

Reflexiones en torno a los contenidos de la dimensión metodològica

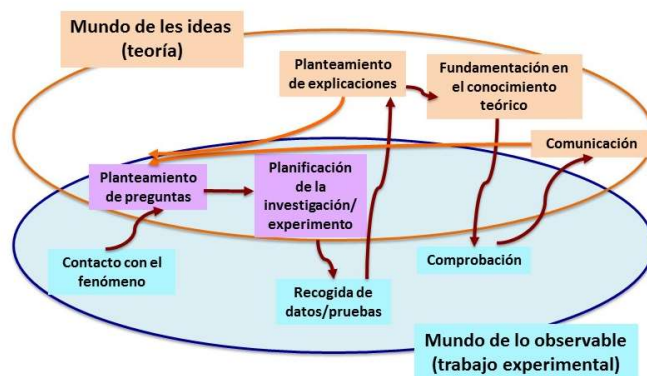
a) Ideas clave

La **dimensión metodològica** de la competencia científica hace referencia al aprendizaje de las diferentes capacidades que el alumnado debería desarrollar para hacer ciencia y para aprender sobre la ciencia.

Actualmente se está consolidando el concepto de indagación para referirnos a aprendizajes relacionados con esta dimensión. Por **indagación** se entiende cualquier proceso que tiene como objetivo la construcción de modelos teóricos y resolver dudas o solucionar problemas, a partir de buscar datos y evidencias que posibiliten poner a prueba las ideas iniciales, reconstruirlas y hacerlas crecer.

Conlleva el aprendizaje por parte del alumnado de capacidades cognitivas y técnicas relacionadas con comprender y ser capaces de aplicar los métodos utilizados por la ciencia para dar respuesta a las preguntas que se van generando. Aunque estas capacidades están bastante bien consensuadas, en un proceso de investigación no hay un orden predeterminado en su aplicación, ni una metodología científica única.

El aprendizaje de las ciencias siempre necesita de un trabajo experimental que posibilite la recogida de pruebas o evidencias. Sin experimentación no se puede decir que se haga ciencia en el aula ni, por tanto, que se aprenda ciencias. Pero esta experimentación, para que sea fructífera para construir conocimiento científico, será necesario que esté bien conectada con la teoría que la fundamenta. Indagar conlleva interrelacionar el mundo de las ideas y el mundo de las observaciones, y regular que haya coherencia entre unas y otras con el objetivo de construir modelos teóricos que permitan predecir o explicar nuevos hechos.



La regulación se hace a partir de contrastar las ideas y las observaciones, expresandolas utilizando lenguajes y modos comunicativos diversos. Hay que recordar que las personas científicas generan teorías y las van mejorando teniendo en cuenta tanto las pruebas recogidas a partir del trabajo experimental como los debates entre iguales en congresos y otros encuentros, así como de la escritura y lectura de artículos.¹

En el siguiente cuadro se recogen las principales características de un proceso de indagación. Como se puede observar este proceso no es lineal y los caminos pueden ser diversos. Algunas veces se parte de la observación y otras de la teoría, pero ésta es un referente imprescindible en cualquiera de las fases ya que están todas interconectadas.

¹ Para ampliar: Simarro, C., Couso, D., y Pintó, R. (2013). Indagació basada en la modelització: un marc per al treball pràctic. *Ciències*, 25, 35-43. <http://raco.cat/index.php/Ciencies/article/view/266465>



Como motor de este proceso de indagación está la evaluación que se lleva a cabo a partir de la interacción entre los miembros del grupo clase, ya que constantemente hay que ir regulando las predicciones, la planificación de la recogida de datos e informaciones, el análisis de los resultados y los modos de comunicar todo el proceso y, en relación a todos estos elementos, el modelo teórico que se vaya construyendo.

