



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



# Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales

**SERCE**

SEGUNDO ESTUDIO REGIONAL COMPARATIVO Y EXPLICATIVO



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Segundo Estudio  
Regional Comparativo  
y Explicativo

Aportes para  
la enseñanza  
de las Ciencias  
Naturales



Laboratorio Latinoamericano  
de Evaluación de la Calidad  
de la Educación

Esta es una publicación de la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago) y del Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación - LLECE

Jorge Sequeira  
*Director*  
*OREALC/UNESCO Santiago*

Héctor Valdés  
*Coordinador del LLECE*

Carmen Gloria Acevedo  
Sandra Carrillo  
Mauricio Castro  
Roy Costilla  
Silvia Ortiz  
Ernesto Treviño  
*Equipo del LLECE*

Marcelo Avilés  
*Jefe Unidad de Comunicaciones y Publicaciones*

María Eugenia Meza  
*Edición*

Alejandro Urbán  
*Diseño portada*

Gerardo Patiño  
*Diseño Interior*

Ximena Milosevic  
Ana María Baraona  
*Diagramación*

Los autores son responsables por la selección y presentación de los hechos contenidos en esta publicación, así como de las opiniones expresadas en ella, que no son necesariamente el pensamiento de la UNESCO y no comprometen a la Organización. Las denominaciones empleadas y la presentación de los datos no implican, de parte de la UNESCO, ninguna toma de posición respecto al estatuto jurídico de los países, las ciudades, los territorios, las zonas y sus autoridades, ni respecto al trazado de sus fronteras o límites.

El uso de un lenguaje que no discrimine ni reproduzca esquemas discriminatorios entre hombres y mujeres es una de las preocupaciones de nuestra Organización. Sin embargo, no hay acuerdo entre los lingüistas acerca de la manera de hacerlo en castellano. En tal sentido, y para evitar la sobrecarga gráfica que supondría utilizar en español o/a; los/las y otras formas sensibles al género con el fin de marcar la presencia de ambos sexos, hemos optado por usar la forma masculina en su tradicional acepción genérica, en el entendido que es de utilidad para hacer referencia tanto a hombres y mujeres sin evitar la potencial ambigüedad que se derivaría de la opción de usar cualesquiera de las formas de modo genérico.

Permitida su reproducción total o parcial, así como su traducción a cualquier idioma siempre que se cite la fuente, y no se utilice con fines lucrativos.

ISBN 978-956-322-007-0

Impreso por Salesianos Impresores S.A.

Santiago, Chile; enero, 2009.

# Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales

Julia Leymonié Sáenz  
(*Uruguay*)

Colaboradoras

Olga Bernadou (*Uruguay*)

María Dibarboure (*Uruguay*)

Edith Santos (*Cuba*)

Ignacia Toro (*Chile*)

# Índice

<b>Presentación</b> .....	9
<b>Prólogo</b> .....	11
<b>1. Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo: ¿En qué consiste?</b> .....	17
¿Cuáles son sus objetivos? .....	17
¿A quién estuvo destinado? .....	19
¿Qué instrumentos fueron utilizados? .....	19
¿Qué características tuvieron las pruebas? .....	20
<b>2. La prueba de Ciencias ¿Qué saben los niños y niñas latinoamericanos de Ciencias?</b> .....	22
<b>¿Cómo usan sus conocimientos científicos en situaciones escolares o de la vida cotidiana?</b>	
¿Qué dominios y procesos fueron evaluados en Ciencias? .....	25
¿Cómo son y cómo están organizadas las actividades de la prueba de Ciencias? .....	26
<b>3. Repensando la enseñanza de las Ciencias en primaria. Aportes desde la didáctica de las Ciencias</b> .....	28
Breve revisión histórica .....	28
Construcción de conocimientos científicos: las concepciones espontáneas .....	34
¿Para qué enseñar Ciencias Naturales en la escuela primaria? .....	40
<b>4. Resultados generales de las pruebas de Ciencias</b> .....	45
Resultados de Ciencias según los promedios de los países y de la región .....	45
Resultados de Ciencias según los dominios y los procesos evaluados .....	50
Resultados de Ciencias según Niveles de Desempeño .....	57
<b>5. Análisis de las actividades propuestas. ¿Cuáles son los resultados según los temas abordados?</b> .....	65
Acerca de las situaciones escolares y de la vida cotidiana .....	65
Actividades de la prueba que ejemplifican los cuatro Niveles de Desempeño .....	67
Actividades de la prueba analizadas por grupos temáticos .....	81
<b>6. Las situaciones de enseñanza como objeto de análisis</b> .....	105
Aspectos teóricos de referencia .....	105
Dimensión vinculada con las Ciencias Naturales .....	106
Dimensión vinculada con la concepción de aprender y la noción de enseñar .....	108
A manera de síntesis de esta primera parte .....	112
Análisis de situaciones .....	113
A modo de cierre .....	125
<b>7. Desarrollar el pensamiento</b> .....	126
Desarrollo .....	128
Conclusiones .....	137
<b>Bibliografía</b> .....	139

## **AGRADECIMIENTOS**

*Esta publicación ha sido posible gracias a la colaboración de muchas personas durante los años que llevó la preparación de la prueba, su realización, el procesamiento de las informaciones recogidas, y finalmente, el análisis y las reflexiones surgidas en torno a los resultados; en particular el trabajo de la especialista regional Beatriz Macedo en la coordinación del equipo de Ciencias.*

*Agradecemos especialmente el impulso del actual coordinador del LLECE, Héctor Valdés, quien nos ofreció su sólido apoyo en todo momento; así como la colaboración de Mauricio Castro, Roy Costilla, Daniel Bogoya y Carlos Pardo en el análisis de la información y comentarios; los valiosos aportes de Giuliana Espinosa y Pedro Ravela y el apoyo de Maite González y Silvia Ortiz en los aspectos logísticos.*

*Asimismo agradecemos a Edith Santos (Cuba) y a Marcela Armúa (Uruguay) la lectura crítica del borrador de esta publicación y a Eduardo Dotti (Uruguay), las recomendaciones de estilo.*

# Presentación

El Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), cuyo Primer Reporte ha sido publicado a mediados de 2008, ha aportado importantes informaciones que constituyen insumos sustantivos para la toma de decisiones en materia de políticas sociales y educativas en los países de América Latina y el Caribe.

El desafío presente es realizar estudios más específicos que permitan contar con información precisa sobre cómo optimizar el aprendizaje de los estudiantes, especialmente de aquellos que, por diferentes causas, están en desventaja social.

El presente texto, el tercero que publica la colección Aportes para la Enseñanza –los dos anteriores estuvieron dedicados a Lectura y Matemática–, tiene como objetivo proporcionar a los docentes orientaciones que los ayuden a mejorar sus prácticas pedagógicas en las áreas exploradas por el SERCE de modo de lograr que los estudiantes construyan los aprendizajes necesarios para participar plenamente en la sociedad.

Esta colección es coherente con una concepción de evaluación de la calidad de la educación que no se limita a hacer diagnósticos de situación, sino que proporciona, además, elementos para favorecer las prácticas educativas y avanzar hacia una educación de calidad sin exclusiones.

La colección Aportes para la Enseñanza constituye, sin lugar a dudas, el valor agregado más importante del SERCE, respecto de otras evaluaciones internacionales. Esfuerzos como los que este tipo de estudios supone no pueden quedar reducidos al ámbito del mundo académico, o de quienes toman decisiones de política educativa: es imprescindible que lleguen a las escuelas porque son los docentes los verdaderos autores de los cambios educativos.

Esta publicación tiene el propósito de acercar a los docentes los resultados de la evaluación de aprendizajes en el área de las *Ciencias Naturales* y, al mismo tiempo, pretende ofrecer algunos elementos conceptuales que permitan apreciar el valor que los resultados de las evaluaciones masivas o estandarizadas pueden tener para el trabajo docente cotidiano en el aula.

La cada vez más creciente importancia de los asuntos científicos en nuestra vida cotidiana demanda una población que maneje suficiente conocimiento y comprensión para seguir los debates científicos con interés, y se comprometa en los temas relativos a la Ciencia y la tecnología, tanto desde lo individual como desde lo social.

Tenemos la expectativa de que esta publicación no sólo muestre un diagnóstico de la situación actual de los aprendizajes de nuestros niños y niñas, sus fortalezas y debilidades, sino que estimule a los docentes a pensar en una nueva forma de enfocar la enseñanza de las Ciencias, para una nueva sociedad más equitativa, democrática y justa.

JORGE SEQUEIRA

Director

OREALC/UNESCO Santiago

# Prólogo

En los últimos años, la región de América Latina y el Caribe ha mejorado sus indicadores económicos, aunque a un ritmo inferior del necesario para alcanzar –antes de 2015– los objetivos de desarrollo comprometidos en las Metas del Milenio. Paralelamente, la pobreza se ha extendido a 209 millones de personas; existen 81 millones de personas en la indigencia; y la distribución de ingresos continúa siendo una de las menos equitativas del mundo, lo que se traduce en fragmentación social y cultural, exclusión, violencia e injusticia social.

Persisten, en casi todos nuestros países, colectivos y grandes grupos de estudiantes que están en una situación de desigualdad en cuanto al acceso, los logros y la calidad de los aprendizajes y las posibilidades de continuar estudios. Esto muestra la necesidad de mejorar los diseños de las políticas públicas en educación y desarrollar acciones específicas para lograr una educación de calidad para todos. La región debe dar un salto desde la igualdad de oportunidades en el acceso a la igualdad de oportunidades en la calidad de la oferta educativa y en los resultados de aprendizaje.

Dentro de esta desigualdad hay que ubicar el acceso al conocimiento científico y a una cultura científica, como base de una formación ciudadana habilitante para la toma de decisiones responsables y justificadas, y al compromiso con la construcción de un futuro sostenible.

La educación de base debería asegurar la adquisición de una cultura científica, ampliada y reforzada en la educación secundaria en el marco de una educación para todos, que contribuya a la formación de los alumnos –futuros ciudadanos y ciudadanas– para que sepan desenvolverse en un mundo marcado por los avances científicos y tecnológicos. Y para que sean capaces de adoptar actitudes responsables, tomar decisiones fundamentadas y resolver problemas cotidianos.

En educación, muchos han sido los esfuerzos por crear y promover programas, proyectos y acciones que involucren innovaciones y cambios en distintas dimensiones, tales como la gestión, los contenidos, los materiales, los insumos y que, de una u otra forma, dieran respuestas al desafío de calidad/ equidad. Muchos de ellos, no obstante, han olvidado que asegurar calidad a todos y cada uno de los estudiantes pasa por profundos cambios en los procesos pedagógicos que tienen lugar en los centros educativos y en las aulas.

La concepción de la enseñanza y del aprendizaje ha sufrido cambios significativos en los últimos años, con importantes consecuencias sobre la manera de entender cómo los estudiantes aprenden y, por lo tanto, sobre las posibles metodologías a desarrollar en las aulas. Estos cambios van de la mano con las nuevas concepciones de Ciencia y, por lo tanto, de educación científica.

En estos escenarios, la cultura de la evaluación cobra dimensiones distintas y resulta imprescindible, más allá de su integración indisoluble a todo proceso de aprendizaje y de enseñanza: es necesario que aprendamos a interpretar los resultados de las evaluaciones, superando la asignación de una calificación, y que estos resultados nos permitan aprender, luego de analizar y reflexionar sobre los contenidos y las prácticas pedagógicas.

Es por ello que este libro, que prologamos con gusto, nos parece un muy significativo aporte a la reflexión acerca de los logros de aprendizaje en esta área y, en particular, nos acerca un análisis didáctico de la interpretación de estos logros y pretende ayudarnos a profundizar los niveles de reflexión y de abordaje a la pregunta inicial ¿qué saben los niños y las niñas latinoamericanos de Ciencias Naturales?

Débil sería el aporte de una evaluación si nos limitáramos a conocer qué sabe o no un determinado grupo de estudiantes. La riqueza de Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales radica en que supera la interpretación cuantitativa, para interiorizarse en qué significa, desde el punto de vista didáctico, que alumnos de estas edades contesten determinada pregunta de una manera. Nos ilustra sobre cómo debemos analizar las respuestas para conocer lo que ‘no saben’, y nos indica qué significa que hayan contestado de esa manera y no de otra; y qué consecuencias puede tener eso para estos alumnos en sus oportunidades de futuros aprendizajes.

Nos parece importante destacar cómo ha sido posible llegar a tener en nuestras manos este libro. Ha sido un largo, interesante y arduo camino que comienza a fines de 2002, cuando los países integrantes del LLECE decidieron desarrollar el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE) con el fin de dar continuidad al Primer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (PERCE). El propósito era conocer qué aprenden los estudiantes de primaria de los países de América Latina y el Caribe en las algunas áreas del conocimiento y también la incidencia que tienen algunos factores asociados sobre la calidad de los aprendizajes. Es importante destacar que el SERCE incluye, por primera vez, el área de Ciencias Naturales, ya que el primer estudio realizado entre los años 1995 – 1997 trabajó solamente en Matemática y Lenguaje, áreas que volvieron a ser evaluadas.

La decisión motivó la necesidad de establecer un periodo de discusión e intercambio acerca de cómo y qué se iba a evaluar, qué contenidos, con que tipo de instrumentos, hasta concluir con la elaboración de las pruebas que, finalmente, fueron aplicadas a los alumnos de sexto año de primaria o básica de los países participantes. Este proceso está debidamente explicado en el presente documento.

Este periodo que, podemos considerar, finaliza con la aplicación de las pruebas, generó un trabajo entre personas de diversos países, situadas muy lejos geográficamente pero comprometidas con el estudio y permitió crear un grupo de trabajo que no estuvo limitado por las fronteras. Se contó con la colaboración de instituciones y de personas que hicieron valiosos aportes para la elaboración del instrumento de evaluación a utilizar. Es imposible mencionar a cada una de ellas, pero es de justicia mencionar a algunas, dada su dedicación, contribución y aportes fundamentales para elaborar los instrumentos de evaluación: Julia Leymoníé (Uruguay), Edith Santos (Cuba), Juana Nieda (España), Ignacia Toro (Chile) Mitsouko Okuda (Brasil) y el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.

Por diversas y variadas razones este proceso no fue fácil. Por ejemplo, contar con un marco curricular común –derivado del currículo prescrito en los países participantes–, no asegura el tratamiento de esos contenidos en el aula. Por otra parte, los ítems que integran las pruebas no son neutros, incluyen las concepciones de Ciencia, de enseñanza y de aprendizaje que tienen y manejan quienes los han elaborado y están necesariamente basados en marcos conceptuales, didácticos y epistemológicos que pueden no coincidir con aquellos a los cuales adhieren los docentes que han trabajado con los alumnos que van a contestar las pruebas.

Fue importante acordar y consensuar sobre múltiples aspectos y, en particular, saber situarse en la realidad de la enseñanza de las Ciencias en la región, y no en el deber ser de la enseñanza de las Ciencias en la región.

Una vez terminada esta etapa comenzó otra, de formación para la aplicación y corrección de las pruebas en los países participantes, lo que también permitió un rico y fluido intercambio con colegas de cada uno de ellos. Este intercambio horizontal es un aspecto a destacar, por lo enriquecedor de esta modalidad de trabajo.

Aplicadas las pruebas, fue encarado el tratamiento y análisis de los resultados, labor que condujo al Primer Reporte de Resultados del SERCE y al Resumen Ejecutivo del Segundo Estudio.

Desde los inicios de los trabajos, siempre estuvo presente la preocupación acerca de cómo lograr que estudios tan significativos como el realizado por el LLECE pudieran transformarse en una herramienta de trabajo y de formación para los docentes, y promovieran reflexiones acerca de lo que sucede en las aulas de Ciencias.

En *Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales*, su autora y coordinadora, Julia Leymonié, invita a reflexionar acerca de qué significa que un estudiante haya dado una determinada respuesta a una pregunta dada, y qué significa otra respuesta a la misma pregunta. Enfoca las lecturas didácticas que permitan poner en evidencia posibles obstáculos en los aprendizajes, dificultades para superar pensamientos y modos de razonamiento cotidianos y promueve la interpelación acerca de cómo se enseñan determinados contenidos en clase. Se trata de un gran esfuerzo de sistematización, ilustrado por la presentación de algunas dificultades de aprendizajes en las Ciencias Naturales y sus posibles soluciones.

La autora pone de relieve la necesidad, una vez conocida la distribución de las respuestas de los estudiantes evaluados alrededor de las distintas opciones de respuesta a una misma pregunta, de examinar que significa esa distribución, que conceptos, creencias, y teorías implícitas están en juego.

No es importante encontrar “el error” o como muchas veces hemos escuchado “el disparate” contestado por un alumno o por muchos alumnos: lo significativo es buscar la información que esa respuesta brinda acerca de cómo los alumnos entienden habitualmente los fenómenos científicos y nos debe llevar a reflexionar acerca de cómo involucrar a los estudiantes en situaciones de aprendizaje que, poco a poco, les permitan ir superando estas visiones.

Asimismo, promueve una reflexión acerca de los niveles de dificultad en relación con los distintos dominios conceptuales evaluados, lo que proporciona una información relevante a la hora de decidir acerca del Qué de la Ciencia Escolar.

El documento presenta también los textos “Las situaciones de enseñanza como objeto de análisis” de Maria Dibarboure y “Desarrollar el pensamiento” de Edith Santos. Ambos acercan nuevos e interesantes insumos para la reflexión sobre las prácticas cotidianas en el aula. Es necesario felicitar a la autora y a sus colaboradoras por el esfuerzo realizado, y expresar el deseo de que este libro permita fomentar el intercambio, enriquecer el trabajo de grupos de docentes, facilitar el desarrollo profesional de cada uno y suscitar el interés y la necesidad de buscar, innovar, y seguir buscando; pues sólo así estaremos prepa-

rados para contribuir a la formación de nuestros alumnos y alumnas, únicos destinatarios de todos estos esmeros.

No es justo decir que Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales termina el proceso iniciado hace ya unos cuantos años. En realidad es una invitación a transitar nuevos caminos de búsqueda de posibles respuestas para mejorar la calidad de los aprendizajes, y plantea muchas nuevas cuestiones para alimentar la reflexión.

Este documento encierra, a su vez, un llamado a docentes, investigadores y formadores a trabajar de manera cooperativa y conjunta, con el fin de efectivizar que cada niño y cada niña que está en el aula de Ciencias Naturales aprenda, disfrute y se beneficie con los aportes que la educación científica hace a su desarrollo personal y colectivo.

Esperamos que Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales se transforme en un material iluminador y orientador en la construcción de una nueva Ciencia escolar, adaptada a las edades de los estudiantes, a sus necesidades, realidades y contextos y en la búsqueda de nuevas maneras de enseñar Ciencias para asegurar aprendizajes de calidad, y que su discusión conduzca a un cuestionamiento de las prácticas que habitualmente se desarrollan en las aulas.

BEATRIZ MACEDO

Especialista en Educación Secundaria, Científica, Técnica y Vocacional

UNESCO

# Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo: ¿En qué consiste?

La falta de equidad la educación y la calidad de la misma son problemas que los sistemas educativos de América Latina y el Caribe actualmente encaran de modo integrado y prioritario. Como la calidad no puede ser pensada dissociada de la equidad, las actuales políticas educativas en la región centran su preocupación en asegurar una educación de calidad para todos, entendida como derecho humano fundamental que los países deben respetar, promover y proteger.

Con el propósito de avanzar en la generación y difusión de conocimientos que sean útiles para la toma de decisiones en materia de políticas educativas que favorezcan la calidad y la equidad de la educación, en el año 1994 fue creado el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE). Esta entidad, coordinada desde la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago), ha sido desde su inicio una red de unidades de medición y evaluación de la calidad de los sistemas educativos de los países de América Latina, en un marco regional de concertación y cooperación.

## ¿CUÁLES SON SUS OBJETIVOS?

El LLECE se plantea abordar la evaluación de la calidad de la educación desde una mirada amplia, para lo cual define los siguientes objetivos estratégicos:

- Producir información sobre logros de aprendizaje y factores asociados de los países de la región.
- Generar conocimiento sobre evaluación de sistemas educativos y sus componentes: estudiantes, docentes, escuelas, programas, políticas, entre otros.
- Aportar nuevas ideas y enfoques sobre evaluación de la calidad de la educación.
- Contribuir a fortalecer las capacidades locales de las unidades de evaluación de los países.

