



El aprendizaje de las ciencias en niños ciegos y deficientes visuales

M.L. Bermejo García
M.I. Fajardo Caldera
V. Mellado Jiménez

RESUMEN: Los autores revisan los problemas que plantea la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el caso de los alumnos con discapacidad visual. Resaltan tanto la necesidad de contar con adaptaciones curriculares adecuadas, como la conveniencia de abordar una metodología didáctica basada en un enfoque multisensorial. Destacan la idoneidad de los modelos analógicos, que permiten a los niños ciegos relacionar conceptos científicos con la información adquirida por otros canales sensoriales.

PALABRAS CLAVE: Educación. Enseñanza de las ciencias. Formación de profesores. Didáctica multisensorial. Modelos analógicos.

ABSTRACT: **Teaching science to blind and visually impaired children.** The authors review the problems encountered in teaching science to pupils with visual disabilities. They draw attention to both the need for suitable curricular adaptations and the advisability of using a didactic methodology based on a multisensorial approach. They advocate analogue models as particularly ideal, as they enable blind children to related scientific concepts to information acquired via other sensory channels.

KEY WORDS: Education. Science teaching. Teacher training. Multisensorial education. Analogue models.

INTRODUCCIÓN

Se dice que un alumno tiene necesidades educativas especiales si tiene dificultades de aprendizaje y necesita recursos educativos especiales para atender sus dificultades. Se trata de aquellos alumnos que no pueden aprender al mismo ritmo que la mayoría de los alumnos de su misma edad, o que tienen una discapacidad que necesita de otros recursos especiales diferentes a lo que la escuela proporciona normalmente.

El aprendizaje y el progreso adecuado debe alcanzar a todos los alumnos, lo que sólo será posible individualizando la enseñanza e intentando que cada cual alcance los objetivos de la educación escolar de acuerdo con sus posibilidades. Las orientaciones curriculares emanadas de la reforma educativa contemplan al alumnado que requiere una ayuda especial o extra para resolver sus dificultades

de aprendizaje, así como la necesidad de establecer estrategias adecuadas para dar respuesta a las dificultades de cada alumno. Estas estrategias se denominan de forma genérica adaptaciones curriculares.

Pero hablar de adaptaciones curriculares significa referirse, como desde las orientaciones de la reforma educativa se reconoce, "a estrategias de planificación y de actuación docente" (MEC, 1992c), lo que supone dar al profesorado un papel relevante: "la clave de esta estrategia es un profesorado reflexivo que entiende su actividad profesional -la enseñanza- como una tarea compleja y difícil para la que no existen respuestas prefabricadas" (MEC, 1992c).

Las adaptaciones curriculares serían la acomodación de la oferta educativa común a las necesidades y posibilidades de cada alumno. Se basan en un continuo, entre los cambios habituales que el

profesorado introduce en su enseñanza y las que se apartan significativamente del currículo. Las adaptaciones están enfocadas, por una parte, a los alumnos con dificultades de aprendizaje, debidas, bien a limitaciones personales o a una historia escolar y social difícil y negativa, y, por otra, al alumnado con discapacidades físicas, psíquicas o sensoriales.

Se distingue entre adaptaciones curriculares no significativas que no alteran sustancialmente el *curriculum* ordinario, significativas que pueden suponer la eliminación de contenidos esenciales de las diferentes áreas y la consiguiente modificación de los criterios de evaluación, y las adaptaciones de acceso, dirigidas especialmente a los alumnos con deficiencias motoras, visuales y auditivas, que originan dificultades físicas o de comunicación. La expresión alumnos con necesidades educativas engloba tanto a los alumnos que requieren adaptaciones significativas, como a los que requieren adaptaciones de acceso.

El término deficiencia visual grave abarca ciegos y deficientes visuales. Nos referiremos específicamente al término ciego cuando hablemos de niños que no tienen visión, o que ven bultos o luces, y deficientes visuales cuando tengan un resto de visión aprovechable.

Las adaptaciones curriculares abarcan un tema extraordinariamente complejo, ya que hay que referirse a cada materia y a cada necesidad educativa específica, y en los pocos años que lleva aplicándose la reforma educativa en España, todavía no disponemos de suficientes materiales de referencia. Hemos de destacar la labor que hace la ONCE en el estudio, la investigación y en el desarrollo de materiales adecuados a las diferentes áreas de conocimiento. En otros países, refiriéndonos específicamente a las ciencias experimentales, existen materiales didácticos adaptados, reuniones científicas, bibliografía especializada e incluso revistas específicas como el *Journal of Science Education for Students with Disabilities*. En general hay coincidencia en que la ciencia puede ser considerada como una de las más valiosas asignaturas que pueden ser enseñadas a estudiantes con diferentes discapacidades (Baron-Cohen, 1998; Egelston-Dodd y Himmelstein, 1996; Jordan et al., 1999; Mastropieri y Scruggs, 1992; Weisgerber, 1995).

LAS DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN NIÑOS CIEGOS Y DEFICIENTES VISUALES

Los especialistas coinciden en que todas las personas ciegas y deficientes visuales pueden

aprender ciencias en todos los niveles académicos (Sevilla, Ortega, Blanco, Sánchez, B. y Sánchez, C., 1990; Soler, 1999; Weisgerber, 1995). Si tienen un resto visual aprovechable es necesario que lo utilicen al máximo, y si son ciegos totales ello no debe suponer un obstáculo insuperable para aprender ciencias experimentales. Lo fundamental es conseguir mediante métodos didácticos adecuados que la información científica sea percibida por los niños a través de sus diferentes canales sensoriales.