La finalidad de todos estos aprendizajes es básicamente la de formar ciudadanos con capacidad para valorar si el conocimiento que impregna muchas de las informaciones que llegan a partir de los medios de comunicación se han obtenido utilizando los procedimientos apropiados y si están bien justificadas, es decir, la de analizar críticamente y plantear alternativas.

b) Secuenciación a lo largo de la escolaridad básica

Los niños y niñas, desde muy pequeños, deberían trabajar las ciencias a partir de una metodología en la que la indagación fuera una de las estrategias básicas de aprendizaje. Por lo tanto, deberán ir desarrollando, poco a poco, las diferentes capacidades que posibilitan ser competente al indagar y esto conlleva que en cada nivel educativo se vaya profundizando en los aspectos que las caracterizan.

- En un *primer estadio* los alumnos empiezan a responder las cuestiones que se formulan sobre objetos y hechos cercanos, a partir de explorar y hacer observaciones utilizando los sentidos. También empiezan a reconocer que hay unas preguntas y respuestas mejor que otras y se inician en hacer observaciones sistemáticas, en describirlas, en hacer comparaciones y clasificaciones, y en identificar cambios. Para observar lo hacen a simple vista o utilizando la lupa de mano y empiezan a reconocer alguna regularidad (en las formas, en características de los organismos vivos, en propiedades de los materiales, en cambios -como el día y la noche-, etc.). También conversan sobre las observaciones

realizadas y comparten sus ideas verbalmente, con gestos y utilizando el dibujo. Además, precisan maneras de hablar de los hechos y de explicarlos utilizando un lenguaje científico apropiado para la edad (por ejemplo, el azúcar no se "deshace" sino que se funde -cambia de estado- o se disuelve -se dispersa en el agua-, dos hechos muy diferentes). Por tanto, habrá que favorecer que tanto las preguntas como las respuestas sean coherentes con sus observaciones y que se vayan dejando de lado las que son "mágicas", aunque escuchándose, comparando y colaborando en la recogida de datos o en la elaboración de maquetas, pósters o en otras actividades y producciones.

- En un *segundo estadio* los alumnos continúan planteando preguntas sobre hechos y objetos familiares, y piensan maneras de responderlas a partir de hacer predicciones. Se interesan especialmente en cómo se obtienen los objetos, los alimentos, las máquinas..., de su universo cercano. Comienzan a participar en diferentes investigaciones guiadas, cuidando de algún ser vivo, manteniendo acuarios o terrarios, manipulando materiales, proponiendo ideas y accediendo a fuentes de información (fotos, vídeos...). Identifican al menos una variable, y comienzan a utilizar instrumentos como la lupa binocular, la balanza, el cronómetro, el termómetro y la máquina fotográfica para recoger datos. Miden aplicando unidades arbitrarias (dedos, manos, monedas...) y también, si disponen, con la ayuda de tecnologías digitales (sensores). Ordenan los datos e informaciones recogidas por medio de dibujos y tablas, y reconocen nuevas regularidades (en la dentición, entre hojas, en la reversibilidad de los cambios de estado, en diferentes movimientos...) y relaciones entre acciones y efectos. Comparan oralmente sus observaciones con las de los demás y con las predicciones hechas, y además utilizan el dibujo, el lenguaje corporal y las maquetas para comunicar sus ideas.
- En un *tercer estadio* los alumnos, con ayuda, empiezan a identificar preguntas que pueden ser investigables científicamente y hacen predicciones de lo que puede pasar en función de los conocimientos que ya tienen. Identifican diversas variables, proponen hipótesis sencillas y sugieren caminos para planificar y realizar investigaciones para dar respuesta. Utilizan la brújula, instrumentos para medir -cinta métrica, balanza, probetas, dinamómetro y termómetro-, y otros utensilios y materiales de laboratorio (por ejemplo, para hacer disecciones) aplicando normas de seguridad y haciendo un uso sostenible. Construyen tablas y gráficos de barras para representar datos e identificar regularidades y tendencias. Comparan los resultados obtenidos e informaciones recogidas con sus predicciones y sugieren posibles razones para explicar los resultados relacionando algunas causas y consecuencias. Representan y comunican sus ideas y conclusiones a partir de diagramas, maquetas e informes sencillos, utilizando herramientas TIC. Trabajan de manera cooperativa, se autoevalúan y reconocen en qué pueden mejorar.
- En un *cuarto estadio* (final de primaria) los alumnos plantean preguntas para resolver problemas prácticos o para orientar una investigación científica y predicen posibles resultados que pueden encontrar. Con ayuda, deciden qué variables fijan y qué debe variar, y planifican un método aplicable para obtener buenas pruebas. Buscan información, utilizando fuentes como Internet y libros, y con ayuda la analizan críticamente para concluir sobre su relevancia científica. Comienzan a utilizar el microscopio, y miden y recogen datos cuidadosamente, utilizando tecnologías digitales apropiadas si disponen de ellas. Actúan de manera sostenible ambientalmente, aplican las normas de seguridad acordadas e identifican riesgos potenciales. Construyen una variedad de representaciones incluyendo tablas y gráficos de diversos tipos para representar y describir observaciones, regularidades y relaciones entre datos, utilizando también las TIC. Utilizan evidencias para argumentar si los resultados obtenidos confirman las predicciones o hipótesis planteadas y diferencian una observación de una inferencia. Comunican ideas, explicaciones y procesos realizando informes que incluyen una variedad de recursos multimodales, justificando teóricamente las conclusiones que expresan. Cooperan en la realización del proceso de indagación, se coevalúan y se