**“En los últimos años, los países de América Latina y el Caribe han realizado importantes avances en educación: se ha ampliado la duración de la educación obligatoria; ha aumentado la cobertura del sistema; se han diseñado nuevos currículos; se ha mejorado la dotación de materiales y la infraestructura escolar, y se ha invertido en la formación de los docentes. Sin embargo, persisten problemas en la calidad de la educación y en su justa distribución en el conjunto de la sociedad.” (Rosa Blanco, Informe Regional. OREALC/UNESCO Santiago, 2008).**

A finales de 2002, los países integrantes del LLECE encararon la necesidad de desarrollar el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE) con el fin de darle continuidad al Primer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (PERCE), realizado entre los años 1995 y 1997.

El propósito central del SERCE es conocer, con mayor precisión, qué aprenden los estudiantes de educación Primaria (o Básica) en las áreas de Matemática, Lengua y Ciencias Naturales. Y, al mismo tiempo, obtener mayor información sobre las dimensiones propias de la escuela, del aula y del contexto que ha contribuido a los aprendizajes alcanzados por los niños y niñas.

Para obtener una mejor comprensión de los escenarios educativos latinoamericanos, los resultados son descritos y analizados en forma contextualizada, considerando las distintas realidades de los estudiantes evaluados, sus familias, los lugares donde viven y las escuelas donde aprenden. Sólo así es posible efectuar interpretaciones válidas, relativas a las diferentes particularidades, con una perspectiva evaluativa de comparación regional, si bien los propósitos del estudio van más allá de ésta.

El Informe Regional (2008, p.14) expresa que el derecho a la educación es indispensable para ejercer otros derechos humanos fundamentales y, por lo tanto, la ciudadanía. Esto implica que el Estado debe garantizarlo para toda su población, independientemente de clases sociales, grupos étnicos o religiosos. Sin embargo, no es suficiente con asegurar educación para todos: además, ésta debe ser una educación de calidad, es decir, equitativa, pertinente, relevante, eficaz y eficiente.

Desde esta concepción cobra especial relevancia la evaluación de la calidad de la educación, ya que la información obtenida a partir de ella permite seguir el grado de cumplimiento de este derecho en cada uno de los países, así como a nivel regional.

Estos estudios son las más importantes evaluaciones sobre el desempeño de los estudiantes de primaria realizados en América Latina y el Caribe, y su éxito debería reflejarse tanto en las acciones y políticas educativas de los países participantes como en la toma de conciencia de los propios docentes acerca de los resultados de sus estudiantes, y en el desarrollo de acciones prácticas dentro del ámbito de las aulas latinoamericanas.

Para alcanzar su propósito general, el SERCE ha definido los siguientes objetivos (Informe Regional, p. 19):

1. Evaluar los aprendizajes de los estudiantes de tercero y sexto de educación Primaria, en las áreas de Matemática, Lectura, Escritura y Ciencias Naturales.
2. Conocer y analizar los factores de los estudiantes, el aula, la escuela y el contexto que inciden en el desempeño de los estudiantes en cada área evaluada.
3. Contribuir a la formación de opiniones, a la circulación y difusión de ideas y al debate informado respecto de qué aprenden en la escuela los niños de América Latina y el Caribe, y respecto a cómo mejorar y fortalecer procesos educativos para todos los estudiantes que asisten a la educación Primaria en la región.

Los países participantes son Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay, además del estado mexicano de Nuevo León<sup>1</sup>. En ellos fueron evaluados los logros de los estudiantes de tercero y sexto grado de educación Primaria en Lenguaje (Lectura y Escritura) y Matemática. La evaluación de los rendimientos en Ciencias fue optativa y se llevó a cabo en Argentina, Colombia, Cuba, El Salvador, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Nuevo León y sólo para sexto grado.

## ¿A QUIÉN ESTUVO DESTINADO?

En total, aproximadamente doscientos mil estudiantes fueron evaluados, según la distribución que muestra el siguiente cuadro.

CUADRO 1 NÚMERO TOTAL DE ESCUELAS, AULAS Y ESTUDIANTES EN LA MUESTRA

ESCUELAS	AULAS		ESTUDIANTES	
	3°	6°	3°	6°
3.065	4.627	4.227	100.752	95.288

Fuente: Informe Regional SERCE, 2008.

## ¿QUÉ INSTRUMENTOS FUERON UTILIZADOS?

Para el estudio fueron diseñados y aplicados diferentes instrumentos según las dimensiones a evaluar. Por un lado, la idea fue evaluar los aprendizajes de los estudiantes por medio de pruebas de desempeño, en las áreas de Matemáticas, Lengua y Ciencias Naturales. Por otro lado, recoger información de los procesos y la dinámica escolar, las familias, el contexto y sociodemográfica, por la vía de cuestionarios.

El cuadro siguiente resume información sobre las características y objetivos de los instrumentos utilizados.

<sup>1</sup> Nuevo León fue el único de una serie de estados subnacionales –que desde 2004 se han integrado al LLECE– que siguió todos los procesos y requisitos para participar en esta evaluación. La idea del SERCE fue acoger a determinados estados que, disponiendo de cierta autonomía en educación, gracias a la organización política de sus países, quisieron someterse a evaluaciones internacionales referidas a la calidad de su educación. Con el tiempo sólo quedó Nuevo León, que participó de la experiencia como un país más.

CUADRO 2 RESUMEN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL SERCE

ACTOR	INSTRUMENTO	OBJETIVO
Estudiantes	Prueba de Matemática	Evaluar los saberes referidos al conocimiento y manejo de números y operaciones; del espacio y la forma; de las magnitudes y la medida; del tratamiento de la información y el estudio del cambio (secuencias, regularidades y patrones). Los procesos cognitivos analizados comprenden el reconocimiento de objetos y elementos, y la solución de problemas simples y complejos.
	Prueba de Lectura	Evaluar Lectura considerando un dominio (lo leído) y un proceso (la lectura). Lo leído comprende las características propias del texto con el que interactúan los estudiantes para resolver las tareas (su extensión, su clase y el género discursivo al que pertenece). La lectura hace referencia a las habilidades cognitivas que pone en juego el estudiante al interactuar con el texto.
	Prueba de Escritura	Evaluar la comprensión de un texto escrito. Indagar los saberes y las habilidades que los niños y niñas muestran al producir un borrador y un texto final, de acuerdo con una instrucción dada.
	Prueba de Ciencias	Evaluar los procesos de reconocer, interpretar y aplicar conceptos y resolver problemas gracias a contenidos tales como la naturaleza, el funcionamiento del cuerpo humano, la salud, la nutrición, el Sistema Solar, la Tierra, la ecología, la constitución de la materia y las fuentes, las manifestaciones y transformaciones de la energía.
	Cuestionario del estudiante	Indagar sobre el entorno familiar y sociocultural, además de la dinámica e interacción en el aula y la satisfacción con la escuela, compañeros y docentes, entre otros temas.
Docentes	Cuestionario del docente	Indagar sobre aspectos sociodemográficos, formación profesional, condiciones laborales, experiencia docente y satisfacción con la escuela, entre otros.
	Cuestionario sobre la enseñanza	Profundizar sobre las prácticas pedagógicas, en el grado y área correspondiente, tales como gestión del tiempo, disponibilidad de recursos educativos, expectativas con sus estudiantes, tipo de actividades, implementación curricular, estrategias de evaluación, entre otros.
Directores	Cuestionario del director	Recoger información referida a sus características personales, formación y experiencia profesional, modelo de gestión utilizado en la dirección, expectativas, satisfacción con la escuela y sus miembros, además de otros aspectos de la vida escolar.
	Ficha de empadronamiento	Recopilar información sobre localización, equipamiento e infraestructura de la escuela.
Familias	Cuestionario de familia	Indagar sobre las características sociodemográficas de la familia, además de la disponibilidad de servicios y recursos materiales en el hogar, participación y apoyo en el proceso de educación de los hijos/as y satisfacción con la escuela, entre otros aspectos.

### ¿QUÉ CARACTERÍSTICAS TUVIERON LAS PRUEBAS?

Las pruebas para evaluar los desempeños de los alumnos fueron elaboradas tomando en cuenta los contenidos comunes de los currículos oficiales de los países que participaron en el estudio. El enfoque de las actividades de evaluación corresponde a la propuesta de la UNESCO *de habilidades para la vida*, y fue posible de aplicar debido a que los currículos de los diferentes países enfatizan la perspectiva de enseñar *“conocimientos y habilidades que los estudiantes de Educación Primaria deben desarrollar para enfrentar con éxito los desafíos cotidianos, continuar aprendiendo a lo largo de toda la vida y desenvolverse en la sociedad”*. (Informe Regional, 2008: 21).

El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) fue el encargado de realizar el análisis curricular que permitió establecer los *dominios de contenidos* y los *procesos cognitivos* comunes a todos los países. Para realizar este análisis, sus especialistas tomaron en cuenta no sólo los contenidos curriculares, sino también los

libros de texto y los instrumentos de evaluación que comúnmente son usados en los distintos países.

Las pruebas del SERCE para evaluar Matemática, Lectura y Ciencias están estructuradas y formadas por dos bloques de preguntas (actividades de prueba). A su vez, las preguntas planteadas son de dos tipos: cerradas de selección múltiple y de respuesta abierta. Los bloques están integrados por igual número de preguntas organizadas en función de una tabla de especificaciones basada en los contenidos y los procesos cognitivos seleccionados en cada área a evaluar.

Esta forma de organización asegura la equivalencia de los bloques entre sí, de modo que si bien cada estudiante respondió un único cuadernillo, asignado en forma aleatoria, su desempeño puede considerarse equivalente al de otro estudiante que respondió otro cuadernillo diferente. Esta estructura en bloques equivalentes y cuadernillos tiene la ventaja de permitir la evaluación de una mayor cantidad de dominios conceptuales y procesos cognitivos.

Para evaluar Escritura fueron propuestas pruebas de respuesta abierta que pedían a los estudiantes elaborar un texto escrito. Para cada grado se utilizó dos instrumentos diferentes, relativamente equivalentes. En este caso, también cada estudiante debió responder un único cuadernillo asignado aleatoriamente.

El próximo apartado expone, en forma detallada, el marco de referencia en el cual se apoyó la elaboración de la prueba de Ciencias, así como los criterios con los cuales fueron seleccionados los contenidos y los procesos cognitivos a evaluar, así como su caracterización. Igualmente presenta la estructura de la prueba.

**El SERCE define dominio de contenidos como “los contenidos curriculares específicos de cada campo disciplinar” y procesos cognitivos como “las operaciones mentales que el sujeto realiza al resolver el conjunto de las tareas”. (Informe Regional, 2008: 21).**

**Las preguntas cerradas de selección múltiple consisten en un enunciado y cuatro opciones de respuesta, de las cuales solo una es correcta. Las preguntas de respuesta abierta presentan una consigna, a partir de la cual se solicita una respuesta que el estudiante debe elaborar.**

# La prueba de Ciencias

¿Qué saben de Ciencias los niños y niñas latinoamericanos? ¿Cómo usan sus conocimientos científicos en situaciones escolares o de la vida cotidiana?

Evaluar implica siempre un proceso de razonamiento basado en las evidencias recogidas. Ya sea masiva o de aula, por su propia naturaleza, la evaluación es imprecisa: los resultados siempre son estimaciones acerca de lo que una persona sabe y puede hacer. Por esta razón, es muy importante definir claramente cuáles son las bases en las que están sustentadas estas evidencias: qué se ha elegido evaluar y cómo será recogida la información.

La realidad que será evaluada *“no es algo de lo que podamos tener conocimiento directo. Es construida por los seres humanos y puede ser percibida y conceptualizada de diversas maneras”* (Ravela, 2006: 32). Esta construcción conceptual –o “referente”– tiene siempre una connotación valorativa, ya que describe *“lo deseable”* o *“lo que se pretende alcanzar”*. Es ineludible tomar en cuenta este aspecto a la hora de interpretar y analizar los resultados de la evaluación.

Las evaluaciones masivas o estandarizadas, si se encuentran alineadas con el currículo y con la enseñanza, aportan importante información, no sólo para la toma de decisiones a nivel macro (sistema), sino para mejorar la comprensión de los procesos de enseñanza, a nivel micro (aula).

El referente incluye considerar dos aspectos fundamentales: el modelo de cómo el estudiante representa su saber y desarrolla sus competencias en el área a evaluar, y las **tareas** o **actividades** por medio de las cuales es observado el desempeño de los estudiantes.

Los capítulos 2 y 3 de esta publicación están dedicados a la presentación de las características referenciales de la prueba de Ciencias, cuyo objetivo ha sido evaluar los aprendizajes de los estudiantes de sexto grado de Primaria, de diversos países latinoamericanos, en el área de las Ciencias Naturales.

Los contenidos y los procesos cognitivos fueron seleccionados en forma intencional y los criterios de selección estuvieron orientados por:

1. El análisis curricular realizado por el ICFES.
2. El enfoque curricular basado en las habilidades para la vida (UNESCO).
3. Las actuales tendencias en la didáctica de las Ciencias.

Para la construcción del marco de referencia, se buscó en forma especial orientarlo hacia las actuales tendencias en la didáctica de las Ciencias, articulando los elementos curriculares comunes a los países participantes, con un enfoque evaluativo centrado en las habilidades para la vida.

El apartado anterior hizo referencia al análisis curricular realizado por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) a partir del cual fueron elaboradas todas las pruebas del SERCE. En el caso particular de Ciencias, los aspectos a medir en la prueba, tanto en lo referido al dominio de contenidos como a los procesos cognitivos, surgieron de la revisión de los currículos oficiales y de los libros de texto de Ciencias para sexto año de primaria de los países participantes. Este análisis curricular consideró tres dimensiones:

1. **La dimensión disciplinar**, que comprende los contenidos que son objeto de estudio en sexto grado.
2. **La dimensión pedagógica**, que se ocupa de la forma de organizar tales contenidos y de cómo se orientan las prácticas pedagógicas y, finalmente,
3. **La dimensión evaluativa**, cuya función es analizar el enfoque que los distintos países participantes utilizan en sus evaluaciones del desempeño de los y las estudiantes.

Conviene enfatizar que la distancia existente entre el currículo prescrito y el currículo realmente enseñado en las aulas tiene consecuencias sobre los resultados de la evaluación, lo que debe ser considerado a la hora del análisis. Además, no sólo importa si los contenidos han sido tratados, sino también cómo y con qué enfoque ha sido medido su aprendizaje.

En la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005–2014), la UNESCO está promoviendo la incorporación, por parte de los currículos escolares, del enfoque de habilidades para la vida. Esta perspectiva pone el énfasis en la enseñanza de aquellas dimensiones que ayuden a los niños y jóvenes a asegurarse un futuro sostenible, lo que lleva implícito promover las habilidades o competencias que les habiliten para actuar constructivamente, enfrentando con éxito los desafíos y las situaciones que la vida les presente.

Por otro lado, y en concordancia con las recomendaciones anteriores, UNESCO plantea que *“el objetivo primordial de la educación científica es formar a los alumnos –futuros ciudadanos y ciudadanas– para que sepan desenvolverse en un mundo impregnado por los avances científicos y tecnológicos, para que sean capaces de adoptar actitudes responsables, tomar decisiones fundamentadas y resolver los problemas cotidianos desde una*

**“... muchas veces se piensa la evaluación únicamente en términos de evaluaciones con consecuencias directas fuertes y se desconoce el papel de la evaluación como instancia formativa, sin consecuencias directas, cuyo propósito principal es comprender mejor la realidad para ayudar a los individuos y a las instituciones a aprender para realizar mejor su trabajo”.**  
Ravela, P. (2007: 29).

*postura de respeto por los demás, por el entorno y por las futuras generaciones que deberán vivir en el mismo. Para ello se requieren propuestas que se orienten hacia una Ciencia para la vida y para el ciudadano”<sup>2</sup>.*

Este marco, recogido en las tareas de la prueba de Ciencias, implica un radical cambio en los enfoques de la educación científica de los países latinoamericanos. Por ello, la propuesta de la prueba de Ciencias podría suponer un distanciamiento con algunas prácticas aún existentes en la región que enfatizan la objetividad y rigurosidad del saber científico, dejando fuera de la escuela la posibilidad de dudar –como base del desarrollo–, así como los aspectos lúdicos, éticos y estéticos del conocimiento y de su aprendizaje.

Igualmente es importante tener en cuenta que una de las consecuencias de los resultados de las evaluaciones masivas es la de orientar la enseñanza.

Las actuales teorías sobre aprendizaje y enseñanza colocan el énfasis en las formas cómo la mente representa, organiza y procesa el conocimiento. (Carretero, 1996)<sup>3</sup>; y también ponderan las dimensiones socio-culturales del aprendizaje (Vigotsky, 1988)<sup>4</sup>. Estos aportes exigen que, avanzando más allá de la evaluación de destrezas, rutinas, o conocimientos aislados y descontextualizados, las prácticas de evaluación aborden los aspectos más complejos de los desempeños estudiantiles.

**Con esa finalidad, las actividades de las pruebas de Ciencias incluyen los procesos relativos a la selección, organización y jerarquización de la información adquirida, y no sólo aquellos destinados a evocarla y reconocerla; por lo que abarca tanto las estrategias para la resolución de problemas como las formas de agrupar e interpretar los datos.**

Según los aportes de la psicología cognitiva, lo que realmente importa es saber qué tan bien responde la memoria de largo plazo en escenarios donde es necesario recuperar información para razonar y aplicar en situaciones problema, específicas y en contexto. En consecuencia, comprender los esquemas almacenados en la memoria de largo plazo es especialmente interesante para determinar qué saben las personas y cómo utilizan ese conocimiento. Coherentes con los avances de las Ciencias cognitivas, las evaluaciones deberían tener la capacidad de valorar qué esquemas tiene una persona y cómo maneja la pertinencia de la información almacenada en la memoria de largo plazo en distintas situaciones.

En síntesis, el enfoque evaluativo asumido por el SERCE para el área de Ciencias está situado en el contexto de la toma de decisiones sobre lo que los estudiantes deben aprender y de cómo estos contenidos han

<sup>2</sup> *Habilidades para la vida. Contribución desde la educación científica en el marco de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias. UNESCO, 2006.*

<sup>3</sup> *Carretero, M. Desarrollo y aprendizaje. Aiqué. Buenos Aires, 1996.*

<sup>4</sup> *Vigotsky L. El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Grijalbo. México, 1988.*

de ser enseñados. Únicamente a partir de esta mirada, comprensiva y contextualizada, es posible saber qué aprendizajes han adquirido los estudiantes y cuáles están ausentes o débiles, y requieren ser reforzados.

## ¿QUÉ DOMINIOS Y PROCESOS FUERON EVALUADOS EN CIENCIAS?

Dos dimensiones fueron establecidas para evaluar los conocimientos científicos de los estudiantes de sexto de Primaria: dominios y procesos.

### Dominios

Tres grandes dominios fueron establecidos dentro del campo de conocimientos de las Ciencias Naturales:

- Seres Vivos y Salud
- Tierra y Ambiente
- Materia y Energía

Los criterios para su definición fueron, además del enfoque curricular y el de habilidades para la vida, las edades de los estudiantes y los aportes de la investigación en didáctica de las Ciencias. En efecto, en el rango de edad de los niños evaluados, cobran importancia los temas relativos a los seres vivos, los hábitos saludables de vida, la relación con el medio ambiente, al uso y manejo de los recursos naturales, y a los fenómenos físicos cercanos y cotidianos, próximos a su realidad.

“Dominio” está referido a los núcleos de contenidos o conceptos y saberes específicos del área; y “proceso”, al uso de los conceptos mediante procedimientos u operaciones mentales en contextos y situaciones también específicos del área.

Asimismo, a esta edad los niños muestran dificultades frente a la abstracción, la comprensión de modelos y la cuantificación, así como para superar el pensamiento causal simple y lineal (Nieda y Macedo, 1997).