Para los alumnos ciegos y/o deficientes visuales las adaptaciones curriculares que se van a utilizar son sobre todo de acceso:

- Condiciones físico-ambientales adecuadas como la eliminación de barreras arquitectónicas, condiciones adecuadas de luminosidad, ubicación del alumno en un lugar adecuado, etc.
- Materiales, equipamientos y ayudas técnicas, como la máquina Perkins, los anotadores electrónicos con voz, etc.
- Aprendizaje de un código de comunicación alternativo, como el sistema Braille.

Generalmente en la enseñanza, a diferencia de otras discapacidades, no se tiene que hacer ninguna adaptación de los contenidos conceptuales. Las adaptaciones se harán sobre todo en las actividades, en las estrategias metodológicas y en los criterios de evaluación, así como en la utilización de materiales adaptados a las necesidades de la persona ciega, aspecto este último sobre el que tratan la mayoría de las investigaciones revisadas por Mastropieri y Scruggs (1992).

Las adaptaciones en muchos casos serán válidas para toda la clase. Será el profesor de aula junto con los profesionales de apoyo (maestro de educación especial o psicólogo) quienes deben determinar si el niño ciego necesita otro tipo de adaptaciones. Para realizar una adaptación curricular en colaboración, hay que considerar cuatro etapas y aspectos fundamentales:

- Hacer una evaluación inicial psicopedagógica por los equipos específicos en colaboración con el profesorado que atiende al alumno, para lo que hay que tener en cuenta el nivel de competencia curricular, el nivel general del desarrollo, los factores que facilitan el aprendizaje, y la evaluación del contexto educativo y sociofamiliar del estudiante.
- Establecer las necesidades educativas especiales que requieran atención prioritaria.
- Dar una respuesta educativa valorando las propuestas curriculares del aula, las modifi-

caciones necesarias adaptadas al contexto educativo, los recursos materiales necesarios y las modalidades de apoyo colaborando con la familia.

- Y realizar un seguimiento registrando los progresos y revisando las medidas adoptadas (Gómez, Martín y Sánchez, 1994). Como ejemplo de adaptación curricular para alumnos ciegos en nuestro contexto, señalamos la que realizan Munt et al. (1998) en el área de tecnología en la ESO.

Entre las dificultades para el aprendizaje de las ciencias de los niños y niñas con alguna discapacidad Weisgerber (1995) destaca tres tipos de barreras:

- Las barreras actitudinales, que suelen ser las más frustrantes para el propio niño, ya que según Ausubel (1976) una de las condiciones para que se dé el aprendizaje sería la actitud o disponibilidad del niño para aprender;
- Las personales, debidas a las limitaciones de su discapacidad, que en el caso de los ciegos son barreras de acceso a la información;
- Y las ambientales y arquitectónicas.

Los niños ciegos necesitan adaptar su marco de referencia a las características del aprendizaje de las ciencias. Sevilla et al. (1990) señalan que los niños ciegos de nacimiento tienen más dificultades con la tercera dimensión espacial. También los desarrollos y operaciones algebraicas pueden suponer una dificultad adicional al no percibir una simbología que les facilite las tareas, así como las construcciones geométricas, el material gráfico, etc. A éstas añadiríamos las dificultades para aprender contenidos relacionados con las grandes dimensiones en el espacio, objetos microscópicos, las formas compuestas, o el movimiento. Este conocimiento lo alcanzan por medio de las analogías y extrapolaciones.

El niño ciego congénito percibe los objetos de una manera diferente a la de los niños con visión normal. Sin embargo esto no quiere decir que no posea los conceptos. Estos niños llegan al conocimiento de las cualidades de los objetos mediante el oído, el tacto, el olfato, el gusto y la kinestesia. La audición les da indicios de la dirección y distancia de los objetos que producen sonidos, pero no de los objetos como tales; las experiencias táctiles y kinestésicas requieren un contacto directo con los objetos o un movimiento alrededor de ellos.

Para llevar a cabo la integración de alumnos con necesidades educativas especiales el profesorado es clave. El rol que asuma el profesor es un

importante modelo para los alumnos con discapacidades (Weisgerber, 1995). Entre los obstáculos a la educación en ciencias de los niños ciegos y deficientes visuales se encuentran la falta de metodologías y materiales específicos y las bajas expectativas del profesorado. Según Soler (1999) los profesores que imparten las asignaturas de ciencias experimentales pueden ser poco motivantes para estos alumnos debido a que:

- Utilizan una enseñanza visuocentrista en la que se utiliza mucho el canal visual, sin tener en cuenta el resto de los canales sensoriales.
- Privan a estos alumnos y al resto de la clase que ve de una información científica más completa, porque apenas se tienen en cuenta otras vías de información.
- Tienen excesiva prisa por dar todos los contenidos, a veces privando al alumno de una explicación detallada y secuencial de cada experiencia.
- Tienen bajas expectativas, por desconocimiento o por una actitud negativa, y piensan que un alumno ciego no puede captar todo lo que se está explicando, o que la imagen del medio que le rodea va a ser sesgada debido a su déficit sensorial.