regulan sugiriendo y argumentando posibles mejoras tanto de la metodología aplicada como de su proceso de aprendizaje.

c) Profundización en la ideas básicas y en las “buenas” preguntas

En este apartado se hace un breve resumen de los aspectos básicos a trabajar para promover el desarrollo de la capacidad indagadora del alumnado (ver esquema anterior), sus intuiciones y dificultades más habituales, y propuestas para ayudar a desarrollarla.

c.1 Definición de una propuesta sobre la que indagar

Al trabajar sobre una temática determinada será importante promover que el grupo-clase se pregunte algo que sea problemático y significativo para la construcción del modelo teórico que se quiere ayudar a construir. Por lo tanto, debe ser un problema sobre el que se pueda llegar a elaborar una explicación fundamentada en un conocimiento científico, estableciendo relaciones con saberes anteriores.

La propuesta debería ser suficientemente abierta para promover la expresión de ideas y explicaciones diversas, de forma que se pueda despertar en el alumnado la necesidad de encontrar datos que posibiliten deducir si hay coherencia entre los propios modelos de explicación y las pruebas obtenidas.

Esto conlleva apropiarse del problema, hacerse preguntas y llegar a un acuerdo sobre qué guiará la investigación. De hecho, se pueden plantear muchas propuestas diferentes sobre un mismo fenómeno. Así, por ejemplo, si estamos haciendo pan nos pueden interesar las variables que influyen en su sabor o los factores que condicionan la actividad de la levadura. En el primer caso, el referente teórico es la función de relación y, en el segundo, será las condiciones de vida de un microorganismo. Al mismo tiempo, a partir de un mismo referente teórico podemos formular preguntas de diferentes tipos que condicionarán el proceso para darle respuesta. Por ejemplo:

- *¿Producirán la misma luz las dos bombillas?* (comparando dos circuitos, uno con una batería y el otro con dos en paralelo), es una pregunta en la que se hace una predicción a partir de ideas previas, posiblemente alternativas, que se deben comprobar experimentalmente.
- *¿La semilla es un ser vivo?* es una pregunta que parte del conocimiento que se tiene de las funciones que caracterizan a los seres vivos, y para dar respuesta necesitamos comprobar experimentalmente si la semilla las cumple.
- *¿Por qué un juguete de hierro se ha oxidado?* es una pregunta que para responderla obliga a transformarla en: qué condiciones favorecen que el hierro se oxide?, ya que precisa que se planteen hipótesis y se aplique un proceso para contrastarlas.