CUADRO 3 DESCRIPCIÓN DE LOS DOMINIOS DE LA PRUEBA DE CIENCIAS

DOMINIOS	DESCRIPCIÓN
Seres Vivos y Salud	Incluye la comprensión de la naturaleza; en especial, de las características de los seres vivos (animales y plantas): su diversidad, clasificación, identificación de grandes grupos y reconocimiento de algunos procesos vitales. También, el funcionamiento del cuerpo humano, y los hábitos que permiten preservar la salud.
Tierra y Ambiente	Comprende el Sistema Solar y la Tierra: sus características generales estructurales, movimientos e implicancias para la vida en el planeta; la interdependencia entre los organismos, y entre estos y su medio; el flujo de energía en los ecosistemas, el uso racional de los recursos y el impacto de la acción humana en el equilibrio ecológico natural.
Materia y Energía	Abarca aspectos de la materia como características, comportamiento y cambios físicos y químicos simples; el concepto de energía, sus fuentes, sus manifestaciones y sus transformaciones en los fenómenos de la naturaleza; la utilización de la energía en procesos generados por el hombre.

### Procesos cognitivos

Los procesos cognitivos evaluados en la prueba de Ciencias están agrupados en los tres siguientes niveles:

- Reconocimiento de conceptos
- Interpretación y aplicación de conceptos
- Solución de problemas

CUADRO 4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS COGNITIVOS EVALUADOS POR LA PRUEBA DE CIENCIAS

PROCESOS	DESCRIPCIÓN
Reconocimiento de conceptos	Comprende la identificación de los conceptos básicos y las reglas de uso de las Ciencias, distinguiendo los de este ámbito de aquellos que corresponden a otros campos; la identificación de conceptos y fenómenos y el reconocimiento de notaciones de uso científico.
Interpretación de conceptos y aplicación	Abarca la interpretación y el uso adecuado de conceptos científicos en la solución de problemas sencillos, que corresponden a situaciones cotidianas donde participa una sola variable; la identificación de variables, relaciones y propiedades; la interpretación de las características de los conceptos y sus implicancias, y la identificación de conclusiones y predicciones.
Solución de problemas	Comprende la delimitación y la representación de situaciones planteadas, la organización y el tratamiento de la información disponible, el reconocimiento de relaciones de causa-efecto y de regularidades que explican una situación; la interpretación y la reorganización de información dada; la selección de información necesaria para resolver un problema; el planteo de hipótesis y estrategias de solución, así como la identificación de su pertinencia.

### ¿CÓMO SON Y CÓMO ESTÁN ORGANIZADAS LAS ACTIVIDADES DE LA PRUEBA DE CIENCIAS?

La evaluación del área de Ciencias utilizó un total de 90 actividades separadas en 84 cerradas y 6 abiertas y organizadas en seis bloques (B1 a B6), cada uno con 15 actividades. Según lo explicado anteriormente<sup>5</sup> los bloques conformaron seis cuadernillos (C1 a C6), cada uno con dos bloques. Los estudiantes dispusieron de 60 minutos para responder las 30 preguntas del cuadernillo que les fue asignado aleatoriamente.

El siguiente cuadro muestra el número y porcentaje de actividades de cada dominio y proceso cognitivo que fueron incluidas en la prueba, en el total de 90 actividades:

CUADRO 5 DISTRIBUCIÓN DE LOS ÍTEMS SEGÚN LOS PROCESOS COGNITIVOS Y LOS DOMINIOS

DOMINIO	PROCESOS COGNITIVOS			TOTAL
	Reconocimiento de conceptos	Interpretación y aplicación de conceptos	Solución de problemas	
Seres Vivos y Salud	14	16	6	36 (40 %)
Tierra y Ambiente	5	16	8	29 (32 %)
Materia y Energía	7	12	6	25 (28 %)
Total	26 (29 %)	44 (49 %)	20 (22 %)	90 (100%)

Fuente: Informe Regional, 2008.

5 Ver sección anterior.

Las pruebas utilizadas contienen preguntas de opción múltiple, que permiten evaluar a una gran población de estudiantes, facilitan la corrección y disminuyen al mínimo el factor subjetivo de la evaluación, aspectos ventajosos en estudios de la magnitud del SERCE.

A su vez, las preguntas abiertas posibilitan indagar con mayor profundidad en los procesos de pensamiento seguidos por los alumnos para arribar a una respuesta. Estas preguntas implican un proceso de corrección más laborioso que las cerradas, exigiendo, entre otras precauciones, pautas de corrección muy específicas para la adjudicación de los puntajes.

Dado que las ventajas de uno de los tipos de pregunta constituye limitaciones en el otro; y viceversa, y dado que este es un estudio dirigido a un gran número de estudiantes, la prueba concilió ambos tipos de formulación de preguntas.

La enseñanza de las Ciencias, sobretodo en la educación primaria, debería permitir la superación de las concepciones previas de niños y niñas acerca de los fenómenos naturales. Además, debería incidir en sus modos de pensar el mundo y actuar sobre él. Por esta razón, fue considerado interesante relevar las concepciones previas representadas en los distractores u opciones incorrectas de las actividades cerradas. A su vez, fueron propuestas situaciones de evaluación que, para ser respondidas, requieren dar posibles explicaciones a los fenómenos, y proponer y/o desarrollar conjeturas e hipótesis, poniendo en juego la capacidad de interactuar con el lenguaje científico.

En otras palabras, la perspectiva de la evaluación del SERCE tiene su foco en los procesos utilizados por los estudiantes para la indagación sistemática de explicaciones, la formulación de hipótesis, el planteo de problemas y la búsqueda de respuestas válidas para comprobar los supuestos, en tanto constituyen los contenidos procedimentales fundamentales del área de Ciencias en la educación primaria.

En cuanto a las características de las preguntas, estas son muy diversas en cuanto al modo en que presentan la información. En algunos casos, lo hacen con un texto en prosa relativamente accesible; en otros, tiene forma de cuadro, relato, gráfico o dibujo. Y a los efectos de priorizar la funcionalidad de los aprendizajes, las actividades plantean situaciones cotidianas y próximas a los estudiantes.

Un apartado especial muestra ejemplos, con sus respectivos comentarios, de actividades de diverso tipo, propuestas en la prueba.

# Repensando la enseñanza de las Ciencias en primaria

## Aportes desde la Didáctica de las Ciencias

### BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

La Didáctica de las Ciencias Naturales comienza a emerger como una disciplina independiente hace unos 30 años, debido al especial interés que por esa época recibió la enseñanza de esta área, fundamentalmente en Europa y Estados Unidos.

Las primeras reformas en los currículos de Ciencias, en la década del 60, apuntaban a superar los enfoques tradicionales de “enseñanza por trasmisión de conocimientos”, donde la experimentación estaba prácticamente ausente de las aulas y los contenidos científicos eran organizados de acuerdo a la lógica interna de la disciplina. Dentro de este enfoque, el papel del docente era fundamental: la única actividad esperada de los alumnos era la asimilación de los contenidos impartidos por el maestro<sup>6</sup>.

Es posible resumir los objetivos perseguidos en estas primeras reformas en uno sólo: la creación de “pequeños científicos” gracias a los nuevos métodos didácticos que ponían el énfasis en “la Ciencia como interrogación” o “el aprender haciendo” (Matthews, 1991). El enfoque didáctico estaba basado en la metodología científica y fueron desarrolladas taxonomías de objetivos científicos que aspiraban a conseguir determinadas competencias en cuanto a procedimientos y actitudes (Porlán, 1993).

**Si bien el propio Piaget nunca incursionó en el terreno educativo, sus ideas psicológicas y epistemológicas fueron muy atractivas para muchos educadores y han sido profusamente aplicadas a la enseñanza en general y a la enseñanza de las Ciencias en particular.**

Otra dimensión de este mismo paradigma se apoya en la concepción piagetiana de que el *pensamiento formal es condición no sólo necesaria sino suficiente para acceder al conocimiento científico* (Piaget, 1955). Muchos movimientos renovadores de la enseñanza de las Ciencias se han apoyado en esta postura, convirtiendo al pensamiento formal en el objetivo principal de la misma.

<sup>6</sup> Cabe destacar que en los países latinoamericanos estas reformas comenzaron a producirse mucho después, y en la mayor parte de los casos como copias descontextualizadas de aquellas.

Según estas tendencias el pensamiento formal, una vez alcanzadas las estructuras fundamentales y sin importar los contenidos, es capaz de permitir el acceso a la comprensión de cualquier concepto científico. Los contenidos específicos de cada disciplina dejan de tener sentido en sí mismos, para convertirse en un vehículo que permite alcanzar el pensamiento formal. Las posturas más radicales en esta línea plantean que todas las disciplinas deberían encaminarse a enseñar a pensar formalmente, con independencia del contenido; es decir, a dominar el método científico, los procesos de la Ciencia.

Durante los años 70 proliferaron los proyectos de *enseñanza de las Ciencias basados en la enseñanza por descubrimiento autónomo* y la metodología de los procesos, así como también los proyectos de *Ciencias integradas*, orientaciones que hoy la investigación didáctica ha hecho evolucionar hacia formas más dirigidas y con un grado de integración conceptual menor. Igualmente estas tendencias suelen observarse aún en muchos diseños curriculares referidos a la enseñanza primaria.

Las implicancias didácticas de este enfoque son bien claras: debe permitirse que el niño y el joven descubran por sí mismos los diversos conceptos científicos, apelando a un proceso de maduración espontánea. Resumiendo esta concepción se cita muchas veces una apreciación de Piaget en la cual plantea que cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir por sí solo, se le impide inventarlo y, en consecuencia, entenderlo completamente.

Sin embargo, este es un enfoque que no toma en cuenta el papel que juegan los paradigmas teóricos en el proceso de investigación científica, desconociendo el hecho de que cada disciplina se caracteriza por una cierta estructura conceptual. Coherentemente, también ignora que el alumno tiene un aparato de nociones previo.

A fines de los '70 y comienzo de los '80, la Didáctica de las Ciencias recibió nuevas influencias provenientes del campo de la epistemología y de la psicología del aprendizaje. Los aportes de Khun (1960), Toulmin (1972), Lakatos (1983) y Feyerabend (1981), entre otros, fueron decisivos para poner en crisis muchos de los supuestos teóricos sobre los cuales fueron elaboradas las reformas curriculares de los años 60 y 70. También desde la psicología del aprendizaje comenzó a tomar importancia el estudio de cómo los niños entienden los procesos y la influencia que esto tiene en la incorporación de los nuevos conceptos. La famosa frase de Ausubel *"si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un sólo principio, sería éste: el factor que más influye sobre el aprendizaje es lo que el estudiante ya sabe. Descúbrasele y enséñesele en consecuencia"* (1998: 54) resume esta nueva perspectiva de la psicología educativa.

**Al respecto, Pozo y Carretero manifiestan que "la utilización exclusiva o prioritaria de esa estrategia en la enseñanza de las Ciencias se basa en una supuesta omnipotencia y homogeneidad del pensamiento formal" (1987: 38-9).**

Las influencias de la psicología del aprendizaje y de la epistemología sobre la enseñanza de las Ciencias provocan, a partir de la década del '80, una marcada tendencia a investigar sobre *las concepciones* que los alumnos tienen acerca de los fenómenos naturales antes de recibir una enseñanza científica formal. Preconceptos, ideas previas, marcos conceptuales alternativos y concepciones espontáneas son algunas de las denominaciones que fueron surgiendo. Si bien todas las denominaciones están referidas al mismo fenómeno, cada una descansa sobre una concepción filosófica y psicológica diferente (Gunstone, White y Fensham, 1988; Gunstone, 1989; De Vecchi y Giordan, 1994; Carretero, 1996; Nieda y Macedo, 1997; Pozo y Gómez Crespo, 2001; Fiore y Leymonié, 2007).

La constatación de que el aprendizaje de los alumnos está influido por la búsqueda de los significados de la experiencia y de la información, y que la misma depende de las concepciones que ellos tienen en un determinado ámbito del conocimiento, ha derivado en enfoques de la enseñanza de las Ciencias basados en la *construcción de los conceptos científicos*, a partir del conocimiento que ya traen consigo, y en los *procesos de cambio conceptual, procedimental y actitudinal*.

Basados en estas orientaciones de corte constructivista, durante los años 80 y 90 surgió una serie de propuestas y programas de educación científica, que en muchos casos han influido entre sí. El siguiente es un breve resumen, a modo de ejemplo de estos enfoques, de la propuesta de Gil Pérez, Furió, Vilches, y otros autores<sup>7</sup>, por entender que contempla interesantes aspectos que tienen su paralelismo con la metodología de investigación científica.

Un primer aspecto de esta propuesta es el estudio de los errores conceptuales de los estudiantes que llevó, en los últimos años, a descubrir que su existencia está ligada al hecho de que las personas no son 'tabla rasa' cuando llegan a las clases de Ciencias, sino que tienen ideas previas acerca de los fenómenos naturales que la escuela les propone estudiar. Estas ideas, verdaderas estructuras conceptuales, son fruto de la actividad anterior del alumno y resultan muy resistentes a ser cambiadas.

Basado en el paralelismo estudiado (Piaget, 1970; Piaget y García, 1983) entre la evolución histórica de una Ciencia y la adquisición de las ideas científicas correspondientes en las personas, Gil (1983) cita como ejemplo el campo de la física: para comprender la mecánica newtoniana los alumnos deben experimentar un verdadero cambio conceptual, tan

---

<sup>7</sup> Que aparece en la publicación *¿Cómo promover una cultura científica? UNESCO, 2005.*

difícil como lo fue para la humanidad cambiar sus ideas aristotélicas acerca de mundo natural.

Un segundo aspecto, derivado del anterior, es el referido a la reestructuración del pensamiento que trae aparejado el consiguiente cambio conceptual, tal como ocurrió en la historia. En esta situación, es necesario que también se produzcan cambios metodológicos. La elaboración de hipótesis, el diseño y ejecución de experimentos y el análisis de los resultados, serían los aspectos más relevantes de este nuevo enfoque metodológico. La elaboración de las hipótesis, en particular, juega un papel fundamental en el trabajo del científico y cabe suponer que también en el del estudiante. La confrontación de las ideas previas con los resultados obtenidos al intentar aplicarlos en situaciones dadas, puede producir 'conflictos cognitivos' que desencadenen una modificación conceptual profunda: igual ha sucedido en la historia de la Ciencia.

En tercer lugar, la propuesta de enseñanza como investigación promueve el aprendizaje significativo gracias a la "reconstrucción o redescubrimiento, por medio de actividades adecuadas, de aquellos conocimientos que se trata de enseñar" (op. cit., p.28). Esta re-construcción permite superar la visión empirista y reduccionista que considera a la metodología científica como un trabajo de laboratorio, confundiéndola muchas veces con simples manipulaciones.

Es indiscutible el papel fundamental que juega la actividad y la interacción social en el desarrollo intelectual y en el aprendizaje de las personas, así como también en la producción del conocimiento científico. Los cambios conceptuales en los individuos, o en las teorías, implican confrontación y discusión de las diferentes alternativas. Gil destaca el papel de guía del docente en el trabajo escolar: él entiende lo que va a hacerse y lo que ya ha sucedido en la historia de la Ciencia, de modo que puede diseñar una estrategia adecuada e impedir el ensayo-error o el uso de las recetas.

Este enfoque de la enseñanza de las Ciencias plantea dos tipos de actividades que ofrecen ricas oportunidades para desarrollar la iniciativa y la creatividad científica: *el trabajo experimental y la resolución de problemas*. En una enseñanza por transmisión verbal de conocimientos ya elaborados hay muy pocas oportunidades para realizar verdaderos experimentos: las actividades prácticas sólo ilustran o demuestran un conocimiento presentado como resultado acabado; generalmente se reducen a meras manipulaciones, y no ofrecen oportunidades para elaborar hipótesis ni diseñar acciones que las verifiquen o falsen.

En cuanto a la resolución de problemas, son usados como ejercicios de aplicación de la teoría explicada, por lo que el grado de transferencia es

**“Quien conozca sólo un punto de vista o una forma de ver las cosas no cree que otro haya estado nunca en su lugar ni que otro venga después; ni duda ni hace pruebas” (Ernst Mach, 1911).**

**“No hay materia que no pueda hacerse más interesante y atractiva con la introducción de consideraciones filosóficas o históricas.... Verla (la Ciencia) como una actividad cultural que afecta a otras áreas de la vida (religión, ética, filosofía) y se ve a su vez afectada e influenciada por ellas. Empezar a comprender cómo y en qué sentido la Ciencia nos da la mejor comprensión que tenemos del mundo en que vivimos”. Matthews, 1994.**

**La alfabetización científico tecnológica multidimensional se extiende más allá del vocabulario, de los esquemas conceptuales y de los métodos procedimentales, para incluir otras dimensiones de la Ciencia: debemos ayudar a los estudiantes a desarrollar perspectivas de la Ciencia y la tecnología que incluyan la historia de las ideas científicas, la naturaleza de la Ciencia y la tecnología y el papel de ambas en la vida personal y social. Bybee, en Gil y col., 2005.**

mínimo, ya que los estudiantes se limitan a reconocer rutinas y aplicarlas en diversas situaciones relativamente familiares. Gil propone para la resolución de problemas utilizar una estrategia que tome en cuenta su carácter de investigación, es decir, “tarea para la cual no hay solución evidente” (op. cit., p. 31).

Otro aspecto interesante de los actuales enfoques en la educación científica es la presencia de la historia y la filosofía de la Ciencia en la enseñanza de los diferentes temas, con la consiguiente valorización del papel del contexto social, económico, cultural y político que rodea los acontecimientos científicos. El principal argumento para introducir la historia de la Ciencia en los programas es que favorece el aprendizaje científico (Gil, 1993; Matthews, 1994). El hecho de que no existe una ‘única’ historia de la Ciencia le agrega interés a este planteo, ya que los docentes enseñan mejor (y los estudiantes se motivan más) cuando la Ciencia, en lugar de presentarse con respuestas acabadas lo hace con preguntas para responder.

Este enfoque histórico también es interesante para comprender la resistencia que oponen las concepciones previas a ser cambiadas. El desarrollo del constructivismo aplicado a la educación ha permitido esta conjunción de aspectos que, provenientes de distintas disciplinas, colaboran en la interpretación del desafío que implica enseñar esta área.

Con muchos puntos en común con las propuestas antes mencionadas, e inscriptos en el mismo paradigma, también se desarrollan actualmente, con fuerte impulso, el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad y el enfoque de la Educación Ambiental. En este sentido, y como resultante de las recomendaciones generadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), UNESCO lanzó un programa denominado Proyecto Interdisciplinario y de Cooperación Interinstitucional en Educación e Información en Materia de Medio Ambiente y Población para un Desarrollo Humano, aprobado durante la 27ª Conferencia General (1993). Una de sus orientaciones está relacionada con la introducción de la Educación Ambiental en las curricula de la enseñanza primaria y secundaria.

En este momento, más que nunca antes, la preocupación de los educadores científicos pasa por colocar la enseñanza de las Ciencias en el marco de las demandas sociales. El análisis contemporáneo de la evolución social y económica parece sugerir que la sociedad actual, y sobre todo la futura, necesita un gran número de individuos con una amplia comprensión de los temas científicos tanto para el trabajo como para la participación ciudadana en una sociedad democrática.

A los efectos de mantener una democracia vigorosa y saludable, es necesario que la ciudadanía obtenga una amplia comprensión de las principales ideas científicas. Que, además, aprecie el valor de la Ciencia y su contribución a la cultura y sea capaz de comprometerse crítica e informadamente con asuntos y argumentos que involucran conocimientos científicos y tecnológicos. Los ciudadanos y ciudadanas también deben ser capaces de comprender los métodos por los cuales la Ciencia construye teoría a partir de las evidencias; apreciar las fortalezas y debilidades del conocimiento científico; ser capaces de valorar sensiblemente los riesgos, así como de reconocer las implicaciones éticas y morales de las tomas de decisión en temas científico-tecnológicos.

Es así como en la última década se ha desarrollado un consenso en torno a la necesidad de la 'alfabetización científica' de las personas y la obligación de los Estados de proporcionar a todos las oportunidades necesarias para adquirirla. Así lo ha recogido la IX Conferencia Iberoamericana de Educación (Declaración de la Habana 1999).

La 'alfabetización científica' no debe entenderse simplemente como la adquisición de un vocabulario científico. El concepto va mucho más allá y conlleva transformar la educación científica en parte de la educación general. Implica pensar en un mismo currículo científico, básico para todos los estudiantes y requiere implementar estrategias que aseguren la equidad social en el ámbito educativo (Gil y Col., 2005).