Otra razón que se aduce en las dificultades de aprendizaje de las ciencias para los alumnos con necesidades educativas especiales se debe a que los profesores de educación especial tienen pocos conocimientos científicos (Mastropieri y Scruggs, 1992).

En infantil y primaria el maestro que tiene que impartir el conocimiento del medio natural, tiene en su formación asignaturas relacionadas con la educación especial. Mayores problemas existen en secundaria donde podemos encontrarnos con un profesor de ciencias que carezca de la formación psicopedagógica necesaria y un psicopedagogo que carezca de la formación en ciencias. Ambos provienen de dos culturas profesionales que apenas comparten significados, lo que dificulta enormemente el trabajo colaborativo al que están obligados.

Son escasas las ocasiones (Robardey y Hyde, 1989) en que se organizan cursos específicos que combinen la formación científica, la psicopedagógica y la relacionada con la deficiencia visual, aunque todos los implicados deben tener en cuenta una serie de criterios científicos, didácticos y psicopedagógicos en relación a las dificultades de aprendizaje y a las estrategias metodológicas para favorecer el aprendizaje de las ciencias por los niños ciegos.

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A NIÑOS CIEGOS Y DEFICIENTES VISUALES

La intervención educativa para el alumno ciego y con baja visión la concebimos dentro de la escuela ordinaria, aunque dotada de los adecuados servicios de apoyo y de los recursos didácticos y tecnológicos que necesitan para una adecuada atención.

Esta intervención debe ser abordada por un equipo interdisciplinar en la que, una vez conocido el diagnóstico oftalmológico, participe un determinado grupo de profesionales entre ellos psicopedagogos, profesores tutores y profesores especialistas.

Entre las funciones que es necesario realizar están:

- La valoración del comportamiento visual del alumno, es decir si tiene resto visual y cómo lo utiliza.
- La evaluación psicopedagógica para determinar las respuestas educativas adecuadas.
- La propuesta de intervención educativa en la materia específica.
- El seguimiento de la evolución de estos alumnos ciegos o de baja visión.

Weisgerber (1995) destaca tres aspectos en el aprendizaje de las ciencias para niños con discapacidades: el aprendizaje multisensorial, el aprendizaje cooperativo y el interdisciplinar. Este autor ha elaborado una guía para el aprendizaje de las ciencias de los niños de primaria con distintas discapacidades, y diseña tres tipos de actividades de intervención que, según las características de cada discapacidad, es necesario tener en cuenta:

- Actividades centradas en el profesor, tales como asegurar los accesos, usar los apoyos de forma adecuada, planificar y estructurar las lecciones pensando en la discapacidad específica, proporcionar información de ciencias a la que tenga acceso el alumno, usar múltiples modalidades para transferir la información, motivar y ganarse la confianza del alumno, comprobar que se recibe la información, preparar apoyos para las tareas, evaluarlas, etc.
- Actividades centradas en los niños: aprender a comunicar sus necesidades, recoger la información, obtener y utilizar los recursos y materiales, específicamente los informáticos, aprender a responder y a informar de los resultados, etc.
- Actividades de cooperación con los compañeros: organizando equipos de trabajo, distri-

buyendo el material y los recursos tecnológicos, aprendiendo a trabajar en equipo, etc.

Recursos y materiales didácticos

Para un correcto aprendizaje, es necesario adaptar los materiales y el laboratorio de ciencias para que puedan servir tanto a los alumnos ciegos y deficientes visuales como a los que no tienen problemas de visión (Mastropieri y Scruggs, 1992; Seltzer, 1986), lo que implica revisar y adaptar:

- La estructura y el mobiliario. Por ejemplo, si los alumnos utilizan el Braille, es conveniente que las mesas tengan compartimento inferior donde se puedan colocar los escritos en braille.
- El material de laboratorio. Por ejemplo que las probetas, vasos, y en general el material de vidrio y plástico tengan las graduaciones en relieve. Soler (1999) describe ampliamente distintos materiales de laboratorio adaptados para actividades de física, química, biología, geología e interdisciplinar, así como materiales de acceso, como la adaptación al Braille de cualquier texto en un ordenador convencional. También contamos con ejemplos de adaptaciones parlantes de instrumentos de medida de precisión, como la balanza de precisión y el multímetro-termómetro descritos por Fernández del Campo et al. (1997). Sevilla et al. (1990) han realizado una propuesta de física general universitaria para alumnos ciegos, en la que han adaptado y modelizado los materiales didácticos a las características de este alumnado.

Otro aspecto es la adaptación del libro de texto, que vaya a ser utilizado por los niños ciegos o deficientes visuales, a través de su transcripción al Braille o grabación en audio para los primeros o de ayudas ópticas para los segundos. Soler (1999) estima que es necesario considerar algunos criterios específicos que debe cumplir el libro de texto:

- Buena impresión en general, para que les resulte más fácil a los deficientes visuales.
- Información clara y sistematizada, sin demasiados distractores inútiles.
- Descripción detallada de las ilustraciones.
- Que incluyan actividades multisensoriales y no sólo las basadas en la observación visual.
- Que no incluyan muchas actividades y ejercicios que requieran completar cuadros y frases del mismo libro.

En los libros de texto es necesario tener en cuenta que algunos contenidos, relacionados con

los objetos muy grandes, muy pequeños, o muy distantes, no pueden ser percibidos por los niños ciegos y que sólo pueden conocerse por analogía y extrapolación a partir de otros objetos de los que se tenga la percepción.