La pregunta que da pie a aplicar un proceso de indagación no tiene porque surgir al inicio del aprendizaje de un tema, sino que a menudo se plantea cuando ya se ha hablado, es decir, se han recordado otros fenómenos similares o hechos cotidianos relacionados, y se ha profundizado un poco en los conocimientos científicos que ya se tienen. Los estudiantes necesitan tiempo para familiarizarse con el problema e ir desarrollando el espíritu indagador. Así, la pregunta *¿Por qué el juguete se ha oxidado?* surgirá cuando, por ejemplo, trabajando sobre los metales, recordemos o observamos un juguete de hierro oxidado, pero no se habría podido plantear al inicio de un proyecto o unidad didáctica.

La pregunta nos puede llevar a hacer predicciones o plantear hipótesis.

- Una **predicción** es una verbalización de lo que se cree que puede pasar a partir de la propia intuición o de datos y conocimientos previos, y es científica si se puede verificar. Los tiempos verbales priorizados son el futuro, el subjuntivo y el condicional. Este último tiempo sirve para remarcar el hecho de que la previsión no se ha de cumplir necesariamente. Si se hacen predicciones -aunque sean erróneas-, siempre deberían estar fundamentadas en algún conocimiento ("*Como sabemos que ... creemos que ...*", o "*En función de lo que sabes sobre ... -idea x-, ¿cuál es tu predicción sobre qué sucedería cuando ...?*"). Por ejemplo, una predicción bien planteada (aunque se refutará al indagar) sería: "*Como sabemos que una batería proporciona energía para que la bombilla se ilumine, creemos que con más baterías la bombilla siempre hará más luz*".
- Una **hipótesis** es también una predicción en la que, además, se explicita la relación entre dos variables que nos lleva a una posible deducción de los resultados. La formulación de una hipótesis precisa de la identificación de posibles variables que intervienen en el fenómeno objeto de estudio, diferenciando la dependiente, la independiente y las que se controlan. Una manera de escribirla es la base de la fórmula "*Como sabemos que ... (conocimiento de referencia), entonces cuando... (variable independiente) observaremos que... (variable dependiente), siempre que no cambien... (variables control)*". Por ejemplo: "*Como pensamos que el hierro se oxida en contacto con el agua, entonces si ponemos un clavo dentro de un vaso de agua se oxidará más que fuera del agua en un mismo período de tiempo*" (pero también podríamos pensar que la variable importante es la presencia de oxígeno en el agua, la temperatura, la acidez o la salinidad). Una hipótesis bien planteada nos orienta sobre cómo seleccionar el método e instrumentos más adecuados para dar respuesta al problema. Al contrastar hipótesis se contrastan modelos teóricos.

La **variable independiente (VI)** es la que se modifica para poder determinar su influencia sobre un proceso de indagación concreto. Por ejemplo, si creemos que *la oxidación del hierro depende del agua, esta es una VI diferente si pensamos que depende del oxígeno -que hay en el aire o disuelto en el agua-, la temperatura o la acidez.*

La **variable dependiente (VD)** es la que nos evidencia los resultados de los cambios en la independiente. Por ejemplo, si en función de cada VI *el clavo se oxida más o menos.*

Las **variables controladas** son las posibles VI que en cada experimento se mantendrán constantes, ya que sólo se selecciona una, que es la que queremos saber si influye en los resultados. Por lo tanto, son las variables que se mantienen igual a lo largo de todo el experimento. *Por ejemplo, en el caso de la oxidación del hierro, si seleccionamos como VI el agua, tendremos que mantener constante en las diferentes muestras el "tipo" de hierro, la temperatura, la acidez, la salinidad, la presencia de oxígeno, el tiempo...* Sin embargo, hay que tener en cuenta que a veces el problema es más complejo y las variables son interdependientes. Y también a veces hablamos de hacer una prueba en "blanco" (o control) para referirnos a un experimento en el que en una de las pruebas no se hace actuar la variable VI objeto de la investigación. *Por ejemplo, si queremos saber si las manos tienen más microorganismos en función de su grado de limpieza, deberíamos hacer pruebas en las que pondríamos huellas de los dedos más o menos limpios en diferentes cápsulas Petri con agar-agar y también una prueba "en blanco" en la que tan sólo hubiera el agar-agar (para comprobar que sólo con este alimento no crecen microorganismos).*