Una educación de estas características debería incluir tanto la enseñanza de los *conocimientos y procedimientos de la Ciencia* (datos, hechos, conceptos, teorías, técnicas, uso de instrumentos, etc.) como aquella de los *conocimientos sobre la Ciencia* (historia y naturaleza de la Ciencia, la investigación y explicación científicas, los modelos, etc.). A su vez, debería enfatizar la aplicación de estos conocimientos a la resolución de problemas reales, así como integrar la tecnología y la reflexión sobre los aspectos éticos, económicos, sociales de los asuntos científicos y tecnológicos.

Hodson (1992) plantea que cuando los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la Ciencia, es cuando participan en investigaciones en esta área. Obviamente deben darse las condiciones de apoyo y sostén por parte del docente, quien ve realizado su papel de 'director' de la investigación.

En un trabajo colectivo, publicado en 1999, Gil y col. proponen las características que deberían incluir las actividades científicas, abiertas y creativas, destinadas a los alumnos:

1. La consideración del posible interés y relevancia de las situaciones propuestas que dé sentido a su estudio, y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.
2. El estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones, para acotar problemas y operativizar qué es lo que se busca (oportunidad para que los estudiantes comiencen a explicitar funcionalmente sus concepciones).
3. La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba).
4. La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para contrastar las hipótesis, a la luz del cuerpo de conocimientos del que disponen.
5. La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis), obligar a concebir nuevas conjeturas y a replantear la investigación.
6. El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones).

En este momento, la investigación en la Didáctica de las Ciencias tiene bastante evidencia, proveniente incluso de áreas de investigación cercanas, como la psicología, para pensar que la introducción de estos nuevos enfoques, favorece la calidad de la enseñanza, mejora el interés y la motivación y, como consecuencia, el rendimiento de los alumnos.

### **CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS: LAS CONCEPCIONES ESPONTÁNEAS**

La investigación educativa, durante las últimas décadas, ha estado muy interesada en el estudio de los modelos conceptuales que los alumnos desarrollan para razonar. Sobre todo en el campo de la enseñanza de las Ciencias se ha trabajado mucho en la investigación de los mecanismos por los cuales los alumnos conceptualizan un fenómeno natural estudiado. Simultáneamente, también ha ido creciendo la preocupación de los educadores por las dificultades que presentan los alumnos en la comprensión de los conceptos científicos y matemáticos.

Desde el terreno de la psicología, a finales de los 60, Ausubel (1998) comenzó a hablar de 'aprendizaje significativo', entendiendo que el aprendizaje de los conceptos debe realizarse en el marco de las teorías en las cuales está incluido: no es posible aprender conceptos aislados. El interés por las ideas acerca de los fenómenos naturales que los niños traen a sus clases de Ciencias, antes de recibir una enseñanza formal en dicho campo, ha aumentado notoriamente durante los últimos años, justificado por la implicancia de estas concepciones en el aprehensión de las nociones científicas.

En el terreno de la enseñanza de la Ciencia, una gran diversidad de estudios investiga los más variados tópicos, acumulándose bastante evidencia acerca de las creencias que los niños tienen sobre los fenómenos de la naturaleza y de las expectativas que les permitan predecir futuros eventos. Estas creencias y expectativas, basadas en las experiencias de la vida cotidiana, están arraigadas muy fuertemente en su pensamiento, como ya habíamos señalado. Bajo el nombre de pre-conceptos, marcos conceptuales alternativos o concepciones espontáneas, han sido estudiadas por diversos autores, y son bastante diferentes de las ideas que los científicos tienen acerca de los mismos tópicos.

La expresión '*marco alternativo*', que comenzaron utilizando Driver y Easley en 1978, denota una preocupación por los aspectos epistemológicos del problema: no se trata sólo de simples errores en el aprendizaje de los conceptos científicos sino que de verdaderas redes de conceptos, interrelacionados entre sí en una forma coherente y organizada desde el punto de vista de quien los sostiene, que le permiten predecir y manejar situaciones concretas de la vida cotidiana.

En su revisión bibliográfica del año 1991, Duit y Pfund manifiestan que el término acuñado por Driver y Easley originalmente estuvo enfocado hacia las concepciones alternativas de los alumnos acerca de los fenómenos naturales enseñados en Ciencias, por oposición a las concepciones científicas. En cambio hoy existe una fuerte tendencia a considerar el término en un sentido mucho más amplio (Fiore y Leymoní, 2007: 284).

Aún después de haber recibido educación científica, estudiantes de secundaria e incluso universitarios mantienen estas concepciones y, en relación a fenómenos físicos han sido identificados verdaderos 'modelos de pensamiento'. En este sentido, el campo de la mecánica ha sido muy estudiado, encontrándose en las personas un conjunto de concepciones muy similares a las ideas físicas pre-científicas, las que habitualmente son llamadas 'modelos aristotélicos', aunque se parecen más a las que sostenían los escolásticos, continuadores de Aristóteles, en el siglo XIV.

Osborne y Freyberg (1991) refieren los resultados de varias de sus investigaciones en niños de 9 a 15 años acerca del concepto de *fuerza*, afirmando que al pedirles indicar las fuerzas que actúan sobre una bicicleta sin frenos, que se mueve sin pedalear y reduciendo su velocidad, expresan que existe una fuerza en la dirección del movimiento que la mantiene en marcha. Igualmente, al pedirles lo mismo en relación a una pelota de golf lanzada al aire, más del 50% de los entrevistados señaló que había una fuerza dentro de ella que actuaba en la dirección del movimiento, la que se iba “gastando”.

De acuerdo a los mismos autores, los niños piensan que la gravedad aumenta con la altura sobre la superficie terrestre: ellos creen que los objetos que caen desde más altura causan más daño que aquellos que lo hacen desde menos altura. Sus explicaciones están basadas en la idea de que deben caer más rápido porque hay más gravedad actuando.

Clement (1982) realizó una investigación con estudiantes universitarios de ingeniería, que finalizaban el primer curso de mecánica, a quienes les mostró una moneda lanzada al aire verticalmente y les pidió que dibujaran las fuerzas que actúan sobre la misma en el punto más alto. El 72% de los estudiantes contestó incorrectamente. Una respuesta repetida muchas veces fue la que incluía dos fuerzas: una hacia arriba –la de la mano–, y otra hacia abajo, la del peso, acompañadas por razonamientos como: “mientras la moneda sube, la fuerza de la mano la impulsa y es mayor que la del peso”, “en el punto más alto la fuerza de la gravedad y la de la mano se anulan”.

Una de las primeras en investigar las concepciones previas de los niños fue Laurence Viennot (1979). Ella describe que el centro del esquema conceptual de los alumnos es que “no es posible un movimiento sin una fuerza en su misma dirección que lo produzca”. Cuando se les pregunta “¿qué fuerzas están actuando sobre este cuerpo?”, suelen responder señalando fuerzas que estuvieron actuando antes, por ejemplo “la mano que impulsó a la pelota”, o “el taco de billar que empujó la bola”. Una de las características de esta fuerza mencionada por ellos es su falta de localización espacio-temporal.

La idea de que la fuerza está en el objeto y actúa en la dirección en que éste se mueve era sostenida por Bouridan en su teoría del *ímpetus* en el siglo XIV. Este punto de vista es muy frecuente entre los alumnos, lo cual hace suponer que sus concepciones no han sido muy influidas por la enseñanza de la física.

Ejemplos similares estudiados en el campo de la biología son los que mencionan De Vecchi y Giordan (1994: 39) acerca de la concepción de espermatozoide. Ellos encontraron semejanzas importantes entre los

dibujos de espermatozoides realizados por niños y aquellos de reconocidos investigadores del siglo XVII, lo cual reafirma la idea de que las personas reproducen en sus modelos mentales las concepciones científicas existentes a lo largo de la historia de la Ciencia.

Por otra parte, los niños suelen confundir el espermatozoide con la semilla, así como confunden el polen con la semilla. En estos casos, las confusiones están originadas en los saberes y dichos populares, o en creencias que provienen de la vida cotidiana.

Con respecto a la constitución de los seres vivos, los niños suelen creer que los átomos que los conforman también están vivos; en cambio piensan que la materia inorgánica estaría formada por átomos no vivos o inertes. También es común que sostengan que las células no están integradas por átomos; y que en cambio los minerales, sí. Y del mismo modo en que consideran a la célula como la unidad de lo vivo, creen que el átomo es la unidad fundamental de la materia inorgánica.

A su vez, los alumnos tienen dificultades para comprender la diferencia entre rocas y minerales: conciben el mineral como muestras pequeñas y brillantes, mientras las rocas son de gran tamaño y duras. (Pedrinacci, 1996). Este autor reporta ideas de los estudiantes respecto al concepto de suelo, como algo asociado a la superficie por donde se transita, o sobre el cual se construyen los edificios.

Las investigaciones realizadas con la finalidad de determinar las características de las concepciones que los alumnos desarrollan acerca de los fenómenos naturales antes de recibir enseñanza científica formal son coincidentes, pese a haberse realizado en diversas áreas científicas y en diferentes países. Actualmente existe una extensa literatura acumulada acerca de esta temática en prácticamente todas las disciplinas científicas, la que permite afirmar que los niños llegan a sus clases de Ciencias con una serie de creencias, conceptos e ideas acerca del mundo de los fenómenos naturales que tienen origen en su experiencia y percepción cotidiana de los mismos.

Este conjunto de conocimientos, organizados en marcos conceptuales –verdaderas teorías– puede llegar a diferir de manera sustancial del conocimiento aceptado por la comunidad científica y, en consecuencia, dificultar enormemente la enseñanza de los conceptos científicos.

Pozo y Carretero (1987) afirman que, presumiblemente, los modelos elaborados por los estudiantes no dependen del contexto cultural y social en el cual se desarrollan los individuos. Sintetizan así algunas de las características más salientes de las concepciones espontáneas:

**Los estudios realizados en este campo parecen confirmar las apreciaciones mencionadas de Ausubel (op. cit.), en el sentido de que las ideas de los niños son sorprendentemente tenaces y resistentes al cambio: persisten aún después de haber transitado por varios cursos de Ciencias. A veces las concepciones previas sufren modificaciones, pero, en general los cambios no se ajustan a los esperados por los docentes.**

- Surgen sin que exista instrucción mediadora, se trata de Ciencia intuitiva o ingenua, altamente predictiva en cuanto a la vida cotidiana;
- son ubicuas y en general, científicamente incorrectas;
- tienen, además, un grado de abstracción muy limitado: están restringidas a lo observable;
- suelen ser implícitas: el individuo no es capaz de verbalizarlas y
- suelen reproducir las ideas que los científicos han tenido a lo largo de la historia de la Ciencia.

Observaciones realizadas en salas de clase de enseñanza primaria permiten constatar cuestiones interesantes. Los niños consideran que las instancias de enseñanza de Ciencias son eventos aislados, sin continuidad; mientras, los maestros piensan que los niños perciben el vínculo existente entre distintas lecciones. También hay diferencias entre niños y maestros acerca de las metas y propósitos de cada lección. Las estructuras cognitivas que los alumnos presentan, frecuentemente no son las que los docentes creen que tienen; y por último, lo que los niños entienden, a partir de los resultados experimentales y de la información suministrada, con frecuencia no es lo que el docente supone que entendieron (Leymonié, 1995).

**La enseñanza de las Ciencias consiste en darle significado a la experiencia personal del individuo en su contacto con el entorno pero además iniciarlo en “los caminos del conocimiento” los que han sido elaborados y refrendados por la comunidad científica. Estos caminos no pueden ser descubiertos por el alumno sin ayuda del docente.**

En consecuencia, no es sorprendente que las clases de Ciencias no sean tan efectivas como se espera: los alumnos utilizan gran parte de ellas en tomar decisiones de tipo ejecutivo, dedicando mucho menos tiempo que el deseable a pensar en los conceptos científicos. Los niños, en general no se dan cuenta que han comprendido mal lo enseñado, ya que la nueva información no entra en conflicto con las ideas que ya tenían.

Los hallazgos realizados en estas áreas de la investigación educativa y psicológica han determinado la emergencia de una nueva perspectiva del aprendizaje. Driver (1989), quien considera a estas ideas como “teorías en acción”, ve el aprendizaje como un proceso adaptativo, en el cual los esquemas conceptuales de los alumnos son progresivamente reconstruidos, de modo de estar de acuerdo con un amplio rango de experiencias e ideas ensanchadas continuamente. El aprendizaje, de acuerdo a esta autora, es un proceso activo de buscar significado a los conceptos y a las informaciones sobre las cuales el alumno tiene cierto control.

Este nuevo punto de vista determina un importante cambio en los roles de profesor y alumno, volviéndose el aprendizaje un proceso más interactivo. El niño debe ejercer un verdadero control sobre su propio aprendizaje, y sobre la manipulación de la información; a su vez, el profesor debe enfatizar su participación en la facilitación de la

transferencia de las habilidades y conocimientos adquiridos hacia otros campos y contextos.

Esta concepción de aprendizaje concibe al estudiante como un constructor activo de sus representaciones mentales del mundo que lo rodea, las que serán usadas para interpretar nuevas situaciones y guiar futuras acciones. Esta perspectiva enfatiza el desarrollo de estructuras del conocimiento específicas en un dominio; y, por otra parte, reconoce la importancia de la participación del contexto social en la construcción del conocimiento (Driver, 1988, 1990).

También las palabras, usadas tanto en el lenguaje cotidiano como en el científico pero con distintos significados, implican algo más que ideas aisladas ya que, de acuerdo a algunos autores, formarían parte de verdaderas estructuras conceptuales denominadas “Ciencia de los niños” (Gilbert, Osborne y Fensham, 1982) que suministran una visión coherente del mundo y una explicación para los fenómenos de la naturaleza. Estos autores marcan tres diferencias fundamentales entre la Ciencia de los científicos y la de los niños: el carácter abstracto del conocimiento científico, la coherencia teórica de las explicaciones científicas y el uso de un lenguaje formalizado.

Los alumnos de la escuela primaria (e incluso los de secundaria) razonan por medio de lo concreto, lo observable, e interpretan los fenómenos desde un punto de vista antropocéntrico; en cambio la comprensión de la Ciencia requiere alcanzar un nivel de abstracción tal que permita acceder a conceptos que ni siquiera tienen una entidad física real, como por ejemplo la energía.

Por otra parte los modelos teóricos desarrollados por la Ciencia tienen como característica su generalidad; es decir, intentan explicar el mayor número posible de fenómenos sin contradicciones internas; los alumnos, por el contrario, se interesan a esa edad por aspectos parciales de los fenómenos, y son capaces de considerar un conjunto de fenómenos por medio de una explicación y buscar otra para otro conjunto de fenómenos, sin tomar en cuenta las posibles inconsistencias de ambas entre sí.

Este hecho está directamente relacionado con otras características del pensamiento de los alumnos: su tendencia a explicar los fenómenos en términos de cambios y no de situaciones de equilibrio; su tendencia a las explicaciones causales y la gran dependencia de las aclaraciones del contexto concreto donde sucede el fenómeno.

En cuanto al uso del lenguaje, parece ser uno de los aspectos que más dificultan el aprendizaje correcto de los conceptos científicos. La Ciencia

ha desarrollado un lenguaje técnico donde cada palabra tiene su preciso significado, y no otro. El grado más elevado de formalización lo alcanza al expresarse en un lenguaje matemático. Los alumnos, por el contrario, están inmersos en un contexto social donde cada palabra tiene varios significados y, en general, ninguno de ellos coincide con el científico.

Según Osborne y Freyberg (op. cit.) si el lenguaje del profesor incluye palabras con las que los alumnos están poco familiarizados, éstos no lograrán construir ideas a partir de la clase oral; incluso, es posible que ‘jueguen el juego’ de hablar en un lenguaje técnico, pero sin incorporarlo a sus marcos conceptuales. Estos autores dicen que “el uso que hace (el profesor) de un lenguaje poco conocido suele permitirle controlar la situación”, lo cual lleva implícito una serie de connotaciones referidas a la idea de que el conocimiento otorga poder, en una perspectiva de enseñanza relacionada con el paradigma de transmisión de conocimientos.

En este mismo sentido, Fiore y Leymoníé (op. cit.) hacen referencia a una investigación realizada con alumnos de sexto grado de enseñanza primaria, a quienes les entregaron un texto que explica el proceso de la fecundación en animales, específicamente en humanos. Los alumnos, si bien parecían comprender correctamente los conceptos, relataban la fecundación utilizando expresiones como “el óvulo es liberado por los espermatozoides”, o “el espermatozoide hace un huevo”. Quiere decir que, si bien estos niños incorporaron un conjunto de palabras técnicas, éstas carecían de significado para ellos, o, por lo menos, no les daban el significado asignado por la biología.

## **¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA PRIMARIA?**

Como decíamos, las creencias que los niños tienen acerca de los fenómenos de la naturaleza y las expectativas que les permiten predecir futuros eventos, basadas en la experiencia de la vida cotidiana, están arraigadas muy fuertemente en su pensamiento. Este aspecto suele no ser tomado en cuenta a la hora de diseñar los currícula de Ciencia.

Recapitulando lo dicho, parecen existir tres suposiciones sobre las que la enseñanza en esta área ha sido instrumentada a nivel de los diseños curriculares. Una es suponer que el estudiante no tiene ningún conocimiento del tema antes de que se le enseñe formalmente, en la escuela. El docente, por lo tanto, debe llenar esa “*tabula rasa*” que sería la mente del niño con el conocimiento científico que él posee. Otra es creer que el estudiante posee algunos conocimientos, generalmente equivocados, del tema en estudio, pero que pueden ser fácilmente sustituidos por el

conocimiento del maestro. Hoy, a partir de las investigaciones sobre concepciones previas, existe una tercera suposición: los conocimientos que los niños elaboran antes de recibir enseñanza formal en Ciencias están fuertemente arraigados y son muy difíciles de sustituir por los conocimientos del maestro. Ambos conocimientos co-existen y son utilizados en ámbitos diferentes, el escolar y el de la vida cotidiana.

Osborne y Freyberg (op. cit.) plantean que los currícula de Ciencias deberían ser elaborados a partir de la tercera suposición, por lo que es totalmente indispensable mejorar el conocimiento que tenemos acerca de las ideas científicas de los niños.

Cabe destacar que, así como existe un punto de vista de los niños acerca de los fenómenos de la naturaleza, también existe un punto de vista que refleja el de la comunidad científica acerca del mundo y del sentido de las palabras. Idealmente, este último es el que debieran transmitir el currículo y el maestro que enseña Ciencias. Pero no es esto lo que habitualmente sucede. A su vez existe un punto de vista de los maestros acerca de la Ciencia, que se desplaza desde la *Ciencia de los niños* a la *Ciencia de los científicos*, según el grado de comprensión científica que el maestro haya alcanzado. La interacción del maestro con los materiales curriculares que usa para preparar sus clases puede o no producir cambios en su punto de vista: el resultado de esta interacción es lo que los niños reciben como *Ciencia escolar*.

Este es un aspecto de suma importancia para los resultados de la enseñanza científica: el objetivo fundamental de esta educación es que el estudiante obtenga una perspectiva coherente, que entienda, aprecie, pueda relacionar con el mundo que lo rodea y le sea útil para manejarse en su vida cotidiana.

En este proceso el maestro debe actuar como mediador en el aprendizaje y no transmitir mecánicamente su propio punto de vista, sino colaborar en acercar al aula a aquel de la comunidad científica.

La llamada "Ciencia de los niños" tiene una considerable influencia sobre cómo y qué aprenden en sus clases de Ciencias. El objetivo del maestro podría ser colaborar en desarrollar esta "Ciencia": una meta modesta pero alcanzable puede ser la de hacer consciente en los alumnos que existe otro punto de vista para explicar los fenómenos de la naturaleza, distinto al de ellos, aceptado por la comunidad científica y que se caracteriza por ser más general y aplicable.

La adquisición de conceptos científicos es indudablemente muy importante en la enseñanza primaria, pero no es la única finalidad de enseñar Ciencias (Leymonié, 1999). Esta debería ser también la introducción de

los niños en el valor funcional de la Ciencia, en cuanto a la posibilidad que ésta ofrece de:

- a) explicar fenómenos naturales cotidianos y
- b) proporcionar herramientas intelectuales que les permitan comprender mejor el funcionamiento del mundo.