Otros recursos de los que se puede disponer son:

- Las máquinas duplicadoras de relieve, que realizan adaptaciones mediante el Thermoform, y que constituyen un material didáctico muy empleado para realizar dibujos en relieve de mapas y figuras.
- El libro hablado y los anotadores electrónicos con voz (Braille Hablado, Sonobrilie, etc.).
- El material tiflotécnico que comprende los diversos instrumentos de alta definición empleados por los escolares ciegos y deficientes visuales. La aparición de los ordenadores ha supuesto un gran progreso para el aprendizaje de estos alumnos. Entre ellos podemos señalar la línea Braille, los programas que leen o amplían los contenidos de la pantalla del ordenador, etc.

Las nuevas tecnologías pueden jugar un importante papel aumentando la información, comunicación, independencia y participación de estudiantes con discapacidades. En Internet pueden encontrarse páginas específicamente preparadas para ello (Burgstahler, 1999).

Finalmente es necesario adaptar la evaluación a las características de estos alumnos, no sólo en cuanto al material empleado en la misma, sino en que necesitan más tiempo en sus respuestas (Sevilla et al., 1990). Un alumno ciego puede realizar pruebas orales en la evaluación, siempre que la materia a tratar lo permita, y pruebas escritas, que requieren la presentación de la prueba en Braille y el material necesario para su realización. El sistema Braille hace más lenta la lectura y la escritura con lo cual el alumno ciego debe disponer de un tiempo adicional que dependerá de las características de las pruebas a realizar. Los alumnos con un resto visual pueden utilizar las ayudas ópticas necesarias de ampliación y también dispondrán de un tiempo adicional.

La didáctica multisensorial para el aprendizaje de las ciencias

Soler (1999) propone una didáctica multisensorial de las ciencias de la naturaleza, que consiste en utilizar todos los sentidos posibles para captar información del medio e interrelacionar los datos para producir aprendizajes completos y significativos. Estos métodos son válidos para

todos los alumnos ya sean videntes o deficientes visuales y pueden resultar muy necesarios para la integración de alumnos con problemas visuales, al poder utilizar otros sentidos. Son útiles para los profesores que imparten las materias de ciencias ya que les permiten tener otra perspectiva diferente y más amplia de su asignatura, con la que se beneficiará a todo el alumnado. También para los psicopedagogos y maestros de educación especial, para que ayuden a la integración de los escolares ciegos y deficientes visuales con el resto de la clase, colaboren con el profesor de la materia en detectar los problemas de aprendizaje y para que puedan realizar una intervención adecuada.

La didáctica multisensorial utiliza el tacto, el oído, el gusto y el olfato, y por supuesto el resto visual aprovechable de los alumnos deficientes visuales en el aprendizaje de las ciencias, para los que también pueden diseñarse actividades específicas con las ayudas ópticas necesarias. Soler (1999) analiza cada uno de estos sentidos en relación al aprendizaje de las ciencias, aunque para ello previamente es necesario aprender a utilizarlos (figura 1).

El tacto de forma general ayuda a discriminar las texturas, la dureza y la flexibilidad, a distinguir formas y volúmenes y a proporcionar una estética y un componente afectivo. El aprendizaje que se realiza a partir del tacto es de naturaleza analítica, ya que se perciben primero las partes para posteriormente formar la imagen mental global.

El oído permite captar, además de estímulos acústicos, otros kinestésicos y de equilibrio. A diferencia del tacto la percepción del oído es de tipo global y simultánea, lo que lleva a referirse a ambientes sonoros, que habrá que analizar y descomponer en sus elementos constituyentes. El oído puede dar una sutil información acerca del proceso físico que se percibe.

El olfato aún ha sido menos utilizado en una enseñanza de las ciencias visuocentrista, sin embargo también puede aportar valiosa información en múltiples actividades. El olfato es un sentido de percepción global de un único estímulo compuesto, a diferencia del oído que percibe globalmente diversos sonidos simultáneos pero diferenciados e independientes. Esto supone una mayor dificultad de diferenciación y una mayor necesidad de entrenamiento en los estímulos olfativos.

El sentido del gusto percibe cuatro sabores básicos: dulce, agrio, amargo y salado. Es un sentido de percepción global de estímulo compuesto,

<p style="text-align: center;">TACTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación de minerales y rocas • Observación de las distintas partes de las plantas • Observación de modelos anatómicos tridimensionales • Percepción de masas, volúmenes y densidades • Lectura táctil de instrumentos de laboratorio • Exploración táctil del medio ambiente próximo • Confección de murales táctiles • Actividades de modelado • Montaje y adaptación de circuitos eléctricos 	<p style="text-align: center;">OIDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación auditiva de ecosistemas • Reconocimiento de animales • Actividades químicas (reconocimiento del pH) • Actividades de ciencias de la Tierra • Observación de fenómenos meteorológicos • Observación de las propiedades del sonido • Actividades analógicas con sonido
<p style="text-align: center;">OLFATO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de flores, hierbas y plantas • Detección de la clorofila • Identificación de sustancias químicas • Reconocimiento de minerales, rocas y suelos • Reconocimiento de olores naturales y artificiales • Observación olfativa del medio ambiente 	<p style="text-align: center;">GUSTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principios inmediatos de los alimentos • Distinción y conservación de alimentos • Reconocimiento de hierbas medicinales • Reconocimiento de minerales y rocas • Aprendizaje de propiedades químicas

Figura 1.
Algunas de las actividades multisensoriales descritas por Soler (1999).

sin embargo el aprendizaje gustativo es de tipo analítico pues percibe sólo aquello que entra en contacto con la lengua disuelto en la saliva. En las actividades de este grupo y en el anterior habrá que tener muy presente las normas y condiciones de higiene y seguridad.