En general, será importante estimular al alumnado para que vaya más allá de una predicción y se plantee hipótesis investigables. Para hacer este paso es necesario ayudar

a pensar en las posibles variables que pueden influir en el fenómeno objeto de estudio y clarificar cuáles puede ser importante indagar. El profesorado, con sus preguntas, puede favorecerlo. Algunos ejemplos son: *Sabiendo que..., ¿qué resultados prevemos obtener de este experimento? ¿En qué podríamos fundamentar (conocimientos u otras observaciones hechas) esta predicción? ¿Qué datos o qué pruebas pensamos que obtendremos haciendo este experimento? Queremos saber por qué se han muerto los peces del acuario y nos preguntamos: ¿Qué variables podríamos investigar? ¿Es una hipótesis que podemos comprobar?* (por ejemplo, si dicen que los han cuidado mal es una variable difícilmente investigable); también se puede dar un guión de trabajo experimental y se puede preguntar acerca de: *¿Cuál es la hipótesis que se puede comprobar mediante este experimento? ¿Qué factor o factores modificarás a lo largo del experimento (VI)? ¿Qué resultados observarás en el proceso de experimentación (VD)? ¿Como lo observarás o determinarás? ¿Cómo te asegurarás de que los resultados dependen de la VI que has seleccionado? ¿Cuál es el control del experimento? ¿Qué variables deberás controlar para asegurar que la única diferencia es la VI?*

c.2 Planificación de la investigación

Las predicciones e hipótesis se pueden encontrar a través de caminos diversos, ya sea a partir de experimentos y técnicas variadas que nos posibilitan **observar y medir** directamente, ya sea analizando datos anteriores (que se pueden encontrar en **fuentes documentales** diversas), pero la primera y más básica condición que se debe tener en cuenta en la planificación del proceso de recogida de datos es que el diseño de la investigación se ajustará a la predicción o a la hipótesis a indagar. Por lo tanto, se tiene que dedicar tiempo a discutir y consensuar cómo se harán las observaciones o la recogida de datos, cómo se pondrán a prueba las variables que se considere necesario tener en cuenta, una tras otra, y cómo se adaptará el procedimiento a los instrumentos y materiales que se tienen al alcance. Por ejemplo, no es fácil encontrar el procedimiento idóneo para medir el peso del aire o si una semilla necesita respirar para germinar, y hay que evaluar las ventajas e inconvenientes de cada posible método. Tomar esta decisión requiere tiempo.

Cuando los datos que se recogen provienen de la **observación** se debe tener presente que la mirada a menudo está condicionada por las ideas previas. En el ejemplo de predicción que los chicos y chicas suelen plantear diciendo que "en un circuito eléctrico, cuantas más baterías haya la bombilla **siempre** dará más luz", a menudo dicen que se confirma su idea aunque al hacer el experimento las baterías estén situadas en paralelo. Como explicación de la no coherencia entre lo que ven realmente y esta afirmación, manifiestan causas debidas al mal funcionamiento de alguna parte del montaje (pilas gastadas, bombilla que no funciona bien, conexiones mal hechas ...). Por lo tanto, será importante ayudar al alumnado a ser exigente en la comprobación de los datos que obtiene, por ejemplo, haciendo réplicas o cambiando el diseño.

Hay que recordar que las **observaciones pueden ser cualitativas o cuantitativas** y que mientras el experimento cualitativo se basa en observaciones donde no se hacen medidas, en el cuantitativo éstas son imprescindibles. Aún así no hay ninguna diferencia entre los dos tipos de metodologías en cuanto al diseño del experimento.

También se ha de discutir y consensuar el **procedimiento para registrar y procesar los datos**, las informaciones y los resultados que de ellos se deducen. Los estudiantes deben aprender a utilizar diferentes herramientas como tablas, gráficos y diagramas, utilizando recursos TIC siempre que se pueda. Hay propiedades que en la escuela sólo las observamos cualitativamente (el color, el olor, el sabor...). En este caso tenemos adjetivos para registrar las diferentes posibilidades y pueden utilizar términos como mayor/menor, muchos/algunos, más rápido/más lento, etc. Aún así, en tanto sea posible, habrá que animar al alumnado a cuantificar, midiendo con instrumentos idóneos, la masa, la longitud,

el volumen, el tiempo, la fuerza, la temperatura... También hay que tener presente que muchas variables son el resultado de relacionar dos o más magnitudes como, por ejemplo, la densidad (m/V), la concentración (g/l) o la velocidad (e/t).