Los objetivos que concretan estas finalidades deben ser claramente explicitados, ser alcanzables y coherentes con los contenidos, actividades y evaluación. Por otra parte, deben estar formulados en relación a los procedimientos y actitudes característicos del aprendizaje de las Ciencias y no sólo vinculados a los conceptos científicos. Deberían propiciar el desarrollo de capacidades o competencias variadas, ligadas también a los aspectos sociales, motrices, de relaciones interpersonales y de equilibrio personal y no solamente a lo cognitivo.

Como ejemplos es posible mencionar:

- Desarrollar el pensamiento lógico, lo cual supone ser capaz de analizar una situación, elaborar una explicación acerca de la misma, hipotetizar e inferir; encontrar caminos para verificar supuestos de partida.
- Ampliar o cambiar los conocimientos que surgen de la experiencia cotidiana, facilitando su aproximación a los conocimientos que la comunidad científica reconoce como válidos en un momento histórico dado.
- Promover el desarrollo progresivo de estructuras conceptuales cada vez más complejas, las que permitirán una mejor comprensión de los conceptos científicos.
- Iniciar en el uso y comprensión del lenguaje científico y de algunos conceptos asociados a temas que la sociedad somete a debate público.
- Incorporar estrategias de resolución de problemas científicos, lo que implica iniciarse en el uso de los procedimientos de Ciencia: identificación de problemas, búsqueda de información a partir de diferentes fuentes, elaboración de conjeturas, diseño de actividades experimentales con la finalidad de contrastarlas, recoger datos, organizar, analizar y comunicar la información recogida, tomar decisiones a la luz de los estudios realizados.
- Desarrollar actitudes científicas tales como: curiosidad, flexibilidad intelectual, espíritu crítico, respeto por el ambiente, etc.
- Valorar los aportes de la Ciencia, reconociendo los límites que establece el hecho de que es una actividad social y colectiva, en continuo cambio y sometida a diversas presiones de carácter social, económico, ideológico, etc.

Lo anterior remite a una polémica instalada entre los educadores científicos. Suele sostenerse que no es posible enseñar Ciencias Naturales en la escuela primaria, mas allá de un nivel de divulgación, debido justamente a las exigencias cognitivas que supone. Quienes sostienen esta postura se basan en una concepción sobre el desarrollo y su relación con el aprendizaje que implica que los sujetos deben alcanzar niveles de desarrollo en su pensamiento para poder aprender cuestiones de un cierto nivel de complejidad y abstracción como las que plantean las Ciencias físico naturales.

El argumento referido a la exigencia de una cierta capacidad intelectual resulta válido al establecer que la meta de la enseñanza de las Ciencias es conceptual y que la construcción del saber buscado es en su estado más actualizado (Dibarboure, 2008). Esta sería una exigencia real para el sujeto que pretende ser experto, o para quien aspira logros en otra etapa de los aprendizajes.

Sin embargo, investigaciones recientes (Carretero, 1998; Pozo, 2000, 2001) muestran que un individuo adulto puede no alcanzar el pensamiento formal en ciertos dominios del conocimiento, pero sí en otros; y además que las capacidades lógicas solicitadas para la comprensión del mundo físico natural, pueden adquirirse mucho antes de lo establecido por Piaget, siempre que el sujeto disponga de suficiente conocimiento de base.

En la práctica esto es evidente al diagnosticar a los alumnos que ingresan a la enseñanza media. Aquellos niños y niñas que han trabajado en el área científica con situaciones que involucran un rico quehacer desde lo cognitivo –por ejemplo, situaciones cotidianas que encierran una contradicción entre lo intuitivo y lo científico, o que se viven como conflictos a resolver y comprender–, logran el avance a lo formal mucho más rápido y con mayor eficacia.

Al respecto, Fumagalli (1993) señala *“cada vez que escucho que los niños pequeños no pueden aprender Ciencias, entiendo que tal afirmación comporta no sólo la incomprensión de las características psicológicas del pensamiento infantil sino también la desvalorización del niño como sujeto social. Enseñar Ciencias en tales edades tempranas invocando una supuesta incapacidad intelectual de los niños es una forma de discriminarlos como sujetos sociales”*.

En esta polémica es fundamental el papel asignado a los contenidos científicos en el diseño curricular. La selección de determinados contenidos de las Ciencias Naturales permite disponer de elementos conceptuales que dan lugar a pensar el mundo de una manera que contribuye a promover el desarrollo progresivo de habilidades superiores de pensamiento.

Por otra parte compartimos la idea vigostkyana respecto a la relación entre desarrollo y aprendizaje: son las situaciones de aprendizaje referidas a dominios específicos las que estimulan y promueven desarrollos en dichos dominios. (Baquero, 1997).

Los niños son capaces de aprender la Ciencia escolar, cuando ésta surge de una transposición didáctica que tiene debidamente cuantificada la densidad conceptual a trabajar, y que prioriza provocar, desde las situaciones planteadas, su pensamiento.

Las situaciones de enseñanza que desafían a los estudiantes, que provocan e interpelan su intelecto y que generan conflictos cognitivos son las que estimulan líneas de pensamiento que no se darían en estos mismos estudiantes fuera del ámbito instruccional de la escuela.

La Ciencia, como modelo teórico de interpretación de la realidad, se presenta como un conjunto de relaciones, e incluso relaciones de relaciones, constituyendo modelos que permiten operar intelectualmente transformaciones que representan aquellas que ocurren en el mundo natural. Un modelo es una construcción abstracta. Es importante, entonces, que el maestro entienda cómo los niños alcanzan a comprender y manejar la abstracción.

En la escuela primaria, ante la imposibilidad de adquirir el concepto científico preciso, es necesario buscar una aproximación al mismo con la finalidad de desarrollar las concepciones espontáneas y facilitar su construcción evolutiva y el cambio conceptual. Es en la escuela donde los niños toman contacto por primera vez con conceptos científicos muy importantes para sus futuras experiencias de aprendizaje en cualquiera de las disciplinas científicas: se enfrentan por primera vez a comparar lo que piensan de un fenómeno natural dado y lo que la Ciencia dice sobre ese mismo fenómeno. Mucho del éxito o fracaso de su aprendizaje futuro en esta área dependerá de estos primeros contactos.

# Resultados generales de las pruebas de Ciencias

Este capítulo presenta los resultados de las pruebas de Ciencias analizados desde diversas perspectivas. En primer lugar, ofrece una mirada global al conjunto de los resultados de los países y de la región, expresados como promedios, con su correspondiente dispersión.

En segundo lugar, pretende dar una mirada a los resultados en función de los dominios conceptuales y los procesos cognitivos evaluados, por país y para el conjunto de la región.

Sin embargo esta información no es suficiente para indagar qué saben hacer los estudiantes con los conocimientos que han aprendido a lo largo del ciclo escolar y cómo los aplican a distintas situaciones, por lo cual en tercer lugar el capítulo muestra los resultados agrupados según cuatro niveles de desempeño.

## **RESULTADOS DE CIENCIAS SEGÚN LOS PROMEDIOS DE LOS PAÍSES Y DE LA REGIÓN**

El siguiente apartado muestra los resultados del rendimiento de los estudiantes en el SERCE gracias a los puntajes promedio obtenidos en cada país y en la región, así como su variabilidad al interior de cada país.

Dichos resultados han sido analizados a partir de la Teoría de Respuesta al Ítem. Esta teoría permite expresar los resultados en función de una escala abstracta, donde los puntajes no expresan “cantidad de respuestas correctas” de cada estudiante, sino que es adjudicado en función de la dificultad de las tareas que dicho estudiante fue capaz de resolver. Son puntajes estimados para cada estudiante, a partir de la información que proviene de 90 ítems que forman una prueba completa pero que están repartidos en tres cuadernillos distintos, con 30 ítems cada uno. Cada estudiante responde sólo uno de estos cuadernillos, los que son distribuidos aleatoriamente.

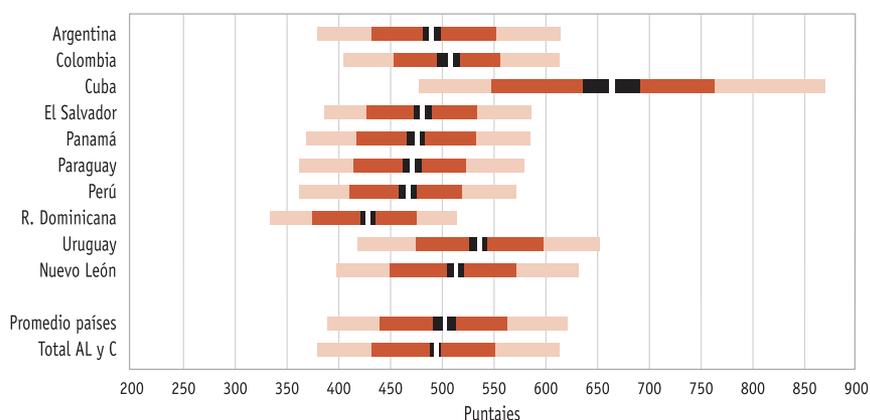
La escala de puntajes no tiene un máximo o un mínimo: para fijar un punto de referencia se utiliza el promedio<sup>8</sup> de los países participantes de la región, fijado arbitrariamente en 500 puntos, con un desvío estándar de 100 puntos.

A continuación, el Gráfico 1 muestra los puntajes promedio y la variabilidad (dispersión) de los mismos correspondiente a cada uno de los 9 países donde fue evaluada el área Ciencias: **Argentina, Colombia, Cuba, El Salvador, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay** y el estado mexicano de Nuevo León.

También muestra la media aritmética de los promedios de los países (*promedio países*) y el resultado promedio en el total de la región (*total América Latina y el Caribe*); es decir, los resultados de todos los países ponderados según su número de estudiantes. Esta doble información aparece con frecuencia en tablas y gráficos de esta publicación.

En términos generales, este gráfico permite observar que, tanto en los promedios como en la distribución de los puntajes en cada país, existen importantes diferencias.

**GRÁFICO 1 PROMEDIO Y VARIABILIDAD DE LOS PUNTAJES EN CIENCIAS**



Fuente: Informe Regional, 2008.

La información brindada por este gráfico debe ser interpretada de la siguiente manera: cada barra horizontal corresponde a los puntajes obtenidos por los estudiantes de un país; dentro de las barras hay un rectángulo oscuro, con una línea blanca central. El rectángulo represen-

<sup>8</sup> Media aritmética de los promedios nacionales de cada país.

ta el *puntaje promedio con su margen de error* y se denomina “intervalo de confianza”<sup>9</sup>. De esta manera, es posible determinar un conjunto de valores entre los cuales posiblemente está situado el valor ‘verdadero’ del promedio. Tomemos como ejemplo la barra correspondiente al primer país, Argentina. La línea clara central coincide con el puntaje 488. A cada lado observamos los puntajes, 481 y 495, que señalan el intervalo de confianza para el promedio de este país. Esto significa que el valor del promedio podría estar situado en cualquiera entre 481 y 495.

El intervalo de confianza es útil, entre otras cosas, para valorar si las diferencias entre los datos de los diferentes países son estadísticamente significativas. Por ejemplo, la gráfica muestra que los intervalos de confianza correspondientes a las barras de Perú, Paraguay, Panamá, El Salvador y Argentina se superponen en algunos valores. Esto indica que no hay certeza de que estos países tengan puntajes realmente diferentes, aunque es posible apreciar que los promedios lo son. Si los intervalos no están superpuestos se puede decir, con un 95% de confianza, que los puntajes son diferentes. Por ejemplo, República Dominicana tuvo un puntaje menor que cualquiera de los demás países y Cuba, por el contrario, tuvo un puntaje mayor que el resto.

Al comparar los promedios de cada país con el de la región es visible que hay países cuyo promedio es menor que el regional, tal como sucede con Argentina, Ecuador, Panamá, Paraguay, Perú, y República Dominicana. En cambio Colombia, Cuba, Uruguay y Nuevo León están por encima del promedio regional.

Las líneas que delimitan los dos rectángulos grises a los lados del intervalo de confianza también tienen importancia para la lectura de este gráfico. La línea de la izquierda marca el puntaje por debajo del cual está el 25% de los estudiantes de más bajo desempeño. Y la línea de la derecha indica el puntaje por encima del cual está el 25% de estudiantes de mejor desempeño. Igualmente, las líneas que definen el final de cada barra tienen su significado: representan el puntaje, por debajo o por encima, del 10%, de los estudiantes con más bajo o más alto desempeño, respectivamente.

En suma:

- entre ambas marcas intermedias está el 50% del total de los estudiantes evaluados y
- la longitud de la barra representa la distancia en puntos, entre el 10% de estudiantes de mejor desempeño (percentil 90) y el 10% de estudiantes de peor desempeño (percentil 10).

**Las mediciones nunca son exactas. Al realizar el proceso de medición, el valor obtenido probablemente diferirá del “valor verdadero” debido a diversas fuentes de error. El “valor verdadero” es un concepto teórico e inaccesible: el resultado de cualquier medida es incierto y debe estar siempre acompañado por la estimación de su grado de incertidumbre.**

<sup>9</sup> Es la zona de la barra donde está localizado el promedio de cada país, con un 95% de confianza.

Otra posibilidad que brinda esta información es ofrecer una idea de qué tan equitativas son las oportunidades de aprendizajes de las Ciencias en cada uno de los países. A modo de ejemplo, veamos que en dos de los países la longitud antes mencionada es notoriamente diferente que la del resto. En el caso de la República Dominicana aparece una dispersión menor (barra de menor longitud) que en los demás países. Esto revela una homogeneidad de los estudiantes en sus rendimientos, con una media de puntaje muy baja, la menor de los países evaluados en Ciencias: 426 puntos.

En cambio, Cuba presenta una realidad particularmente diferente al resto de América Latina y el Caribe. Tiene la más alta dispersión (barra de mayor longitud) entre los puntajes de sus estudiantes de mejor y peor desempeño, 386 puntos, lo que estaría revelando una importante desigualdad en los rendimientos de los niños cubanos, aunque es necesario destacar que la media de Cuba es la más alta de la región, 661 puntos, más lejos de un desvío estándar del promedio de los países. A su vez, los niños cubanos con más bajos desempeños tienen puntajes comparativamente altos con el resto de los alumnos latinoamericanos. Esto es posible de ver en el puntaje del percentil 10, 479 puntos, muy cercano al promedio regional (500).

Tratemos de realizar una primera mirada de estos resultados, a la luz de los marcos curriculares de los distintos países.

Una atenta lectura del análisis curricular llevado a cabo por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) permite identificar el énfasis que Cuba pone en el desarrollo del pensamiento por medio de la enseñanza de las Ciencias. El documento colombiano concluye al respecto que en el currículo cubano:

*“Se sugiere, entonces, que desde el escenario de las Ciencias naturales, con el fomento de actividades prácticas y experimentales, se desarrolle la capacidad para observar, describir, comparar y clasificar, utilizando como enfoque metodológico el método inductivo y deductivo, con predominio de este último hacia la formación y desarrollo de conceptos y habilidades. Debe buscarse el desarrollo del pensamiento, de la concentración, la atención, la percepción, la memoria y también de la competencia en la expresión oral y escrita”* (Análisis curricular, ICFES, pag. 32).

La cita muestra que el currículo cubano prescribe, de forma muy explícita, el desarrollo de procesos intelectuales característicos de la construcción del pensamiento científico y de la comunicación científica y, en particular, recomienda *“trabajar con contenidos abstractos que organizan y operan en su mente (de los niños)”*. (Ídem, pag. 31).

En el análisis correspondiente a Colombia, aparecen referencias a la enseñanza de contenidos disciplinares específicamente relacionados con procesos que hacen al desarrollo del pensamiento científico, tales como *“formular hipótesis en términos de relaciones cualitativas y sustentarlas por medio de teorías explicativas, hacer observaciones controladas y expresar los datos por medio de gráficos para establecer si lo predicho realmente se dio o no, realizar críticas sobre las predicciones en función de las gráficas, extraer conclusiones y reajustar las teorías explicativas”*. (Ídem, pag. 26)

A su vez, la observación del currículo peruano señala referencias a *“la solución de problemas como una capacidad básica”* a desarrollar por medio de la enseñanza de las Ciencias y a la *“indagación y la experimentación para el desarrollo del pensamiento científico”* (ídem, pag. 43).

Respecto al currículo argentino, el ICFES dice que *“es interesante rescatar la existencia de un enfoque no muy explícito de formación de pensamiento científico...”* (ídem, pag. 17).

El análisis curricular del conjunto de los países plantea que la enseñanza de las Ciencias tiene finalidades amplias, generalmente referidas a la formación de cultura o alfabetización científica y tecnológica, al mejoramiento de la vida cotidiana gracias a la comprensión de principios y leyes científicas, o mostrando esta área como factor de progreso y bienestar humano. También aparecen finalidades vinculadas al enfoque Ciencia – Tecnología – Sociedad (CTS) y al de competencias.

Si bien todos los países señalan, de un modo u otro, acciones, actividades, recomendaciones, finalidades, etc., está presentada en forma más explícita –especialmente en Cuba– la importancia de la enseñanza de las Ciencias para el desarrollo en niñas y niños de sus capacidades críticas, reflexivas y creativas, haciendo referencia a los procesos característicos de la construcción del pensamiento científico. ....

El Gráfico 1 también permite ubicar cuatro casos diferentes respecto a los rendimientos en Ciencias:

1. Cuba constituye un primer caso, ya comentado, donde el puntaje medio es muy superior al resto de la región.
2. El segundo caso es el que presentan Uruguay y el estado mexicano de Nuevo León, en los que las puntuaciones medias son superiores al resto de la región, pero a menos de un desvío estándar de distancia.
3. Un tercer caso es el de Colombia, cuya media no difiere significativamente del promedio regional.

**Además de otros aspectos de las recomendaciones curriculares, a la hora de valorar los resultados específicos de cada país podría ser interesante tomar en cuenta estos, sin olvidar que frecuentemente suele existir una distancia muy grande entre el currículo prescripto y el realmente enseñado.**

4. Por último están los países con medias inferiores a la regional, con una distancia menor a un desvío estándar: *Argentina, El Salvador, Panamá, Paraguay, Perú y República Dominicana.*

## RESULTADOS DE CIENCIAS SEGÚN LOS DOMINIOS Y LOS PROCESOS EVALUADOS

Este apartado presenta, a nivel de la muestra<sup>10</sup>, los resultados por país y para el total de América Latina y el Caribe de los rendimientos de los estudiantes agrupados según los dominios conceptuales y los procesos cognitivos que fueron considerados para la organización de la prueba de Ciencias.

En primer lugar se analizan los resultados de los tres dominios conceptuales evaluados. Posteriormente, es aplicado el mismo análisis a los resultados de los rendimientos de los tres procesos cognitivos evaluados.

La Tabla 1 muestra que, en el dominio Seres Vivos y Salud (SVS), de las 36 preguntas el 44% fue respondido acertadamente. A su vez, en el dominio Tierra y Ambiente (TA), de los 29 ítems propuestos fue respondido correctamente un 43%. En cuanto al dominio Materia y Energía (ME), las respuestas correctas correspondieron al 39% del total de las 25 preguntas propuestas.

TABLA 1 DOMINIOS CONCEPTUALES PROPORCIÓN DE RESPUESTAS CORRECTAS (POR PAÍS)

PAÍS	DOMINIOS CONCEPTUALES		
	Seres Vivos y Salud (36 ítems)	Tierra y Ambiente (29 ítems)	Materia y Energía (25 ítems)
Argentina	43	42	36
Colombia	45	43	37
Cuba	61	72	65
El Salvador	43	39	34
Estado Nuevo León (México)	44	43	40
Panamá	41	39	33
Paraguay	39	38	33
Perú	38	38	32
República Dominicana	34	27	27
Uruguay	46	46	44
América Latina y el Caribe	44	43	39

<sup>10</sup> Estos datos están referidos a la muestra y no son estimaciones del universo.

