sobre la tecnología. Sobre estas bases, el estudiante estará en capacidad de enjuiciar, valorar y, si es necesario, transformar sus ideas sobre el tema.

Para efectuar dicho análisis, cada estudiante deberá actuar como un operador que reflexione sobre la tecnología; es decir, pensar sobre ella en la sociedad, sobre la forma cómo influye en el mundo moderno y cómo este mismo mundo la condiciona para orientarla en cierta dirección y usarla de diferentes formas.

La siguiente afirmación resume la idea que planteamos: la tecnología es un producto social y su uso depende de la sociedad que la demanda. La tecnología, por sí misma, no afecta a la naturaleza ni a la sociedad. El uso que se les da a los objetos o sistemas tecnológicos es lo que puede influir positiva o negativamente en los diferentes contextos.



- La telefonía móvil ha permitido que mejoremos notablemente la comunicación entre las personas: ahora nos podemos contactar en cuestión de segundos, y desde distintas partes del mundo. Sin embargo, muchos investigadores cuestionan su excesivo uso. Aunque aún no hay estudios contundentes sobre el efecto de las ondas electromagnéticas que se transmiten en pequeños paquetes de energía que irradia en todas direcciones, podemos estar sufriendo efectos negativos en nuestra salud.
- Un jet ofrece la comodidad y rapidez de un viaje aéreo interoceánico para arribar a lugares lejanos en pocas horas, lo que antiguamente significaba meses de travesía por mar. Sin embargo, los aparatos de este tipo están ligados a la disminución de la capa de ozono, que nos protege de la radiación cósmica, debido a la violenta expulsión de los gases que los mueven.

Es importante, entonces, que nuestros estudiantes reflexionen y evalúen los impactos de los objetos o sistemas tecnológicos que están a su disposición, para que tomen conciencia de sus beneficios o perjuicios en el ambiente, la cultura y la sociedad. Por ello, nuestra acción pedagógica debe llevarlos a:

- Plantear preguntas pertinentes en relación con los beneficios y riesgos de los objetos y sistemas tecnológicos.
- Buscar información sobre nuevas tecnologías y evaluar sus posibles impactos, con bases fundadas en investigaciones de expertos.
- Participar, bien informados, en las decisiones sobre el desarrollo y uso de objetos y sistemas tecnológicos.

## El experimento de Daniel Alcides Carrión (elaborado por la profesora Elizabeth con sus alumnos)

### El problema

- En 1870, en Lima, entre las localidades de Chosica y Matucana, se desata una epidemia que afecta a los trabajadores del ferrocarril Lima-La Oroya. Alrededor de siete mil personas fallecen por esta causa. Las enfermedades son la llamada "fiebre de La Oroya" y la verruga.
- Al lado de los casos de fiebre aumentaban notablemente los de la verruga.
- La mayoría de los enfermos provenían de fuera de estos lugares.

### Las preguntas

- ¿Cómo explicar que las aguas del río Rímac en unos casos produjeran la verruga y en otros no?
  - ¿Cómo responder a aquellos individuos que, habiéndose sustraído de la influencia del agua, sin embargo han sido atacados por la verruga?
  - ¿La verruga es infecciosa? ¿Es inoculable?
  - ¿Cuál es el tratamiento? ¿Cuál es la anatomía patológica?
  - ¿La fiebre coexiste con los dolores?
  - ¿Cuáles son los síntomas que permiten el diagnóstico precoz? (Alarcón 1998).
- Antes del autoexperimento de Carrión se creía que la "fiebre de La Oroya" y la "verruga peruana" eran dos enfermedades diferentes. Desde el experimento de Carrión se reconoce que es una sola enfermedad que tiene una fase en la que se presenta la anemia grave y otra fase de erupción de verrugas en el cuerpo. Gracias a su autoexperimento, algunos años después se comprobó que ambas eran solo formas como se presenta la enfermedad y que es causada por la *Bartonella bacilliformis*. (López 2010).

### Las hipótesis

La investigación clínica de la verruga le permitió a Carrión formular cuanto menos tres hipótesis cuya exactitud fue recién corroborada algunos años después de su fallecimiento:

- la verruga se puede inocular;
- el desarrollo de la anemia es una fase anterior a la aparición de las erupciones y
- la verruga se disemina en las meninges.

### Planea y lleva a cabo experimentos

- Al definir la enfermedad como "endémica y no contagiosa" y al admitir al mismo tiempo su origen infeccioso, Carrión creyó en la necesidad de producir una infección experimental para infectarse y observar los resultados de principio a fin.
- Carrión define el medio apropiado para producirse esta infección experimental; es decir, la práctica de inoculaciones. El 27 de agosto de 1885 le es inoculada la verruga.