Cuando hacemos un experimento para investigar algún problema queremos obtener **resultados fiables** ya que es la condición para que se puedan deducir conclusiones válidas. Es importante, por tanto, ser consciente de los errores que se pueden hacer durante un experimento y cómo poder evitarlos. Algunos dependen de la persona que recoge los datos (por ejemplo, observar en función de las ideas previas, no utilizar correctamente y con la precisión adecuada un instrumento de medida, no recoger bien los datos...). En cambio, otros son consecuencia de la no adecuación de la metodología de trabajo que se utiliza o del mal funcionamiento de algún instrumento. Normalmente los errores se superan contrastando los datos recogidos con los obtenidos por otros compañeros y haciendo réplicas, es decir, repitiendo el experimento.

A lo largo del proceso de indagación el profesorado puede plantear preguntas del tipo:

- *¿Qué experimento harás para verificar la hipótesis que has formulado (o la predicción que has hecho)? ¿Qué datos se puede esperar recoger si llevamos a cabo este experimento? ¿Qué se debería hacer para obtener los datos que necesitas? ¿Por qué crees que este método puede ser adecuado? ¿En qué te fundamentas para afirmarlo?*
- *¿Qué aparatos o instrumentos necesitas? ¿Qué técnicas tendremos que aplicar? ¿Cada cuánto se recogerán los datos? ¿Cuántas? ¿Como de precisas deben ser esas medidas? ¿Qué se debería prever para evitar errores?*
- *¿Cómo se puede hacer la anotación de los datos de experimentación? ¿Qué procedimientos utilizarás para el tratamiento de los datos o para representar gráficamente? ¿En que te pueden ayudar las TIC?*
- *¿Cómo podemos continuar esta investigación? ¿Y para superar este obstáculo? ¿Hay que hacer más réplicas? ¿Cuántas?*
- *¿Cómo podrías estar seguro de que los datos obtenidos son fiables? ¿Por qué los resultados obtenidos por los diferentes grupos son tan diferentes? ¿Cómo se podría decidir cuáles son los más fiables?*

c.3 Análisis de los resultados

Para analizar los resultados obtenidos cabe preguntarse inicialmente **qué nos dicen los datos** obtenidos en relación a la pregunta, predicción o hipótesis planteada, y si son coherentes. En este momento del proceso de la investigación será importante la conversación en la que, al comparar los resultados de cada grupo, es bueno que surjan diferentes puntos de vista. Cuando los niños y niñas exponen sus ideas se les deberá animar a **fundamentar sus afirmaciones en las pruebas obtenidas** preguntándose: *¿Qué regularidades y qué diferencias se observan? ¿Qué cambia y qué se conserva? ¿Cómo era al inicio del proceso el sistema -el objeto, seres vivos, material...- y cómo es al final? ¿Cuáles pueden ser las causas de los cambios? ¿Qué consecuencia observamos a partir de cambiar la variable ...? etc.*

También son buenas preguntas aquellas que invitan a categorizar los datos identificando clases, variables, acciones, propiedades... Así, cuando se observa un fenómeno lo situamos en una clase de objetos, hechos o acciones a partir de darle un nombre (**es** un mamífero, **es** un metal), de reconocer propiedades (si **tiene** pelo, brilla, es transparente,

es insoluble a temperatura ambiente), y de indicar **qué hacemos y cómo cambia** (lo hemos mezclado y se disuelve, lo hemos calentado y se funde...).