La tabla muestra que la proporción de respuestas correctas en SVS y TA en la región es muy semejante entre sí, y ME no aparece muy distanciada de las otras. Esto permite pensar que las preguntas utilizadas en la evaluación tienen similar nivel de complejidad en los tres casos para los estudiantes evaluados. Una de las primeras observaciones que interesa destacar en esta tabla está relacionada al dominio ME, cuyo porcentaje es el más bajo de los tres. Igualmente sucede en la mayoría de los países, con excepción de Cuba, donde el porcentaje de respuestas correctas en ME es mayor que en SVS; y en República Dominicana, donde el porcentaje de las respuestas correctas en ME es igual a TA. Por otro lado, en Uruguay la proporción en ME es semejante a la obtenida en los otros dos ejes temáticos.

Observando la tabla con más atención, es posible distinguir, en cada uno de los dominios, grupos de países según los resultados alcanzados (están marcados en tonos diferentes). En los dominios TA y ME aparecen tres secciones de países: una integrada sólo por República Dominicana; otra, únicamente por Cuba; y una tercera compuesta por el resto de los países, y el promedio regional). En el Dominio SVS también pueden verse tres secciones; sin embargo, la integrada por República Dominicana, también incluye a Paraguay y Perú.

Un análisis de conglomerados (*cluster*) realizado con estos mismos datos al interior de cada dominio confirma los comentarios a la tabla. Este tipo de análisis tiene como finalidad construir grupos de objetos de manera tal que los pertenecientes a la misma sección sean muy similares entre sí, y se diferencien notoriamente de los pertenecientes a otras. Es una técnica exploratoria que brinda ideas para elaborar hipótesis que expliquen los fenómenos estudiados. En este caso, los objetos son países y la variable utilizada para crear los grupos es el puntaje.

A su vez, el puntaje ha sido construido a partir del desempeño de los estudiantes en cada uno de los dominios. Esta manera de ver los resultados agrega información interesante para contribuir a la reflexión sobre problemas educativos que, seguramente, son comunes a países que pertenecen al mismo conglomerado. Preguntas que pueden plantearse a partir de este estudio son: ¿qué características comunes tienen cada uno de los tres grupos de países?, ¿qué aspectos de sus currículos, o de la formación de sus docentes, o de las estrategias de enseñanza, etc., determinan que estos países tengan similar perfil en cuanto a los desempeños de sus estudiantes en los tres dominios de Ciencias evaluados?

Para profundizar en el análisis fue usado un indicador denominado *desempeño relativo del país*. Es otra forma de ver los mismos datos que

puede enriquecer los comentarios anteriores. Como su nombre indica, este concepto refiere al *desempeño del país en un proceso o en un dominio específico, en relación con el desempeño general del país en toda la prueba, en dicho proceso o dominio*. Este indicador ofrece la oportunidad de descubrir fortalezas y debilidades de la enseñanza de las Ciencias al interior de cada país, ya que permite establecer comparaciones entre los diferentes dominios o entre los diferentes procesos evaluados en la prueba. De lo antes dicho se desprende que sólo es posible realizar las comparaciones a la interna del país, no entre ellos. La siguiente tabla muestra el desempeño relativo de cada uno.

**TABLA 2 DOMINIOS CONCEPTUALES DESEMPEÑOS RELATIVOS (POR PAÍS)**

PAÍS	DOMINIOS CONCEPTUALES		
	Seres Vivos y Salud (36 ítems)	Tierra y Ambiente (29 ítems)	Materia y Energía (25 ítems)
Argentina	M	M	M
Colombia	A	M	B
Cuba	SB	SA	SA
El Salvador	A	B	B
Estado Nuevo León (México)	M	M	M
Panamá	M	M	B
Paraguay	M	M	M
Perú	M	M	M
República Dominicana	A	SB	M
Uruguay	B	M	A

Referencias de la tabla:  
 SA = Desempeño relativo Significativamente Alto  
 A = Desempeño relativo Alto  
 M = Desempeño relativo Medio  
 B = Desempeño relativo Bajo  
 SB = Desempeño relativo Significativamente Bajo

La tabla anterior indica que en la mayoría de los países hay poca variabilidad en los desempeños relativos de los tres dominios evaluados. Hay un conjunto de tres países (Argentina, Paraguay y Perú) cuyos desempeños relativos en los tres dominios conceptuales evaluados son iguales entre sí y califican como desempeños relativos medios: esto quiere decir que el desempeño de los estudiantes es un reflejo de lo que ocurre en la región. Hay otros tres países que tienen el mismo desempeño en dos dominios y sólo difieren en uno (Cuba, El Salvador y Panamá), aunque la distribución de estos desempeños no es igual en los tres. Esto habla de una cierta homogeneidad al interior de los resultados en cada país. Por otra parte, sólo Colombia, República Dominicana y Uruguay tienen desempeños diferentes en cada uno de los tres dominios.

De acuerdo con la Tabla 2, Cuba tiene un desempeño significativamente alto tanto en TA como en ME. Esto quiere decir que en esos dos dominios sus estudiantes evaluados logran resultados significativamente mejores que los demostrados en SVS, en comparación con lo que podría esperarse dado su desempeño general. Del mismo modo, son significativamente mejores en ambos dominios, en relación a los resultados de la región. Por lo tanto, se trata de fortalezas del país en cuanto a la enseñanza de las Ciencias. Efectivamente, de acuerdo a la Tabla 1, el mejor resultado en TA de la región lo tiene Cuba (72%). Asimismo en ME, Cuba supera a la media regional en un 23%, aunque al interior de los datos cubanos este dominio presenta su segundo peor resultado. En cambio, para Cuba constituye una baja la enseñanza de SVS, pese a que en el contexto de la región supere en un 17% a la media.

En el caso de El Salvador, tanto en TA como en ME los desempeños relativos son bajos; sin embargo SVS presenta un cumplimiento relativo alto. Esto permite pensar que la enseñanza de este dominio es una fortaleza en este país, lo que está confirmado por los datos de la Tabla 1 que muestra una proporción de respuestas correctas en el dominio SVS apenas menor en un 1% al promedio regional.

Panamá presenta desempeños relativos medios tanto en SVS como en TA, y un desempeño relativo bajo en ME<sup>11</sup>. Los datos de la República Dominicana, de acuerdo a la Tabla 2, muestran como fortaleza la enseñanza en SVS ya que tiene un desempeño relativo alto respecto a los otros dos dominios conceptuales. Al observar los porcentajes correspondientes en la Tabla 1, se percibe que igualmente el porcentaje en SVS, aún siendo una fortaleza dentro del país, está por debajo de la media de la región en aproximadamente un 10%.

Colombia es el tercer país que alcanza un desempeño relativo alto en SVS, evidenciando una fortaleza en la enseñanza de este dominio. Efectivamente su proporción de respuestas correctas en SVS está en 1% por encima de la media regional. Uruguay tiene un desempeño relativo bajo en SVS, medio en TA y alto en ME; pero en ningún caso son significativamente diferentes. Los desempeños relativos de los demás países no merecen comentarios especiales, dado que son bastante homogéneos, no revelando ninguna fortaleza o debilidad particularmente destacable.

En términos generales, las Tablas 1 y 2 exigen reflexionar acerca de la calidad de la enseñanza de las Ciencias en la región, especialmente en

---

<sup>11</sup> Efectivamente, la Tabla 1 muestra que ME está por debajo de la media regional en casi un 7% y su distancia con el país que tiene el segundo mejor resultado es del 10%.

lo referido a la profundidad con que son abordados los contenidos disciplinares en la educación primaria. Merece especial atención la enseñanza de los contenidos que involucran el dominio ME: sólo dos países, Cuba y Uruguay, se desprenden del resto. Cuba, con un desempeño relativo significativamente alto, y un porcentaje de respuestas correctas (65%) muy por encima de la media regional (26%); y Uruguay con un desempeño relativo alto y un porcentaje de respuestas correctas (44%) muy distanciado de Cuba, pero igualmente varios puntos por encima de la media regional (6%).

Estos resultados en ME levantan un alerta regional, dado que este dominio concentra un conjunto de conceptos básicos estructurantes de las distintas disciplinas científicas, por ejemplo nociones sobre energía y propiedades de la materia, cambio y transformaciones, temperatura, etc. Puede ser que la falta de comprensión en estas nociones básicas, influya negativamente sobre los aprendizajes en profundidad de otros fenómenos estudiados en las Ciencias Naturales en la escuela, panorama reflejado por los bajos desempeños alcanzados por los estudiantes evaluados en la región.

Fuera de ello, otro análisis estadístico realizado informa que SVS es la variable explicativa que más aporta al puntaje general de la prueba; pero en un sentido negativo. Este dato resulta muy interesante al tomar en cuenta que en los currículos de Ciencias de educación primaria predominan los contenidos relacionados con este dominio. Esto hace pensar que, pese a que estos contenidos son muy enseñados, los niños aprenden poco. El mismo estudio revela que hay una correlación negativa entre SVS y ME: es decir, que los estudiantes que contestan bien las preguntas de ME, contestan erróneamente las de SVS.

**TABLA 3 PROCESOS COGNITIVOS. PROPORCIÓN DE RESPUESTAS CORRECTAS (POR PAÍS)**

PAÍS	PROCESOS COGNITIVOS		
	Reconocimiento de Conceptos (26 ítems)	Interpretación de Conceptos y Aplicación (44 ítems)	Solución de Problemas (20 ítems)
Argentina	39	41	41
Colombia	41	43	42
Cuba	63	66	69
El Salvador	39	39	38
Panamá	37	39	37
Paraguay	38	37	36
Perú	36	37	35
República Dominicana	29	31	29
Uruguay	40	47	48
Estado Nuevo León (México)	41	43	43
América Latina y el Caribe	41	43	43

Con respecto al otro dominio evaluado, los procesos cognitivos, el siguiente análisis contribuirá a seguir profundizando en la comprensión de las fortalezas y debilidades de la enseñanza de las Ciencias en los distintos países. La Tabla 3 muestra los resultados de los rendimientos de los estudiantes, según los procesos cognitivos evaluados, expresados en proporción de respuestas correctas.

Observando la tabla, es posible ver que, en el total de América Latina y el Caribe, el 41% de las 26 preguntas referidas al proceso Reconocimiento de Conceptos (RC) fue respondido en forma correcta; el 43% de las 44 preguntas en relación al proceso Interpretación de Conceptos y Aplicación” (ACI) fue respondido en forma correcta. Igualmente, el 43% de las 20 preguntas que evaluaban Solución de Problemas (SP) fueron contestadas en forma correcta.

La Tabla 3 también muestra que la proporción de respuestas correctas es igual en los procesos ACI y SP, y el dato de RC solo está 2% por debajo de los anteriores. Al igual que en los dominios disciplinares, también en los procesos cognitivos se observa una cierta homogeneidad, lo que estimula a pensar que el desafío cognitivo ofrecido por las preguntas de la prueba fue el mismo para todos los estudiantes evaluados.

No es posible asegurar, a partir de esta información, que los estudiantes de la región tienen más desarrollado un proceso que otro; sin embargo dentro de cada proceso se puede identificar grupos de países con similares comportamientos, al igual que a partir de los datos de la Tabla 1. En términos generales, aparecen tres grupos de países, señalados en tonos diferentes, que básicamente coinciden con los grupos formados a partir de los dominios disciplinares. Hay un grupo donde está Cuba y otro en que sólo figura República Dominicana y existe un tercero, formado por los demás países. Es interesante observar que, para los procesos ACI y SP, los datos permiten distinguir a Uruguay como un cuarto grupo en ambos procesos.

Dentro de los procesos cognitivos, interesa analizar especialmente SP. Observando la columna correspondiente vemos que únicamente Cuba y Uruguay superan la media regional. Esto es interesante si lo vinculamos al hecho de que Cuba es el país que obtuvo el mejor puntaje general y Uruguay el segundo: cabría la posibilidad de pensar que este proceso está relacionado con la obtención de buenos desempeños en Ciencias. Esto confirma el valor que las actuales tendencias en la didáctica de las Ciencias le otorgan a las estrategias de enseñanza que involucran el desarrollo de este proceso, como ya fue planteado y será retomado en posteriores capítulos.

**Valen para esta tabla, lo mismo que para la Tabla 1, limitaciones referidas a las posibilidades de comparar porcentajes obtenidos para cada proceso cognitivo, aunque en este aspecto hay menor influencia en cuanto al peso relativo de cada uno de los conjuntos de ítems.**

TABLA 4 PROCESOS COGNITIVOS DESEMPEÑOS RELATIVOS (POR PAÍS)

PAÍS	PROCESOS COGNITIVOS		
	Reconocimiento de Conceptos (26 ítems)	Interpretación de Conceptos y Aplicación (44 ítems)	Solución de Problemas (20 ítems)
Argentina	M	M	M
Colombia	M	M	M
Cuba	M	M	SA
El Salvador	A	M	M
Panamá	M	M	M
Paraguay	A	M	B
Perú	A	M	B
República Dominicana	A	M	B
Uruguay	SB	M	A
Estado Nuevo León (México)	M	M	M

*Nota: para referencias de la Tabla 4 remitirse a las de la Tabla 2.*

El análisis del desempeño relativo calculado para los procesos cognitivos también corrobora los comentarios anteriores. En SP, Cuba tiene un desempeño significativamente alto y Uruguay, uno alto. Llama especialmente la atención los bajos resultados de Paraguay y Perú; ambos países, sin embargo, tienen altos desempeños en RC, que está vinculado con procesos básicamente memorísticos. Esto podría estar mostrando el énfasis que dichos países dan a la realización de ejercicios de repetición y/o rutinas para enseñar las Ciencias. Al contrario, Uruguay muestra un desempeño significativamente bajo en el proceso RC. El proceso ACI no muestra ninguna particularidad, los desempeños relativos son igualmente medios en todos los países.

Analizando la prueba en su totalidad, tanto desde los procesos cognitivos como desde los dominios disciplinares, queda en evidencia que las posiciones relativas de los países cambian muy poco. Hay una cierta consistencia, aún cambiando las áreas de estudio, lo cual anima a pensar que, probablemente, los agrupamientos observados responden realmente a ciertas características propias de los países en la enseñanza de las Ciencias, y no a las particularidades o dificultades de la prueba. Dicha posibilidad estimula la búsqueda de algunas regularidades que permitan formular hipótesis explicativas sobre las diferencias de desempeños entre los países; pero sobretodo que ayuden a los docentes y las autoridades a mejorar la enseñanza de las Ciencias.

Considerando en conjunto las cuatro tablas, resulta particularmente interesante realizar un comentario acerca de los resultados alcanzados por los estudiantes cubanos. Los datos permiten constatar que es el único país con desempeños significativamente altos tanto en los dominios disciplinares como en los procesos cognitivos. A su vez, es el

único donde, en todos los casos, la proporción de respuestas correctas es superior al 60%, mientras los demás países no logran superar el 50%, y en muchos casos su buen desempeño es menor al 40%.

Por otro lado, la información suministrada por el indicador de desempeño relativo permite inferir que, en lo que respecta al dominio disciplinar, se ven enfatizados los dominios TA y ME; y en lo que respecta a procesos cognitivos, SP. Probablemente la enseñanza de las Ciencias en Cuba tiene algunas particularidades que conllevan los mencionados énfasis y que podrían estar dando cuenta de los altos desempeños de estos estudiantes.

También es interesante analizar el caso de Uruguay, donde aparece una situación similar, aunque los desempeños alcanzados por los estudiantes uruguayos son evidentemente más bajos que los alcanzados por sus pares cubanos. Los resultados de Uruguay son los segundos mejores en la región en Ciencias, y este país también muestra un desempeño relativo alto en ME y en SP. Queda planteado como tema de posteriores estudios la indagación a fondo de las características comunes que pudieran tener ambos países en sus enfoques, estrategias, formación de docentes, etc. lo que permitiría ofrecer algunas pistas para mejorar la enseñanza de las Ciencias en la región.

## RESULTADOS DE CIENCIAS SEGÚN NIVELES DE DESEMPEÑO

Ya fue anteriormente mencionado que el puntaje promedio del país permite saber cuán lejos o cerca está del promedio regional, y si aparece debajo o encima del mismo. Un puntaje por encima del promedio regional en un desvío estándar o en más (600 puntos o más) podría ser considerado un buen resultado. De la misma manera, un resultado alejado en un desvío estándar, o en más, por debajo del promedio (400 o más puntos), podría ser considerado un bajo resultado<sup>12</sup>.

Todo lo anterior habilita para interpretar los resultados en términos relativos, pero no aporta información acerca de las características de los aprendizajes de los estudiantes, es decir qué conocimientos científicos y habilidades cognitivas ponen en juego para obtener su puntaje.

La utilización de la Teoría de Respuesta al Item para construir la prueba y analizar sus resultados, brinda interesantes posibilidades de enriquecer la mirada sobre los aprendizajes de los estudiantes, colaborando a desarrollar respuestas de mayor calidad para nuestras

**La Didáctica de las Ciencias entiende que las estrategias de resolución de problemas y la enseñanza de los contenidos disciplinares organizados en secuencias didácticas significativas, jerarquizando los conceptos estructurantes de las Ciencias Naturales, es la clave para el aprendizaje profundo y duradero de las Ciencias en todos los niveles de la educación formal. Esta enseñanza debe comenzar a muy tempranas edades, en la educación inicial, de modo de sentar bases sólidas para los futuros aprendizajes.**

<sup>12</sup> Siempre se considera el valor promedio de los países en términos relativos.

preguntas de base: *¿Qué saben de Ciencias los niños latinoamericanos?, ¿Cómo usan sus conocimientos científicos en situaciones escolares o de la vida cotidiana?*

Este modelo matemático de análisis aplica la misma escala de puntajes elaborada para los rendimientos de los estudiantes a los ítems de la prueba, asignando un puntaje a cada ítem en la misma métrica que los rendimientos de los estudiantes. Esto significa que un ítem que tiene 500 puntos presenta una dificultad media, uno de 600 puntos tiene una dificultad alta y uno de 400 puntos es de baja dificultad. Los ítems son ordenados según su grado de dificultad, desde el más fácil hasta el más difícil y, por medio de procedimientos estadísticos combinados con criterios didácticos, es posible establecer conjuntos de ítems con similar grado de dificultad. De la misma forma, son establecidos los puntajes de corte entre conjuntos de ítems. Cada conjunto de ítems así establecidos implica el mismo tipo de desafío cognitivo y de conocimientos para el estudiante que los responde y refleja un determinado “nivel de desempeño”.

En Ciencias fueron establecidos cuatro niveles de desempeño (I a IV) inclusivos y progresivos; es decir que un estudiante cuyo puntaje lo ubica en el Nivel III probablemente sea capaz de realizar no sólo las tareas de ese nivel, sino también las correspondientes a los anteriores.

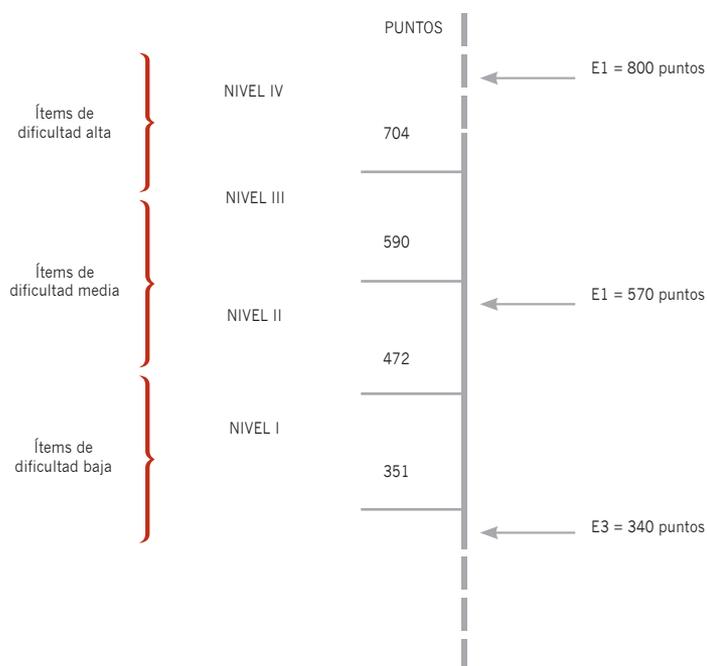
- El **Nivel I** agrupa las tareas más sencillas, de baja dificultad, que abordan situaciones concretas y muy próximas al entorno cotidiano del estudiante. La información necesaria para responder correctamente este tipo de tareas aparece en forma explícita en el enunciado. Desde el punto de vista de los procesos cognitivos que deben ponerse en juego predomina el reconocimiento de conceptos y su aplicación directa a la situación planteada. La mayor parte de los ítems ubicados en este nivel pertenecen al dominio Seres Vivos y Salud.
- El **Nivel II** comprende tareas que, en su mayor parte, presentan la información por medio de tablas, cuadros o dibujos, y formatos no narrativos y/o descriptivos. Para responder acertadamente, los estudiantes deben realizar operaciones de mayor nivel cognitivo que las del Nivel I, como son comparar, identificar criterios de clasificación, detectar regularidades, ordenar, etc. En los ítems de este nivel aparecen los tres dominios conceptuales evaluados, pero Materia y Energía y Tierra y Ambiente figuran en menor proporción.
- Los estudiantes que pueden responder correctamente las tareas de **Nivel III** son capaces de identificar dos variables y establecer relaciones entre ellas; comprenden la posibilidad de controlar una y pueden interpretar experimentos sencillos. Compren-

den mensajes científicos en textos narrativos y descriptivos y, además, son capaces de establecer inferencias a partir de textos argumentativos sencillos. En este nivel los tres dominios conceptuales evaluados están igualmente representados.