En educación ambiental contamos con numerosos ejemplos de actividades multisensoriales para alumnos ciegos de primaria (Buden et al, 1997; Martín-Blasa, 1996; Miñana y Vallés, 1995) que pueden servirnos de referencias para otras materias de ciencias.

Las analogías en la enseñanza de las ciencias a niños ciegos

Algunas de las actividades anteriores están basadas en la utilización de modelos analógicos que permiten a los niños ciegos inferir a través de los demás sentidos características y propiedades que los otros niños adquieren por el sentido de la vista.

Para los niños ciegos las analogías pueden ser especialmente útiles para el aprendizaje de las ciencias, si les permiten relacionar conceptos científicos abstractos o visuales con otros dominios que ellos puedan dominar a través de los demás sentidos. Por ejemplo, Blanco et al. (1994) destacan la utilización por los ciegos de sistemas analógicos de representación para la determinación de las distancias.

Una analogía es una comparación entre dominios, cosas, ideas o situaciones distintas, pero que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí (Aragón, Bonat, Cervera, Mateo y Oliva, 1999; Marcos, 1993; Zook, 1991). Desde el constructivismo se considera que los significados se construyen de una forma activa, relacionando lo nuevo con las ideas que se poseen, por un proceso generalmente analógico, como ya indicara la teoría de los esquemas (Duit, 1991). También la analogía juega un papel clave en el proceso de equilibración de Piaget (Lawson, 1994).

Las analogías constituyen una extraordinaria ayuda para el aprendizaje de cualquier persona, ciega o no, si se consigue que a través de ellas se relacione lo nuevo con lo que ya se conoce (Dagher, 1995). En la propia historia de la ciencia los científicos han utilizado analogías para construir nuevas teorías, algunas de las cuales han permanecido en el tiempo (recordemos la analogía del Sistema Planetario Solar para el átomo de Bohr o la doble hélice para el ADN).

Las analogías son potencialmente muy útiles (Aragón et al., 1998; Duit, 1991) para el aprendizaje de las ciencias porque permiten partir de los conocimientos previos del alumno, ayudan a conocer las ideas alternativas de los alumnos, facilitan la transferencia de conocimientos, favorecen la metacognición, favorecen el cambio conceptual, facilitan la visualización de conceptos abstractos, entrenan en la construcción y uso de

modelos, refuerzan los recursos expresivos de comunicación y pueden adaptarse a la diversidad del alumnado.

Sin embargo algunas analogías pueden reforzar ideas alternativas en los alumnos, por lo que los profesores tienen que analizar su alcance antes de utilizarlas en clase. Una limitación es que al haber pocos estudios sobre las analogías, la mayoría de los profesores sólo utilizan las que ellos se inventan o las que han visto utilizar en clase a sus profesores, y apenas se realizan análisis didácticos sobre las ventajas o desventajas de cada analogía concreta (Otero, 1997).

Para los niños ciegos las analogías deben adaptarse para que pueda comprenderse un concepto o propiedad científica a través de los demás sentidos. Veamos a continuación dos ejemplos de analogías para alumnos de secundaria.

Analogía de la escalera para la conversión de temperatura entre diferentes escalas

Tomemos las escalas de temperatura Celsius o centígrada, utilizada en España, y la escala Fahrenheit, que aún sigue utilizándose en Gran Bretaña y países anglosajones. Los puntos de fusión del hielo y de ebullición del agua, en condiciones normales, corresponden al 0 y al 100 de la escala Celsius y equivalen, respectivamente, a los puntos 32 y 212 de la escala Fahrenheit.

Para calcular la equivalencia de temperaturas entre ambos sistemas, T_C temperatura Celsius y T_F temperatura Fahrenheit, muchos alumnos de secundaria, e incluso de universidad, suelen aplicar erróneamente la siguiente correspondencia:

$$100^\circ \text{C} \longrightarrow 212^\circ \text{F}$$

$$T_C \longrightarrow T_F$$

Cuando realizan el razonamiento anterior no consideran que si en la escala Celsius la temperatura varía 100°C , en la escala Fahrenheit la variación es sólo de $180^\circ \text{F} = 212 - 32$, y no de 212.