Poco a poco habrá que animarles a **encontrar relaciones con otros hechos que recuerdan y con conocimientos o modelos teóricos**. Se trata de ayudar a pasar de la descripción de lo que han hecho a la elaboración de posibles interpretaciones (del mundo de las observaciones al mundo de las ideas). Estas interpretaciones reflejarán diferentes modelos explicativos que habrá que comparar y criticar a la luz de las pruebas y de los conocimientos. Preguntas que pueden favorecer la conversación son: *¿Cómo se puede explicar que se dé esta regularidad? ¿Por qué ocurrió esto? Entre los conocimientos que ya tenemos, ¿qué nos ayuda a poder justificar por qué pasa? ¿Es esta explicación coherente con los datos recogidos? ¿Qué evidencias tenemos que apoyen nuestra idea? ¿Las pruebas obtenidas nos hacen cambiar nuestro modelo o explicación inicial -o le dan apoyo-? ¿Qué más necesito conocer para saber si la explicación es idónea?*

En este proceso será importante ayudar al alumnado a distinguir entre los argumentos que son resultado de la observación y los que son interpretaciones o inferencias. Por ejemplo, observan que una vela se apaga y a veces se dice que es a causa del viento o del hecho de que la cera no quema bien, afirmaciones que en realidad son inferencias. Preguntas para pensar en ello son: *¿Qué afirmaciones puedo hacer que sean resultado de las observaciones hechas? ¿Qué prueba tengo para hacer esta afirmación? ¿Esta afirmación responde a lo que hemos observado o se refiere a lo que pensamos que puede ser una causa?*

Este proceso lleva a **construir argumentos para fomentar las conclusiones** que se exponen. A menudo exige pasar de una explicación que relaciona hechos de manera causal, a otra más teórica que requiere aplicar conocimientos, es decir, justificar. Por ejemplo, después de observar como un pequeño cristal situado en una sobresaturación aumenta de tamaño, unos alumnos responden centrándose en hechos *-el cristal madre ha crecido porque la disolución se ha enfriado -* y otros ya exponen un primer modelo teórico *-cuando la disolución se enfría, el 'polvo' se pega al cristal madre como un iman-*. Para llegar a ser capaz de justificar se necesita imaginar y relacionar diversas escalas del modelo teórico como, por ejemplo, *macro/micro* u *organismo/órganos/células*. También será importante jerarquizar, encontrar qué se complementa o qué es incompatible, discretizar², reconocer discrepancias, identificar prototipos, establecer analogías que posibilitan relacionar una idea nueva con otra conocida (es como..., se parece a...), inferir o deducir.

Los maestros tendremos que ayudar a los niños y niñas a no olvidarse de la pregunta-predicción-hipótesis original y fundamentar sus argumentos en las pruebas que han recogido y tienen anotadas en su libreta, por lo que las conclusiones que se enuncien se centren en lo que el experimento ha demostrado. También se deberá promover que se haga un buen resumen al final de la sesión, anotando lo aprendido y qué falta todavía comprobar o revisar, animando a reconocer **los límites de la investigación realizada y cómo se podría continuar**. Es conveniente valorar que el conocimiento se va construyendo a lo largo del tiempo formando redes cada vez más complejas y que, por tanto, el final de un proceso concreto de indagación es sólo un paso en el aprendizaje del conocimiento científico.

c.4 Comunicación

² Discretizar: Imaginar partes o clases cuando lo que se observa se percibe como continuo. Por ejemplo, un arco iris lo vemos formado por muchos colores y solemos señalar que hay siete; la materia la vemos continúa y para explicar los cambios la debemos imaginar formada por partículas; un tejido de un ser vivo también lo vemos continuo a simple vista y sabemos que está formado por células, etc.