- Finalmente, el conjunto de ítems agrupados en el **Nivel IV** demanda actividades cognitivas de mayor formalización y abstracción, lo cual las hace de más difícil resolución. Si bien son situaciones contextualizadas en la vida cotidiana, o habitualmente tratadas en el aula y en los textos escolares, requieren la utilización de modelos explicativos sencillos y la interpretación de fenómenos de carácter abstracto.

Dentro de este modelo es necesario destacar especialmente el concepto de que los puntajes están basados en *probabilidades*. A modo de ejemplo, imaginemos tres estudiantes que realizaron la prueba de Ciencias obteniendo distintos puntajes, que son la evidencia de sus desempeños. Se trata de los estudiantes 1, 2 y 3 cuyos puntajes aparecen en el diagrama de abajo donde es posible ver que el estudiante 1 (E1) obtuvo un alto desempeño, 800 puntos; el estudiante 2 (E2) alcanzó un puntaje de 570 puntos, es decir, un desempeño medio, y el estudiante 3 (E3) tuvo un bajo desempeño, obteniendo un puntaje de 340 puntos.

#### ESCALA DE DESEMPEÑOS Y PUNTAJES EN CIENCIAS



Es probable que el estudiante 1 (E1), cuyo puntaje es 800, sea capaz de responder correctamente todos los ítems de la prueba de Ciencias;

en cambio el estudiante 3 (E3), cuyo puntaje es 340, probablemente no alcance a responder ni siquiera los ítems pertenecientes al Nivel I. En una situación intermedia, el estudiante 2 (E2), cuyo puntaje es 570, podría resolver correctamente todos los ítems del Nivel I y probablemente la mayoría de los ítems del Nivel II, pero no los ítems de los Niveles III y IV.

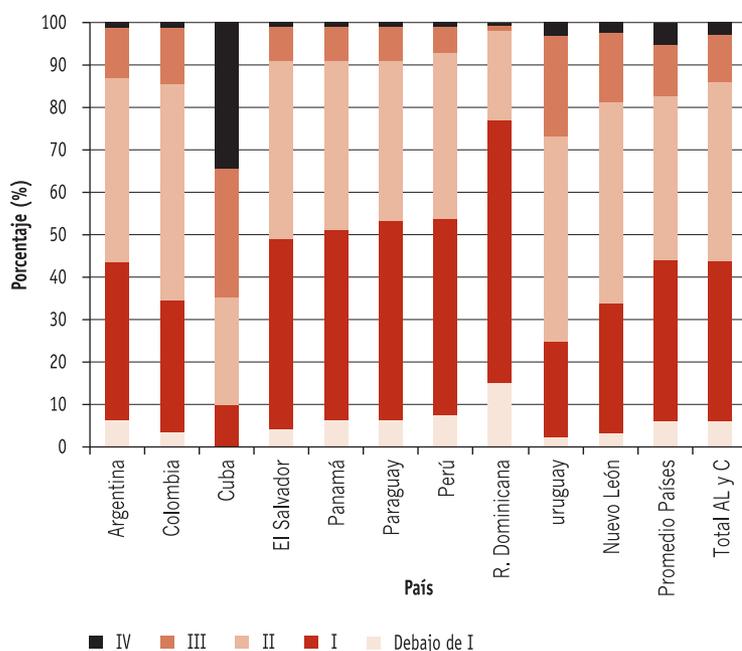
El siguiente cuadro muestra, a modo de síntesis, los puntajes de corte de cada nivel y la descripción correspondiente. En la tercera columna hay ejemplos de desempeños específicos para facilitar la comprensión de las descripciones.

**CUADRO 6 NIVELES DE DESEMPEÑO DE LOS ESTUDIANTES EN SEXTO GRADO EN CIENCIAS**

NIVEL Puntaje de corte	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS DE DESEMPEÑOS ESPECÍFICOS
IV  704,75	Los estudiantes utilizan conocimientos científicos que requieren un grado de formalización y abstracción alto, transfiriéndolos a distintos tipos de situaciones. Identifican los conocimientos científicos involucrados en una situación problemática formal y referida a aspectos, dimensiones o análisis alejados del entorno próximo.	Interpretar información presentada en cuadros de mayor complejidad que en los niveles inferiores, por intervenir mayor cantidad de variables. Detectar regularidades para clasificar y caracterizar fenómenos. Designar los cambios de estado por su nombre, reconocer la reversibilidad de los procesos e identificar los cambios de estado más presentes en la vida cotidiana. Reconocer manifestaciones de distintas formas de la energía en la vida cotidiana. Movilizar conocimientos sobre la salud humana para acceder a información simple, de resultados de exámenes de sangre, por ejemplo. Interpretar sencillos fenómenos ópticos que permitan explicar las sombras. Usar modelos explicativos.
III  590,29	Los estudiantes explican situaciones cotidianas basadas en evidencias científicas, utilizan modelos descriptivos sencillos para interpretar fenómenos del mundo natural y plantean conclusiones a partir de la descripción de actividades experimentales.	Explicar los fenómenos del día y la noche, y orientarse según el sol. Reconocer los cambios de estado y la reversibilidad de los procesos: conservación de la masa y del volumen. Reconocer fuentes de energía y transformaciones de la energía, así como sus aplicaciones en el hogar y en la vida cotidiana. Diferenciar fenómenos físicos y químicos. Reconocer un circuito eléctrico y sus partes, así como el papel de la pila, y materiales conductores y no conductores. Reconocer variables y la incidencia de una o dos variables en una situación analizada. Analizar situaciones experimentales y proponer la pregunta a la respuesta de una situación presentada en un texto. Utilizar modelos explicativos sencillos.
II  472,06	Los estudiantes aplican contenidos científicos aprendidos en el contexto escolar; comparan, ordenan e interpretan información; reconocen relaciones de causalidad, y clasifican seres vivos de acuerdo con un criterio. Acceden y tratan información presentada en distintos formatos (tablas, cuadros, esquemas, imágenes).	Identificar criterios de clasificación de los seres vivos y al uso de taxonomías. Establecer relaciones alimenticias entre los seres vivos. Identificar una cadena trófica sencilla. Interpretar y comparar información presentada en textos, cuadros, tablas de datos y gráficos. Analizar resultados de experimentos sencillos y concluir a partir de ellos. Reconocer los estados de la materia y sus características.
I  351,31	Los estudiantes relacionan conocimientos científicos con situaciones cotidianas próximas a su entorno. Explican el mundo inmediato a partir de sus propias observaciones y experiencias, y las relacionan con el conocimiento científico en forma simple y lineal. Describen hechos concretos y simples mediante procesos cognitivos como recordar e identificar.	Utilizar conocimientos en situaciones cotidianas y domésticas. Demostrar conocimientos y actitudes tendientes a promover hábitos saludables de vida con incidencia marcada en la vida personal y social. Diferenciar plantas de animales.

Los resultados de los rendimientos en Ciencias vistos desde la perspectiva de los Niveles de Desempeño muestran que alrededor del 80% de los estudiantes de la región están ubicados en los Niveles I y II. Sin embargo, es posible observar importantes diferencias entre los países, las que sugieren los diferentes desafíos que deben ser enfrentados para promover mejores aprendizajes en Ciencias. El gráfico siguiente muestra la situación en cada país.

**GRÁFICO 2 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES, POR NIVEL DE DESEMPEÑO EN CADA PAÍS**



Una primera mirada al Gráfico 2 indica que, en la mayoría de los países, predominan los niveles de desempeño I y II; que Cuba tiene una razonable distribución de porcentajes de los niveles de II, III, y IV, con un bajo porcentaje del nivel I; y que varios países tienen porcentajes apreciables de estudiantes por debajo del Nivel I, de los que no es posible describir ningún comportamiento.

Estos datos permiten agrupar a los países en cuatro situaciones diferentes. Por un lado, en Colombia, Uruguay y el estado mexicano de Nuevo León, cerca de la mitad de los estudiantes alcanza el Nivel II. En Argentina, El Salvador, Panamá, Paraguay, Perú y República Dominicana más del 40% de los estudiantes está en el Nivel I y por debajo de él. Por su parte, en Cuba, el 65% de los estudiantes está ubicado en los Niveles III y IV.

Desde una perspectiva regional, sintetizamos el diagnóstico en la siguiente tabla:

**TABLA 5 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES SEGÚN NIVELES DE DESEMPEÑO**

NIVEL DE DESEMPEÑO	% DE ESTUDIANTES EN LA REGIÓN
IV	2, 5
III	11, 4
II	42, 2
I	38, 7
Debajo de I	5, 2

Como ya fue explicado, los Niveles de Desempeño describen lo que son capaces de hacer los estudiantes enfrentados a las tareas de la prueba. La Tabla 5 muestra que:

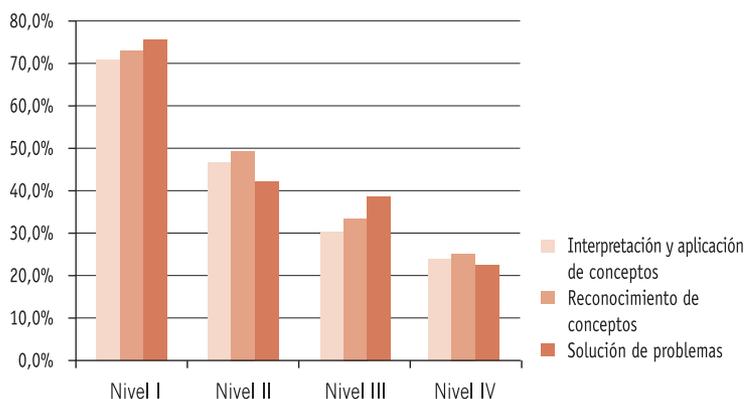
- El 38,7 % de los estudiantes de la región está en el Nivel I, lo que quiere decir que muestran destrezas para aprender conocimientos científicos escolares en el marco de situaciones cotidianas próximas a su entorno, estableciendo relaciones simples entre sus observaciones personales y los conocimientos adquiridos en la escuela. Desde el punto de vista de los procesos cognitivos, son capaces de describir hechos concretos mediante procesos de recuerdo e identificación.
- El 42,2% se ubica en el Nivel II de desempeño. Estos estudiantes comparan, ordenan e interpretan información presentada en formatos diversos (tablas, cuadros, esquemas, imágenes); reconocen relaciones de causalidad, y clasifican seres vivos de acuerdo con un criterio.
- En el Nivel III de desempeño aparece sólo el 11,4% de los estudiantes de sexto grado. Ellos explican situaciones cotidianas basadas en evidencias científicas, utilizan modelos descriptivos para interpretar fenómenos del mundo natural, y plantean conclusiones a partir de la descripción de actividades experimentales.
- Por último, del total de estudiantes de sexto de primaria, el 5,2% está por debajo del Nivel I y un 2,5% en el Nivel IV.

Es decir, después de cursar los seis años de educación primaria, aproximadamente el 80% de los estudiantes no logró desarrollar capacidades fundamentales para la comprensión de la Ciencia, tales como modelizar, inferir, explicar, hipotetizar. El Gráfico 2 muestra diferencias entre países, que sugieren los diferentes desafíos que deben ser enfrentados para promover aprendizajes profundos en esta área.

Las tareas implicadas en los niveles de desempeño III y IV requieren de los estudiantes un manejo flexible de formas superiores de pensamiento, capacidad para abstraer y para inferir. Por su edad, los estudiantes de sexto de primaria están comenzando a superar los niveles concretos de razonamiento, por lo cual la enseñanza de las Ciencias podría contribuir al desarrollo de estas capacidades. Vigotsky, desde su perspectiva dualista del desarrollo, percibe la maduración y la enseñanza como procesos distintos, pero ligados, y que se condicionan mutuamente. Dice que *“...la enseñanza y el desarrollo no se encuentran por primera vez en la edad escolar, sino que están vinculados desde el primer día de la vida del niño”* (Vigotski, 1989: 215).

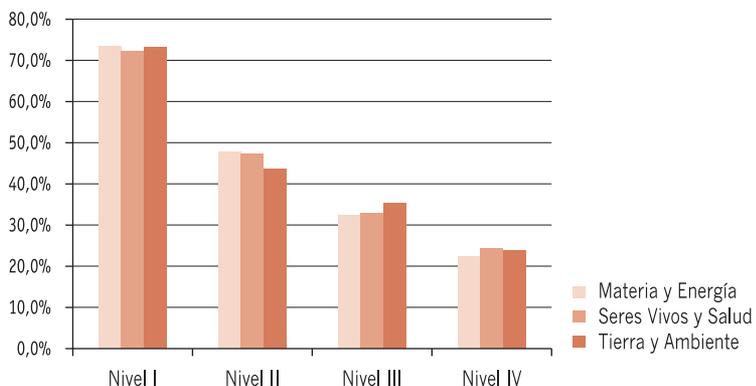
El siguiente gráfico muestra la distribución, a la interna de cada nivel de desempeño, de los porcentajes de estudiantes que alcanzaron respuestas correctas, según los procesos cognitivos estudiados:

**GRÁFICO 3 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES POR NIVEL Y PROCESO COGNITIVO**



El Gráfico 4 muestra una distribución similar a la anterior, para los dominios conceptuales estudiados.

**GRÁFICO 4 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES POR NIVEL Y DOMINIO CONCEPTUAL**



Ambos muestran para cada nivel que los porcentajes de estudiantes se distribuyen de una forma bastante homogénea. No parece que la definición de los niveles esté condicionada por los contenidos o por los procesos, sino que –efectivamente– los niveles son verdadero reflejo del tipo de tareas que la prueba propone, y de las dificultades cognitivas que ellas conllevan.

El próximo capítulo está destinado a mostrar resultados a partir de varios ejemplos de actividades de la prueba considerados interesantes por lo que merecen ser comentados especialmente.

# Análisis de las actividades propuestas

## ¿Cuáles son los resultados según los temas abordados?

Aunque en estudios evaluativos de estas características es común mantener en reserva confidencial la mayoría de las actividades propuestas –para volver a utilizarlas en nuevas instancias de evaluación –este capítulo describe, analiza y comenta los resultados de varias actividades aplicadas en la prueba de Ciencias. Ellas no son, necesariamente, representativas del conjunto de actividades propuestas en esta prueba, sino que fueron seleccionadas sobre la base los siguientes criterios: calidad de sus valores psicométricos, pertinencia pedagógica de su inclusión en un nivel de desempeño específico (determinado estadísticamente) y representatividad de los distintos dominios y procesos cognitivos.

Primero serán realizadas algunas apreciaciones sobre las características generales de las actividades de la prueba; luego, analizadas varias actividades, ejemplificando los cuatro Niveles de Desempeño desarrollados en el capítulo anterior; y, finalmente, realizado el análisis de un conjunto de actividades agrupadas en función de temáticas curricularmente relevantes.

## ACERCA DE LAS SITUACIONES ESCOLARES Y DE LA VIDA COTIDIANA

En las aulas de Ciencias Naturales suelen presentarse propuestas que abordan situaciones de la vida real, cotidiana, con el fin de motivar a los niños y acercarlos a conceptos científicos que pueden ser usados para la interpretación y el análisis de dichas situaciones.

Para que una situación real sirva a estos propósitos, es necesario haberla pensado desde un marco teórico que brinde la posibilidad de trabajar los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales apropiados a ella. Rodrigo, citada por Lacasa (1994)<sup>13</sup>, señala que

---

<sup>13</sup> Lacasa, P. *Aprender en la escuela, aprender en la calle. Aprendizaje Visor. Madrid, 1994*

según el enfoque de enseñanza estos acercamientos a las situaciones cotidianas podrán efectuarse ya *desde lo estructural*, colaborando en la construcción de estructuras formales de pensamiento; desde los *dominios del conocimiento*, basándose en los enfoques de expertos y novatos o de las ideas previas; o desde las *teorías implícitas o creencias populares*, como conjuntos de ideas organizadas ancladas en lo biológico, lo social y lo representacional.

Sin embargo, frecuentemente los docentes no profundizan en el análisis de las situaciones de enseñanza planteadas, quedándose en la mera intención de abordar contenidos científicos, lo que no contribuye a lograr la transferencia adecuada de los contenidos escolares al análisis e interpretación de los fenómenos y situaciones de la vida real. Si bien los temas propuestos por el currículo pueden ser relevantes para desarrollar habilidades para la vida, las formas de enseñar establecen la diferencia, a la hora de evaluar los resultados de los aprendizajes.

La prueba del SERCE trata de indagar estos aspectos, proponiendo actividades de evaluación que implican ambos desafíos: reconocer y resolver correctamente situaciones escolares, pero también propone actividades que exigen transferir conocimientos adquiridos en un contexto escolar a aquel de la vida cotidiana extraescolar.

## ACTIVIDADES DE LA PRUEBA QUE EJEMPLIFICAN LOS CUATRO NIVELES DE DESEMPEÑO

Este apartado muestra ocho actividades de la prueba de Ciencias, que ilustran los dominios y procesos evaluados, así como las capacidades y habilidades puestas en juego por los estudiantes para resolverlos.

Cada actividad está acompañada por un cuadro (perfil) que describe sus características técnicas y el porcentaje de estudiantes que la respondió de manera correcta, así como el porcentaje de estudiantes que eligió respuestas incorrectas (distractores). Las actividades de respuesta abierta incluyen los códigos de respuesta totalmente correcta, parcialmente correcta e incorrecta, con sus respectivos porcentajes de respuesta.

La siguiente tabla presenta la distribución de los ítems de ejemplos de niveles y procesos cognitivos.

TABLA 6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ACTIVIDADES DE EJEMPLO DE LOS NIVELES

NIVEL DE DESEMPEÑO	PROCESOS COGNITIVOS			
	Puntos de corte	Reconocimiento de Conceptos	Interpretación de Conceptos y Aplicación	SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
I	351		Ej.1.Omnívoro Dificultad: 420	
II	472	Ej. 2. Laguna Dificultad: 475	Ej.3. Desayuno equilibrado Dificultad: 496	
III	590	Ej. 4. Movimientos relativos Dificultad: 646	Ej.5. Plasticina Dificultad: 636	Ej. 6. Caries Dificultad: 606
IV	705		Ej.7. Clasificación Dificultad: 731	Ej.8. La Luna Dificultad: 822

Como ejemplo del Nivel I de desempeño aparece una sola actividad, que pertenece al dominio de Seres Vivos y Salud y al proceso cognitivo Interpretación de Conceptos y Aplicación.

**Nivel I: Incluye tareas sencillas, de baja dificultad, que abordan situaciones concretas y muy próximas al entorno cotidiano del estudiante, donde la información necesaria para responder aparece en forma explícita en el enunciado.**

### Omnívoros

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	I
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la información presentada en forma de esquema, reconocer los distintos conceptos e identificar el grupo que se solicita.
Respuesta correcta	C: Omnívoros
Dificultad	420

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	66%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 9% B: 18% D: 7%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

**Nivel II: Incluye tareas que exigen operaciones de mayor nivel cognitivo que las del Nivel I, como son comparar, identificar criterios de clasificación, detectar regularidades, ordenar, etc. la mayoría de las actividades de este nivel ofrecen la información por medio de tablas, cuadros o dibujos, y formatos no narrativos y/o descriptivos.**

### Ejemplo 1 / Omnívoros

Esta actividad refiere a una tarea muy concreta, sobre clasificación de seres vivos según el tipo de alimentación, y se presenta en forma de esquema. Este es un contenido escolar familiar para los estudiantes de este nivel educativo, y también lo es la representación esquemática de la información, como característica en el área de las Ciencias.