### Registra la información en forma cuidadosa y sistemática

- El 17 de septiembre, después de 21 días de incubación, aparecieron los primeros síntomas: fiebre elevada, dolores de cabeza, huesos y músculos.
- Tinte amarillento en cara y cuerpo, anemia que llega a dominar por completo el cuadro sintomático, para alcanzar, sin aparición de verrugas típicas, su punto máximo con 600 000 glóbulos rojos por milímetro cúbico.

Documentarse con información en diferentes medios



### CONOCIMIENTO DE LA ÉPOCA (En el Perú)

- El concepto bacteriológico era aceptado y comprendido. Se conocían los aportes de Koch y Pasteur.
- Se manejaba la observación clínica y se conocía el valor de la experimentación científica.

### CONOCIMIENTO SOBRE LA ENFERMEDAD

- La verruga estaba relacionada con determinadas zonas (En la Oroya).
- Había una descripción clínica minuciosa de la enfermedad y una hipótesis: "La fiebre de La Oroya solo precede a la erupción de las verrugas".

Documentarse con información en diferentes medios.



Piensa con Cuvier que debía estudiarse al hombre y establece que se dé preferencia a las inoculaciones en el ser humano, aunque se trata de "experimentaciones arriesgadas".

## Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, José Antonio; Ángel VÁZQUEZ, María Antonia MANASSERO y Pilar ACEVEDO (2003). "Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, volumen 2, número 3, pp. 353-376.
- AGUILAR, Tusta (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- ALARCÓN, Jorge (1998). "Carrión como científico: análisis metodológico del experimento de Carrión". *Anales de la Facultad de Medicina*, volumen 59, número 3, pp. 202-206.
- ALBORNOZ, Mario, coordinador (2012). El estado de la ciencia. *Principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/interamericanos*. Capítulos: Estado de la ciencias en imágenes (pp. 11-16), Esfuerzos en educación en Iberoamérica y su vínculo con la investigación y el desarrollo (pp. 27-38) y Definición de indicadores seleccionados (pp. 205- 214). Buenos Aires: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).
- BALLESTER, María Gracia y José SÁNCHEZ (2011). "La dimensión pedagógica del enfoque de competencias en educación obligatoria". *Ensayos. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, número 26, pp. 17-34.
- BYBEE, Rodger W. (2010). "Alfabetización científica, ciudadanía y enseñanza de la Ciencia". Conferencia magistral, IX Convención Nacional y II Internacional de Profesores de Ciencias Naturales. Campeche, México. Fecha de consulta: 25/8/2013. <[http://www.ampcn.org/01\\_old\\_site/htm/convenciones/campeche/files/p02.pdf](http://www.ampcn.org/01_old_site/htm/convenciones/campeche/files/p02.pdf)>.
- CAMPOS, Javier; Carmen MONTECINOS y Álvaro GONZÁLEZ (2011). *Aprendizaje y enseñanza de ciencias basadas en la indagación. Mejoramiento escolar en acción*. Valparaíso, Chile: Centro de Investigación Avanzada en Educación de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- CARRETERO, Mario (1997). *Construir y enseñar ciencias experimentales*. Buenos Aires: Aique.
- CEPLÁN, Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2011). *Plan Bicentenario al 2021*. Lima: Ceplán.
- CHARPAK, George; Pierre LÉNA e Yves QUÉRÉ (2007). *Los niños y la ciencia: la aventura de La mano en la masa*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- CLIMPER Educación Médica (2013) Daniel Alcides Carrión y su sacrificio. <<http://www.climper.com.pe/portal/index.php/42-boletines/176-daniel-alcides-carrion-y-su-sacrificio>> Fecha de consulta: 24/08/2013
- CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN. METAS 2021 (2010). *Competencias básicas. Alfabetización científica en alumnos del nivel primario y secundaria: un diagnóstico regional*. Buenos Aires: Organización de Estados Iberoamericanos.
- ESCALANTE, Patricia. "Aprendizaje por indagación". Fecha de consulta: 16/5/2013. <<http://>>

[www.medellin.edu.co/sites/Educativo/repositorio%20de%20recursos/Aprendizaje%20por%20indagaci%C3%B3n.pdf](http://www.medellin.edu.co/sites/Educativo/repositorio%20de%20recursos/Aprendizaje%20por%20indagaci%C3%B3n.pdf)>.