En una segunda fase del proceso de razonamiento la correspondencia que suelen realizar es la siguiente:

$$100^\circ \text{C} \longrightarrow 180^\circ \text{F}$$

$$T_C \longrightarrow T_F$$

También errónea porque ambos ceros no coinciden, por lo que la correspondencia sería:

$$100^\circ \text{C} \longrightarrow 212^\circ \text{F}$$

$$T_C \longrightarrow T_F$$

Por tanto:

$$\frac{100}{180} = \frac{T_C}{T_F - 32}$$

A los alumnos que pueden ver, el dibujo de la figura 2 les ayuda en gran medida a comprender la correspondencia proporcional entre ambas escalas:

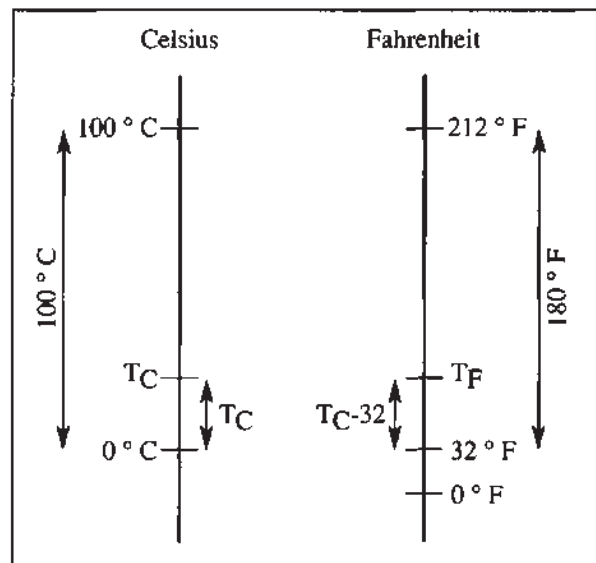


Figura 2. Comparación gráfica entre las escalas Celsius y Fahrenheit de temperatura.

Este dibujo, que expresa directamente la correspondencia entre los intervalos de temperatura, y que los alumnos ciegos no pueden ver, es el que vamos a sustituir por la analogía de la escalera, que puede describirse de forma verbal para los alumnos ciegos y de la que ellos tienen una experiencia sensorial.

La analogía consiste en dos escaleras de un mismo edificio con los escalones numerados, que se diferencian en la altura de sus escalones. El escalón 0 de la escalera que llamaremos Celsius coincide con el 32 de la que llamamos Fahrenheit y el 100 de la Celsius coincide con el 212 de la Fahrenheit. Esto significa que cuando en la Celsius subimos 100 escalones en la Fahrenheit hay que subir 180. O que diez escalones de la Celsius equivalen a 18 de la Fahrenheit, como se muestra en la figura 3.

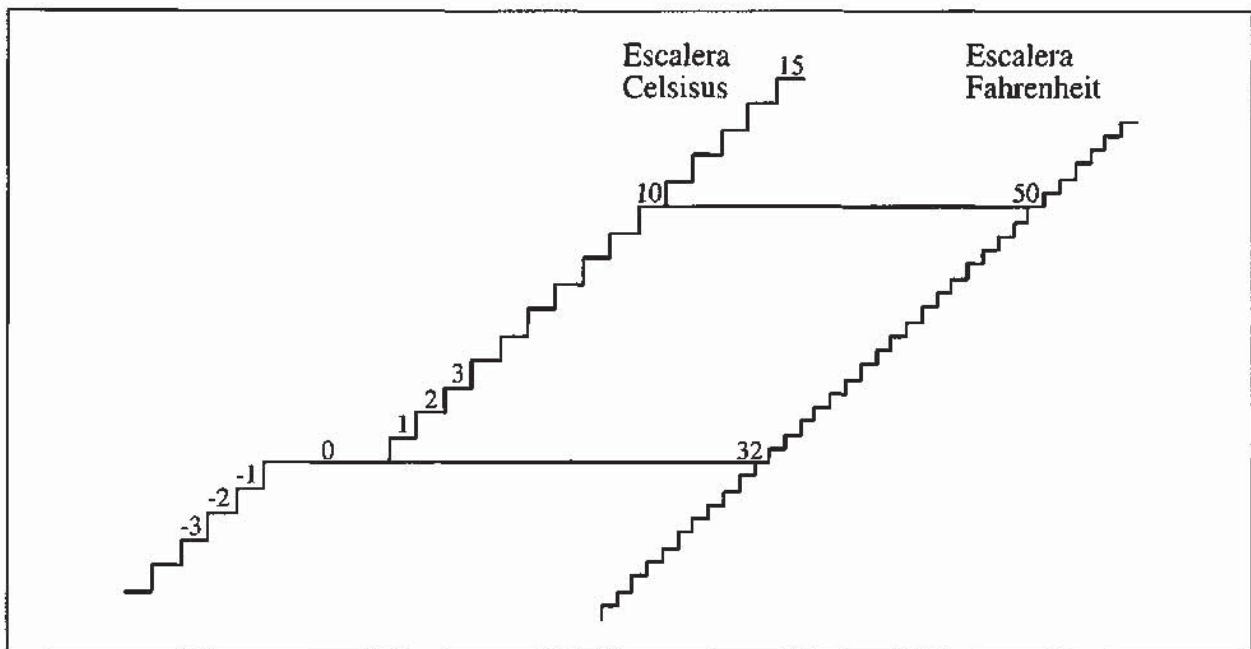


Figura 3.

Analogía de la escalera para la conversión de temperaturas entre las escalas Celsius y Fahrenheit.

El problema de equivalencia de temperaturas entre ambas escalas, se plantea en la analogía de la escalera en calcular la equivalencia entre la numeración de dos escalones situados a la misma altura en las dos escaleras.

La analogía de la escalera es también útil para los estudiantes ciegos para establecer la relación proporcional entre intervalos, ya que tienen la experiencia sensorial de las escaleras que les ayuda y pueden razonar fácilmente sobre la diferencia entre una escalera que tiene 10 escalones entre dos pisos y otra que tiene 18 y en las que el escalón cero de ambas escaleras no está en el mismo piso.