Como se ha dicho anteriormente, el conocimiento científico se genera tanto en el laboratorio y en el trabajo de campo, a partir de la búsqueda de evidencias, como en los congresos, en los debates y en la elaboración de artículos. Para comunicar las ideas se han de organizar, jerarquizar, relacionar y expresar de manera que otros puedan entender y discutir. Igualmente, la construcción del conocimiento científico escolar requiere que los que aprenden hagan un proceso similar y, por tanto, la comunicación es una etapa imprescindible en el aprendizaje de las ciencias. Esta exige plantearse como responder a preguntas del tipo: *¿Qué quiero decir a los demás? ¿Cómo se lo diré? ¿Qué es importante incluir (datos, argumentos, imágenes...)? ¿Qué apoyos materiales necesito para decirlo?*

Para **comunicar ideas de la ciencia** el alumnado debe diferenciar entre el lenguaje cotidiano y el que utiliza la ciencia para explicar los hechos y los fenómenos del mundo. Necesita aprender a traducir de un tipo de lenguaje al otro y a dar significado al vocabulario científico. Además, deberá saber combinar diferentes lenguajes: simbólico, gráfico, oral y escrito. Por ejemplo, se utilizan flechas para representar las relaciones entre los organismos en una cadena trófica, vectores para representar la fuerza, una espiral helicoidal para el ADN, un esquema para describir un montaje experimental, tablas para recoger datos, etc. Aprender a hablar ciencia es, de hecho, aprender a hablar un nuevo lenguaje.

Por otra parte, es importante explicar qué tipo de texto se pide al alumnado. A menudo los maestros utilizamos la demanda "explicar" en varios sentidos y, de hecho, cada uno exige la elaboración de un tipo de texto diferente. Por ejemplo:

- "Explicar" como lo hemos hecho conlleva que el alumnado debe elaborar un texto **descriptivo**.
- "*Explicar*" qué ha pasado pide relacionar hechos entre ellos y los cambios que se observan. En este caso, el tipo de texto sí es el **explicativo**. Por ejemplo, *las plantas para crecer necesitan agua, dióxido de carbono, abono, luz, oxígeno y clorofila*.
- "*Explicar*" por qué ha pasado exige relacionar hechos y teoría y el tipo de texto es **justificativo** y es lo que caracteriza más propiamente una "explicación científica". Por ejemplo, *las plantas fabrican una parte de sus alimentos que le sirven para crecer a partir de agua, dióxido de carbono, luz y clorofila, en el proceso que llamamos fotosíntesis*.
- "*Explicar*" por qué hemos cambiado nuestras ideas o por qué una hipótesis es mejor que otra pide aplicar las reglas del texto **argumentativo**, que tiene como finalidad convencer a los compañeros que una opción o punto de vista es más idónea.

Además, para compartir ideas también es importante saber utilizar los diferentes **recursos que ofrecen las TIC**, tanto los relacionados con la comunicación de los fenómenos observados (simulaciones, fotografías, vídeos...) o el propio pensamiento (powers points, wikipedia, mapas conceptuales y gráficos...), como los que posibilitan debatir ideas (foros, blogs, twitter...).

Por último, no debemos olvidar que también se han de comunicar y compartir **las emociones y los sentimientos** que ha despertado el proceso de indagación, dado que en la realización de una actividad no sólo son importantes las ideas y los procedimientos sino también todo lo que forma parte del campo afectivo. La memoria es selectiva y las personas solemos recordar las acciones realizadas que nos han despertado sentimientos fuertes. Por tanto, hace falta ayudar a los jóvenes a expresar sus emociones, para tomar conciencia y compartirlas con otros, y es un reto para los maestros lograr que las emociones experimentadas hacia la actividad científica sean positivas. Como ejemplo podemos comprobar como Isaac Newton comunicaba sus descubrimientos de óptica:

*“(...) al principio del año 1666 (...) me procuré un prisma triangular de cristal, para emprender con él los celebrados fenómenos de colores. Y para ello, una vez ensombrecido mi aposento y hecho un pequeño agujero en la ventana para dejar pasar una cantidad conveniente de luz solar, coloqué mi prisma en la pared de entrada de la luz para que pudiera ser refractada hacia la pared opuesta. Constituyó al principio un entretenimiento **muy agradable** ver los vivos colores que allí se producían; pero al cabo de un rato me apliqué a considerarlos con más circunspección. **Quedé sorprendido** al verlos de una forma alargada (...)”³*

³ Citado por P. Feyerabend, (1975). *Contra el Método*. Barcelona: Ed. Ariel