- GARCÍA, Fernando y Lucía GARCÍA (2005). *La problematización. Etapa determinante de una investigación*. Toluca, México: Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México.
- GIL, Daniel (1996). "Proposiciones para la enseñanza de las ciencias de los 11-14 años. Síntesis presentada después de la reunión técnica de Montevideo". Montevideo: Unesco-OEI.
- GIL, Daniel (2005). *Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: Orealc-Unesco.
- GÓMEZ, Alma (2006). "Construcción de explicaciones científicas escolares". *Educación y Pedagogía*, volumen XVIII, número 45, pp. 73-83.
- GONZÁLEZ, Dislaine y Yoel DÍAZ (2005). "La importancia de promover en el aula estrategias de aprendizaje para elevar el nivel académico en los estudiantes de Psicología". *Revista Iberoamericana de Educación*, año 40, número 1, pp. 1-17.
- GONZÁLEZ WEIL, Corina; María Teresa MARTÍNEZ LARRAÍN, Carolina MARTÍNEZ GALAZ, Karen CUEVAS SOLÍS, Liber MUÑOZ CONCHA (2009). "La educación científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico". *Estudios Pedagógicos*, volumen XXXV, número 1, pp. 63-78. Fecha de consulta: 25/8/2013. <<http://www.scielo.cl/pdf/estped/v35n1/art04.pdf>>.
- GONZÁLEZ WEIL, Corina; Mónica CORTEZ, Paulina BRAVO, Yasnina IBACETA, Karen CUEVAS, Paola QUIÑONES, Joyce MATURANA y Alejandro ABARCA (2012). "La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM (Región de Valparaíso)". *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica*, volumen XXXVIII, número 2, pp. 85-102.
- GUILLÉN, Daniel y Octavio SANTAMARÍA (2006). *La enseñanza de la tecnología en la Educación Básica (un enfoque pedagógico)*. Primer Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. México. Fecha de consulta: 25/8/2013. <<http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p38.pdf>>.
- GUTIÉRREZ, Ramón (2005). *Protocolo de un proyecto de investigación. Elementos y estructura básica*. Fecha de consulta: 25/8/2013. <<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r70326.PDF>>.
- HARLEN, Wynne (1999). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
- HARLEN, Wynne, editor (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Hatfield, Inglaterra: Association for Science Education. Fecha de consulta: 25/8/2013. <[http://www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones/Grandes\\_Ideas\\_de\\_la\\_Ciencia\\_Espanol.pdf](http://www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones/Grandes_Ideas_de_la_Ciencia_Espanol.pdf)>.
- HERNÁNDEZ, Roberto; Carlos FERNÁNDEZ y Pilar BAPTISTA (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- INDÁGALA (s. f.). <<http://www.indagala.org/es/node/372>>. Academia Mexicana de Ciencias e Interamerican Network of Academies of Sciences.
- IPEBA, Instituto Peruano de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Básica (2013). *Definición y explicaciones de las seis grandes ideas científicas*. Lima: Ipeba.
- IVANCEVICH, John; Peter LORENZI y Steven J. SKINNER (1996). *Gestión, calidad y competitividad*. Madrid: McGraw-Hill.

- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, María Pilar (2010). *10 ideas claves Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- LEÓN, Eduardo (2001). *La educación ciudadana en el área de ciencia, tecnología y ambiente*. Lima: Tarea.
- LÓPEZ DE GUIMARAES, Douglas (2010). "Daniel Alcides Carrión: medicina peruana e investigación científica. *Aporte Santiaguino*, volumen 3, número 2. Fecha de consulta: 24/10/2013, pp. 272-274. <[http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2070-836X2010000200017&lng=es&nrm=iso](http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2070-836X2010000200017&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2070-836X>.
- MÁRQUEZ, Conxita y Montserrat ROCA (2006). "Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias". *Educación y Pedagogía*, volumen XVIII, número 45, pp. 61-71.
- MARTICORENA, Benjamín (2006). "Estrategia peruana de ciencia, tecnología e innovación. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la competitividad y el desarrollo humano 2006-2021". *Innovación.UNI*, edición 1, pp. 45-49. Fecha de consulta: 21/10/2013. <<http://www.innovacion.uni.edu.pe/innovacion1art13estrategiaperuanadecienciatecnologiaeinovacion.pdf>>.
- MARTÍNEZ, Juan Diego; Edgar OSORIO y Carlos Alberto CIFUENTES (1999). "Indagación y competencia motriz. Desarrollo de habilidades del pensamiento a partir de la dimensión motriz". Monografía presentada a la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Fecha de consulta: 21/10/2013. <<http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/149-indagacion.pdf>>.
- MINEDU, Ministerio de Educación (2012). *Ley General de Educación y Reglamento de la Ley General de Educación*. Lima: Minedu.
- MINEDU, Ministerio de Educación (2012). *Marco del buen desempeño docente*. Lima: Minedu.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2001). *Foundations. A monograph for professionals in science, mathematics, and technology education*. Fecha de consulta: 29/10/2013. <<http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm>>.
- OLSON Steve y Susan LOUCKS-HORSLEY, editores (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning*. Washington DC: National Academy Press.
- ORTEGA, Francisco (2002). Epistemología y ciencia en la actualidad. Fecha de consulta: 29/10/2013. <<http://institucional.us.es/revistas/themata/28/09%20ortega%20martinez.pdf>>.
- PEDRINACI, Emilio (2008). *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Barcelona: SM.
- PEDRINACI, Emilio; Aureli CAAMAÑO, Pedro CAÑAL y Antonio DE PRO (2012). *11 ideas claves. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- PEÑA, Tania (2005). "Vinculación del constructivismo con el enfoque sociopsicológico para el estudio de los usuarios de unidades de información: un primer acercamiento teórico". *Investigación Bibliotecológica*, volumen 19, número 39, pp. 47-72.
- PERALES, Alberto (2003). "Evaluación ética de la autoexperimentación de Daniel A. Carrión y su perfil de personalidad". *Anales de la Facultad de Medicina*, volumen 64, número 3, pp. 190-198. Fecha de consulta: 24/10/2013. <[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v64\\_n3/eval\\_etica.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v64_n3/eval_etica.htm)>.
- PISA 2006 (2008). *Competencias científicas para el mundo de mañana*. Madrid: Santillana.
- PROYECTO LAMAP, LA MAIN À LA PÂTE (2003). *Enseñar ciencia en la escuela. Educación infantil y educación primaria. Proyecto educativo para aprender y vivir la ciencia en la escuela*. París:

Proyecto Lamap y P. A. U. Education.

- REBOLLO, Manuel (2010). *Análisis del concepto de competencia científica: definición y sus dimensiones. I Congreso de Inspección de Andalucía: competencias básicas y modelos de intervención en el aula*. Andalucía, España: Junta de Andalucía, Consejería de Educación.
- REYES CÁRDENAS, Flor y Kira PADILLA (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química en Línea*, año 23, número 4, pp. 415-421, 2012. Fecha de consulta: 16.5.2013. <[http://educacionquimica.info/articulos.php?id\\_articulo=1339](http://educacionquimica.info/articulos.php?id_articulo=1339)>.
- ROCARD, Michel (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future or Europe: Informe Rocard*. Bruselas: Comunidad Europea.
- RODRÍGUEZ, Germán (1998). "Ciencia, tecnología y sociedad: una mirada desde la Educación en Tecnología". *Revista Iberoamericana de Educación*, número 18, pp. 107-143.
- SCHLEICHER, Andreas (2009). "Lo que el Perú puede aprender de los resultados comparados de las pruebas PISA". *Boletín CNE*, número 21.
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA, México (2001). *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria*. Fecha de consulta: 9/8/2013. <<http://www.centrodemaestros.mx/enams/MitoloCiencia.pdf>>.
- SERCE, Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (2008). *Primer reporte. Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Unesco-LLECE.
- SHORT, Kathy; Jean SCHROEDER, Julie LAIRD, Gloria KAUFFMAN, Margaret FERGUSON y Kathleen CRAWFORD (1999). *El aprendizaje a través de la indagación. Docentes y alumnos diseñan juntos el currículo*. Barcelona: Gedisa.
- SOTO, Ángel (2008). *Educación en tecnología. Un reto y una exigencia social*. Bogotá: Magisterio.
- TACCA, Daniel (2010). "La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica". *Investigación Educativa*, volumen 14, número 26, pp. 139-152.
- UNESCO (1991). *Innovaciones en la educación en ciencias y tecnología*, volúmenes I, II, III y IV. Montevideo: Unesco.
- UNESCO (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de 15 a 18 años*. Santiago: Orealc.
- UNESCO (2011). *Educación para el desarrollo sostenible. Examen por los expertos de los procesos y el aprendizaje*. París: Unesco.
- VÁSQUEZ, Ángel y Marco ALARCÓN (2010). *Didáctica de la tecnología*. Madrid: Síntesis.
- WINDSCHITL, Mark (2003). "Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?". *Science Education*, número 87, pp. 112-143.
- YANKOVIC, Bartolomé (2011). *Procesos científicos: predecir, interpretar datos, controlar variables (Cómo trabajar en la sala de clases)*. Fecha de consulta: 20/8/2013. <[http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/profesores/basica/predecir\\_datos\\_variables.pdf](http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/profesores/basica/predecir_datos_variables.pdf)>.