Analogía del movimiento de dos ruedas unidas por un eje para la refracción de la luz

La refracción es el cambio de velocidad que experimenta la luz al pasar de un medio a otro y

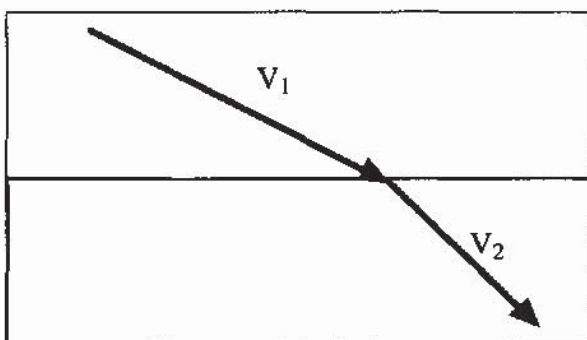


Figura 4.
Refracción de la luz.

como consecuencia el cambio en la dirección de propagación, excepto naturalmente cuando el rayo incidente es perpendicular a la superficie de separación de los medios (figura 4).

En 1939 Einstein utilizaba una analogía para explicar la refracción considerando la luz como una onda: "Dos personas están caminando, sosteniendo entre ambas una barra rígida. Al principio caminan en línea recta y con la misma velocidad [...] y la barra experimentará desplazamientos paralelos [...] Si por un momento las velocidades de ambos no son las mismas, la barra girará. [...] Cuando las velocidades se igualen nuevamente, el movimiento se realizará en una dirección distinta de la primitiva" (Einstein e Infeld, 1939).

Harrison y Treagust (1993) analizan la utilización ventajosa para el aprendizaje de la analogía mecánica de la figura 5 para la enseñanza de la refracción en una clase de secundaria.

Las dos ruedas unidas por un eje se mueven paralelas por una superficie lisa a la misma velocidad y se dirigen hacia una parte más rugosa, separada por la línea L. Al llegar primero la rueda B a la línea de separación disminuirá su velocidad y hará que el eje gire y que la dirección del movimiento varíe respecto a la inicial. Cuando la rueda A, más atrasada, alcance la superficie rugosa, la velocidad de ambas ruedas volverá a igualarse, aunque será menor que en la superficie lisa, y ambas volverán a marchar paralelas en una dirección distinta que la que tenían en la superficie lisa.

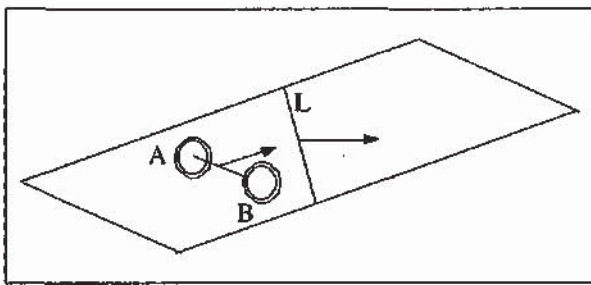


Figura 5.

Analogía de Harrison y Treagust (1993) para la refracción.

Tanto la analogía de Einstein como la de Harrison y Treagust son útiles para el aprendizaje de la refracción para todos los estudiantes, pero para los ciegos tienen la ventaja de que pueden comprobarse por el propio alumno y llegar a tener de la misma una experiencia multisensorial.

CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios realizados indican que todas las personas ciegas y deficientes visuales pueden aprender ciencias en todos los niveles académicos. Para ello es necesario conseguir mediante las estrategias didácticas adecuadas que la información científica sea percibida por los alumnos a través de los distintos canales sensoriales.

El profesorado es un factor clave para el aprendizaje de las ciencias del alumno ciego y deficiente visual. El aprendizaje puede mejorar notablemente si el profesorado que imparta las asignaturas relacionadas con las ciencias de la naturaleza cuenta con una adecuada preparación científica y didáctica (Mellado y González, 2000), con materiales adaptados, y con apoyos de los especialistas. Con las necesarias adaptaciones curriculares de acceso y de material, y la metodología adecuada, el profesor puede proporcionar a estos estudiantes una mejor adaptación a la escuela ordinaria y una mejor enseñanza de las ciencias.

Es fundamental la estimulación multisensorial con el fin de compensar la carencia de visión. Aprender a través del tacto, de los olores, del paladar, de los sonidos va a llevar al alumno ciego a conocer el mundo que le rodea creándoles al mismo tiempo imágenes mentales. Esta metodología va a aumentarles los sentimientos de seguridad y a fomentarles una actitud positiva hacia el aprendizaje de las ciencias.

Es muy importante la colaboración del profesorado de ciencias con el psicopedagogo y/o con el maestro de educación especial, en la enseñanza de niños ciegos y deficientes visuales. Cada especialista aporta su formación, experiencia y una

particular visión del tema, pero todos ellos tienen que compartir objetivos y significados en beneficio del aprendizaje de los alumnos. El profesor de ciencias no puede sentirse solo, lo que podría generarle actitudes negativas, ansiedad frente a lo desconocido e inseguridad frente a su propio rol como profesor, sino sentirse apoyado por los demás especialistas en la enseñanza de las ciencias a los alumnos ciegos y deficientes visuales.

Por último es necesario investigar y profundizar en los problemas de enseñanza y aprendizaje de contenidos concretos de ciencias para alumnos ciegos y deficientes visuales. La utilización de modelos analógicos es un ejemplo de representación de los contenidos que permite a estos escolares comprender más fácilmente conceptos científicos abstractos a través de los otros sentidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragón, M.M., Bonat, M., Cervera, J., Mateo, J. y Oliva, J.M. (1998). Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y de la química. En: E. Banet y A. de Pro: *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. (29-35). Murcia: DM.
- Ausubel, D.P. (1976). *Psicología educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- Barón-Cohen, S. (1998). ¿Son los niños autistas mejores físicos que psicólogos? *Infancia y Aprendizaje*, 84, 33-43.
- Blanco, F., Leo, E., López, R. y Colon, B. (1994). Exploración háptica y estimación mental de distancias en una isla ficticia: la importancia de la acción en las representaciones espaciales. *Integración*, 14, 5-15.
- Buden, E., Lingua, L., Mazzucco, M., Tobares, L. y Chermulas, S.M. (1997). Cuidando nuestro medio ambiente nos cuidamos nosotros mismos. *Integración*, 24, 37-42.
- Burgstahler, S. (1999). Web access for science students with disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 2, 19-23.
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-642.
- Egelston-Dodd, J. y Himmelstein, J. (1996). A constructivist paradigm in science education for students who are deaf and hard-of-hearing. *Journal of Science for Persons with Disabilities*. 4(1), 20-27.
- Einstein, A. e Infield, L. (1939). *La física aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Losada.

- Fernández del Campo, J.E., Muñoz, J., Pérez, F. y Medrano, M. (1997). Adaptación de instrumentos de medida para su utilización en prácticas de laboratorio con alumnos ciegos y deficientes visuales. *Integración*, 24, 30-36.
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade 10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.
- Gómez, V., Martín, J. y Sánchez, J.P. (1994). El acceso al currículum. Adaptaciones curriculares. En: M. Bueno y S. Toro (coords.): *Deficiencia visual. Aspectos psicoevolutivos y educativos*. (263-292). Archidona (Málaga): Aljibe.
- Guerrero, E., Blanco L.J. y Vicente, F. (en prensa). Trastornos emocionales ante la educación matemática. En J.N. García (Coord.): *Aplicaciones de intervención psicopedagógica*.
- Jordan, S.D., Martin, E.D., Rosecrans, J.A. (1999). Encouraging science careers for students with disabilities. *Journal of Science Education por Students with Disabilities*, 2, 6-11.
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 165-187.
- Marcos, F. (1993). *Diccionario básico de recursos expresivos*. Badajoz: Universitas.
- Martín-Blasa, A. (1996). La vida entre las manos: una experiencia de horticultura con niños ciegos. *Integración*, 20, 26-31.
- Mastropieri, M.A. y Scruggs, T.E. (1992). Science for students with disabilities. *Review of Educational Research*, 62, 377-411.
- MEC (1992c): *Primaria. Adaptaciones curriculares*. MEC. Madrid.
- Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias experimentales. En: F. J. Perales y P. Cañal (eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. (535-556). Alcoy: Marfil.
- Miñana, J.J. y Vallés, A. (1995). Ecología litoral: una experiencia de educación ambiental en niños ciegos. *Integración*, 18, 29-37.
- Munt, R. M. et al. (1998). Adaptaciones curriculares para alumnos con discapacidad visual: una propuesta en el área de tecnología. *Integración*, 28, 34-43.
- Norman, K. Caseau, D. Y Stefanich, G.P. (1998). Teaching students with disabilities in inclusive science classrooms: *Survey results*. *Science Education*, 82 (2), 127-146.
- ONCE (1992). *Guía de Servicios sociales, Educativos y Culturales*. Madrid: Organización Nacional de Ciegos Españoles.
- Otero, M. R. (1997). ¿Cómo usar analogías en clases de física? *Caderno Catarinense Ensino Física*, 14(2), 179-187.
- Robardey, C. P. y Hyde, K. (1989). Science for secondary teachers: *implementing lab activities and essential element in special education*. Comunicación presentada a Association of Teacher Educators Mid-America. Texas (USA).
- Seltzer, R. J. (1986). Chemistry Lab adapted for blind students. *Chemical and Engineering News*, 64, 28-29.
- Sevilla, J., Ortega, J., Blanco, F., Sánchez, B. y Sánchez, C. (1990). Física general para estudiantes ciegos: método y recursos didácticos. *Revista Española de Física*, 4, 45-52.
- Sevilla, J., Ortega, J., Blanco, F., Sánchez, B. y Sánchez, C. (1990). Física general para estudiantes ciegos y deficientes visuales: diseño, construcción, experimentación y evaluación de material didáctico. *Integración*, 6, 23-35.
- Soler, M.A. (1999). *Didáctica multisensorial de las ciencias. Un nuevo método para alumnos ciegos, deficientes visuales, y también sin problemas de visión*. Barcelona: Paidós.
- Weisgerber, R. A. (1995). *Science succes for students with disabilities*. New York: Addison-Wesley.
- Zook, K.B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational psychology Review*, 3, 41-72.

Maria Luisa Bermejo García y María Isabel Fajardo Caldera. Departamento de Psicología y Sociología de la Educación; Vicente Mellado Jiménez. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. Facultad de Educación. Universidad de Extremadura. Avda. Elvas s/n. 06071 Badajoz (España). Correo electrónico: mbermejo@unex.es.