La información está presente en la consigna del ítem y el proceso para responderlo implica que los estudiantes recuperen de su memoria un conocimiento adquirido y lo apliquen a la situación concreta. Si bien necesitan reconocer el grupo clasificado, esto no implica que deban realizar la operación de clasificar. Igualmente es necesario que hagan el proceso de reconocer, siguiendo ciertas pistas ofrecidas por el diagrama, para posteriormente identificar el grupo al cual pertenecen los seres humanos.

**5** El siguiente diagrama muestra una clasificación de los seres vivos según su fuente de alimentación:

Según esta clasificación, ¿a qué grupo pertenecen los seres humanos?

A Herbívoros.  
 B Carnívoros.  
 C Omnívoros.  
 D Descomponedores.

DC6.B5.IT05

De acuerdo a los datos que muestra la ficha de la actividad, esta pertenece al grupo de las más fáciles de la prueba, como lo muestra su posición en la escala de los niveles de desempeño, con un valor de 420 y fue respondida correctamente por dos tercios de los estudiantes evaluados. El distractor que más atrajo la atención de quienes respondieron incorrectamente fue “carnívoros”, probablemente debido a una mayor familiaridad con el término.

Han sido escogidas dos actividades para ejemplificar el Nivel II, pertenecientes ambas al dominio Seres Vivos y Salud y a los procesos cognitivos Reconocimiento de Conceptos e Interpretación de Conceptos y Aplicación.

### Ejemplo 2 / Laguna

Esta actividad se enmarca en el dominio de contenido Seres Vivos y Salud y pretende evaluar el proceso cognitivo Reconocimiento de Conceptos. Al igual que en la actividad anterior, el contenido es familiar a los estudiantes de este grado y está referido también a criterios para la clasificación de seres vivos. En el ejemplo, la propuesta es identificar los seres autótrofos de los heterótrofos. En este caso la información no está en el enunciado, sino que se apela a los conocimientos de los estudiantes: entre las distintas opciones deben reconocer a las plantas como las únicas que producen su propio alimento.

**4** Entre los organismos que viven en una laguna, los que utilizan la luz solar en la producción de su propio alimento son:

**A** los peces.

**B** los sapos.

**C** la plantas.

**D** los insectos.

DM3.B4.IT02

En esta actividad, si bien el contenido presenta cierto grado de dificultad, la pregunta es directa y la actividad resulta ubicada en el Nivel II, con un puntaje de 475. En este caso los estudiantes deben aplicar contenidos científicos aprendidos en el contexto escolar. Casi los tres quintos (59%) de la población fue capaz de recordar y reconocer que las plantas son productoras de su propio alimento, diferenciándolas de los otros grupos de seres vivos mencionados en las restantes opciones.

#### Laguna

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Reconocimiento de Conceptos
Acción o tarea a realizar	Recordar el concepto de "autótrofo" y reconocer, dentro de los grupos de animales que se mencionan, qué grupo lo es.
Respuesta correcta	C: Plantas
Dificultad	475

#### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	59%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 23% B: 11% D: 2%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

### Desayuno equilibrado

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la situación planteada, recordar a qué grupos de alimentos pertenecen los mencionados en cada caso y recordar el concepto de dieta equilibrada. Establecer relaciones entre ambas conceptualizaciones.
Respuesta correcta	A: Fruta, leche y pan.
Dificultad	496

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	56%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 31% B: 6% D: 6%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

**Nivel III: las tareas de este nivel exigen el manejo de variables, lo que implica identificarlas, relacionarlas y comprender la necesidad del control de variables todo lo cual permite la interpretación de experimentos sencillos.**

**Estas tareas también plantean la comprensión de mensajes científicos en textos narrativos y descriptivos, y la búsqueda de inferencias a partir de textos argumentativos sencillos.**

### Ejemplo 3 / Desayuno equilibrado

Este ejemplo corresponde también al contenido Seres Vivos y Salud, y al proceso cognitivo Interpretación de Conceptos y Aplicación. Su objetivo es hacer reflexionar al estudiante sobre estilos de vida saludables en relación a la alimentación, y está enmarcada en un contexto personal de la vida cotidiana.

La información, igual que en el caso anterior, no está en el enunciado, sino que el estudiante debe recordar las características de los grupos de alimentos mencionados, así como tener presente el concepto de 'dieta equilibrada'. Su correcta resolución exige algo más que meramente recordar: implica aplicar estos conceptos a una situación concreta, el desayuno, y además, requiere de establecer relaciones entre los grupos de alimentos y el concepto de equilibrio dietético.

**17** Un desayuno equilibrado debe incorporar alimentos de los distintos grupos. ¿Cuál de los siguientes desayunos es más equilibrado?

- A** Fruta, leche y pan.
- B** Pan, leche y cereales.
- C** Cocoa y pan con mantequilla.
- D** Huevos con jamón y café.

DC6.B1.IT02

El puntaje de esta actividad es cercano a los 500 puntos, la media de la escala. Casi un 60% de los niños la respondió en forma correcta; sin embargo un tercio (31%) seleccionó la opción B, probablemente debido a la presencia de los cereales, sin considerar el aporte alimenticio del grupo de las frutas.

Para ejemplificar el Nivel III fueron elegidas tres actividades, una por cada proceso cognitivo y dominio de contenido.

Ejemplo 4 / Movimientos relativos

Esta actividad pertenece al dominio Tierra y Ambiente y apela a los conocimientos de los niños acerca de los movimientos relativos de la Tierra, el Sol y la Luna. El proceso cognitivo evaluado es Reconocimiento de Conceptos. Es una situación típicamente escolar, presentada en un formato característico en las Ciencias: los niños deben ser capaces de reconocer el diagrama correcto, para lo cual necesitan recuperar la información aprendida al respecto. Es una actividad muy ligada al aprendizaje en el aula de Ciencias y pone de manifiesto la importancia de la modelización.

**13** ¿Cuál de los siguientes modelos representa los movimientos relativos de la Tierra, la Luna y el Sol?

DM3.B4.IT02

Esta actividad resultó muy difícil, 646 puntos, y fue correctamente respondida solo por el 37% de los estudiantes. El resto de las respuestas se distribuyeron casi uniformemente entre las otras tres opciones, evidenciando la carencia de este conocimiento en la mayoría de los alumnos.

**Movimientos relativos**

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Tierra y Ambiente
Proceso	Reconocimiento de Conceptos
Acción o tarea a realizar	Recordar cómo se mueve la Tierra respecto al Sol, y la Luna respecto a la Tierra. Recordar el significado de los símbolos representados en el esquema y reconocer la opción que muestra el diagrama apropiado.

Respuesta correcta	D.
Dificultad	646

**Resultados SERCE**

Porcentaje de respuestas correctas	37%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 20% B: 21% D: 20%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	3%

### Plastilina

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la descripción presentada en el texto, imaginando la sucesión de hechos para posteriormente aplicar el concepto de conservación de la masa.
Respuesta correcta	C: Igual que la del cubo
Dificultad	636

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	38%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 13% B: 14% D: 33%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

### Ejemplo 5 / Plastilina

En general, las actividades ubicadas en el Nivel III requieren una mayor capacidad de abstracción por parte de los estudiantes. En este caso, el ejemplo está inscrito dentro del dominio de contenido Materia y Energía y del proceso cognitivo Interpretación de Conceptos y Aplicación. Muestra una situación escolar que pretende indagar acerca de la conservación de la masa.

Para responder correctamente esta propuesta, el estudiante debe haberse apropiado de la noción de conservación de la masa. La solución adecuada demanda relacionar la cantidad de materia con la masa del cuerpo e independizarla del cambio de forma. La dificultad en la tarea radica en la persistente presencia de ideas previas al respecto, en este caso, la dependencia de la masa respecto de la forma. Resultó una actividad apenas un poco menos difícil que la anterior, con un puntaje de 636.

**14** Si un niño hace una pelota de plastilina, después la deshace, y con el mismo pedazo hace un cubo, la masa de la pelota

- A** es mayor que la del cubo.
- B** depende de su peso.
- C** es igual que la del cubo.
- D** depende de su tamaño.

DC6.B1.IT14

Los resultados muestran que casi el 40% de los niños ha superado la idea previa y respondido correctamente; pero un tercio de los niños mantiene, aún a estas edades, la idea de que si un cuerpo cambia su forma, también cambia su masa.

### Ejemplo 6 / Caries dental

Esta actividad describe un problema cotidiano, relacionado con la salud, por medio de un texto que brinda un conjunto de evidencias científicas. Está inscrita dentro del dominio de contenido Seres Vivos y Salud y del proceso cognitivo Solución de Problemas. Los estudiantes, para resolver adecuadamente la situación, deben ser capaces de interpretar el texto, seleccionar las evidencias e inferir conclusiones.

**6** El siguiente texto presenta información científica sobre las caries.

Si examinamos los dientes de 100 personas de cualquier país del mundo, probablemente encontraríamos que sólo 2 de ellas no tienen los dientes picados, caídos o empastados, y parece que la situación va empeorando. Los científicos tratan de averiguar cuál es la causa de la picadura de los dientes (conocida como “caries dental”). Hay muchas explicaciones, pero la que se apoya en más evidencia es la siguiente: los azúcares que comemos permanecen en la boca, donde los microorganismos los transforman en ácidos que atacan la parte mineral de los dientes causando su destrucción.

UNESCO, LLECE, SERCE, 2005

¿Qué conclusión **práctica para la salud** se obtiene a partir de la información del texto?

- A** Comer muchos azúcares aumenta la caries dental.
- B** Sólo el 2% de las personas no tiene caries dental.
- C** La caries dental consiste en la picadura de los dientes.
- D** Los científicos investigan las picaduras de los dientes.

DM3.B4.IT02

#### Caries dental

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Leer e interpretar el texto. Comprender la pregunta, en función de lo cual seleccionar la información relevante, e inferir una conclusión.
Respuesta correcta	A: Comer muchos azúcares aumenta la caries dental.
Dificultad	606

#### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	41%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 19% B: 20% D: 18%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

A pesar de tratarse de una situación problema que involucra la comprensión de un texto, esta actividad resultó menos difícil que las dos anteriores de este mismo nivel, con un puntaje de 606. El 41% de los estudiantes comprendió el texto y el significado de la pregunta, y fue capaz de seleccionar adecuadamente las evidencias que permiten inferir correctamente una conclusión práctica para la salud. El 57% seleccionó las opciones B, C y D casi en forma equivalente. Estas opciones son plausibles; pero no contestan la pregunta formulada, y su elección muestra que probablemente no comprendieron el significado de la misma.

Para ejemplificar el Nivel IV se han seleccionado dos actividades, una de las cuales exige respuestas elaboradas por el propio estudiante. Estas actividades pertenecen a los procesos cognitivos Interpretación de Conceptos y Aplicación y Solución de Problemas y a los dominios de contenidos Seres Vivos y Salud y Materia y Energía, respectivamente.

**Nivel IV: las actividades agrupadas en este nivel exigen mayor formalización y abstracción, requieren la utilización de modelos explicativos sencillos y la interpretación de fenómenos de carácter abstracto. Son, en general, habitualmente tratadas en el aula y en los textos escolares.**

### Clasificación de animales

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Observar las imágenes que muestran los animales, identificar rasgos comunes a todos, seleccionar un rasgo que se considere conveniente, organizar los animales según el rasgo elegido, en dos grupos, escribir en el cuadro los nombres de los animales y de los criterios seleccionados.
Dificultad	731

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas totalmente correctas (2 créditos)	14 %
Porcentaje de respuestas parcialmente correctas (1 crédito)	18%
Porcentaje de respuestas incorrectas (0 crédito)	56%
Porcentaje de respuestas inválidas	12%

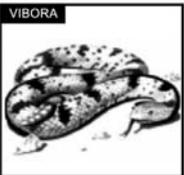
### Ejemplo 7 / Clasificación de animales

El siguiente ejemplo es una actividad de respuesta abierta, lo que quiere decir que el estudiante está enfrentado a la tarea de elaborar un texto para responderla. Esta actividad pertenece al dominio de contenidos Seres Vivos y Salud y al proceso cognitivo Interpretación de Conceptos y Aplicación. Es relevante para valorar la enseñanza de aspectos muy importantes en la Ciencia y sus formas de comunicación, ya que muestra si el estudiante es capaz de seleccionar un criterio objetivo de clasificación y utilizarlo para agrupar animales.

Los resultados indican que se trata de una actividad que demostró ser muy difícil y a la que le correspondieron 731 puntos. La dificultad, probablemente, se debe a que demanda la identificación de criterios de clasificación y exige escribir y organizar información en una tabla. La gran mayoría de los niños no logró créditos en esta actividad: el 12% no la contestó y el 56% lo hizo incorrectamente. Sólo el 14% de las respuestas fueron totalmente correctas y el 18%, parcialmente correctas.

Las actividades abiertas fueron corregidas por maestros, en cada país, siguiendo un Manual de Corrección elaborado por el equipo de especialistas en Ciencias. Según indicaba el Manual de Corrección, esta pregunta podía recibir dos créditos si el niño la contestaba correctamente, uno si la respuesta era parcialmente correcta, y 0 en caso que fuera incorrecta.

**15** A continuación, se muestran imágenes de distintos seres vivos:

<b>GORILA</b> 	<b>COTORRA</b> 	<b>VIBORA</b> 
<b>LOMBRIZ</b> 	<b>MOSCA</b> 	<b>PERRO</b> 

Clasifica los animales en dos grupos. Para hacerlo, escribe en el siguiente cuadro los nombres de los animales que forman cada grupo y, como título de cada grupo, escribe la característica que usaste para agruparlos.

--	--

DM3 B4 IT02

**Ejemplos de respuesta totalmente correcta (2 créditos)**

Una respuesta totalmente correcta es aquella en la que el estudiante se refiere explícita o implícitamente a un criterio que permite clasificar en dos grupos a los seres vivos presentados y, además, clasifica los seis animales correctamente de acuerdo con dicho criterio. Se pretende el uso de taxonomías aceptadas científicamente, aunque no es imprescindible que sean nombradas técnicamente.

Los dos primeros ejemplos (A y B) son representativos de respuestas totalmente correctas. Este tipo de respuesta apareció muy frecuentemente dentro de las respuestas correctas.

Ejemplo A:

Vertebrados	Invertebrados
Gorila:  Culebra:  Tiburón:  Perro: 	Lombriz:  Mosca: 

Ejemplo B

vertebra	invertebrados
El gorila la botana vibora perro	lombriz y mosca

Porque tienen vertebras

En ambos ejemplos los niños elaboraron adecuadamente la tabla solicitada, y manejaron una taxonomía usualmente trabajada en el ámbito escolar: presencia o no de columna vertebral. Por otra parte, en los dos aparecen datos adicionales que muestran la clara comprensión del criterio seleccionado: en el ejemplo A, por medio de los dibujos; en el ejemplo B, aclarando con una oración al pie del cuadro.

Los siguientes ejemplos muestran respuestas basadas en un criterio de clasificación, objetivo, que hace referencia al aparato locomotor de los animales, si bien no está expresado en un lenguaje técnico. Este tipo de respuesta también apareció muy frecuentemente.

Ejemplo C

Voladores	No voladores
Mosca y Cotorra	Gorila, Víbora, Lombriz y Perro

Ejemplo D

terrestre	aéreo
gorila víbora lombriz perro	cotorra mosca

El Ejemplo C los clasifica como voladores y no voladores; el ejemplo D, como terrestres y aéreos.

#### **Ejemplos de respuesta parcialmente correcta (1 crédito)**

Son respuestas parcialmente correctas las que hacen mención (explícita o implícitamente) a un criterio que permite clasificar los seres vivos presentados en dos grupos, pero sólo clasifica cuatro o cinco de los seis animales correctamente de acuerdo con este criterio.

El Ejemplo E muestra una respuesta parcialmente correcta, donde el criterio fue correctamente seleccionado: animales con columna vertebral y sin ella, pero clasificó incorrectamente uno de los animales, la víbora. Este es un error frecuente en el aprendizaje de los conceptos biológicos: los estudiantes suelen creer que las víboras o las serpientes son gusanos, y como tales, carecen de esqueleto.

Ejemplo E

Invertebrados	Vertebrados
Mosca Lombriz vivoio	Perro Gorriolo COTORRO

En el Ejemplo F el niño decidió por un criterio objetivo –presencia de pelos– y aunque no sea un típico criterio científicamente usado, es válido escolarmente. Pero dado que clasificó erróneamente a la cotorra, recibió un crédito parcial.

Ejemplo F

con pelo	sin pelo
gorriolo cotorra perro	lombriz mosca vibora

**Ejemplos de respuestas incorrectas (0 crédito)**

Las respuestas incorrectas implican varias categorías de errores.

Por ejemplo: hay respuestas que señalan un criterio adecuado, pero clasifican correctamente de acuerdo con este criterio a tres o menos de los seis animales; también hay respuestas que indican un criterio que no permite clasificar en dos grupos los seres vivos presentados (por ejemplo: color y tipo de alimentación; insectos y mamíferos; carnívoros y omnívoros); respuestas que proponen una agrupación de todos los animales, pero no señalan el criterio de clasificación utilizado; o que señalan dos criterios diferentes, por ejemplo: mamíferos y voladores.

A continuación se muestran ejemplos representativos de los errores más frecuentes.

El Ejemplo G presenta uno de los errores usuales: el uso de un criterio de clasificación que deja fuera alguno de los objetos a clasificar. En este caso, el criterio elegido no está de acuerdo con una taxonomía

científica; pero podría igualmente ser considerado adecuado, ya que es objetivo porque considera el aparato locomotor: animales que caminan en cuatro patas y animales que se arrastran<sup>14</sup>. El error cometido es que no es posible clasificar la cotorra ni la mosca según este criterio.

Ejemplo G

cuatro patas	dos patas
gorila perro	víbora Lanzón

También es frecuente que los niños incorporen vocabulario técnico, pero que el mismo carezca de significado. Tal es el caso del Ejemplo H, donde el estudiante usa incorrectamente la clasificación ovíparo – vivíparo. En este caso, el alumno fue capaz de incorporar la terminología correcta, pero no demostró una comprensión profunda de los conceptos manejados.

Ejemplo H

OVÍPAROS	VIVÍPAROS
Gorila Perro Lanzón	Mosca Cotorra Víbora

Por su parte, el Ejemplo I muestra el trabajo de un niño que conoce los grupos taxonómicos mamíferos y ovíparos, ya que agrupa adecuadamente a los animales. Sin embargo, es evidente que no ha incorporado la noción de ‘criterio de clasificación’, ya que utiliza dos criterios.

<sup>14</sup> Es dable suponer que el niño piensa que no tienen patas y por eso se arrastran.

Ejemplo I

Hoviparos	maniparos
cotoca viboras Lombis moscas	Perro Cocina

Es interesante mostrar un último ejemplo representativo de respuestas incorrectas halladas muy frecuentemente dentro de los trabajos de los niños. Se trata del Ejemplo J, que demuestra una falta de comprensión absoluta de la tarea: el niño describe en cada cuadrante de la tabla un animal (perro y víbora) que le interesó particularmente. Sin embargo, la lectura atenta de cada descripción revela que, probablemente, el estudiante estaba pensando en una cierta clasificación: animales domésticos y no domésticos, sin lograr organizar adecuadamente sus ideas para concretar la tarea, tal como había sido solicitado.

Ejemplo J

Perro	Víbora
es el amigo del hombre y dueño de casa muere a quien no conoce	es un animal que no puedes tener como mascota porque tiene veneno y si te muere te puedes morir

### La Luna

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Tierra y Ambiente
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Utilizar conceptos referidos a la fuerza de gravedad para resolver la situación problemática presentada.
Respuesta correcta	D: hay poca fuerza de gravedad.
Dificultad	822

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	18%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 30% B: 14% D: 34%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	4%

### Ejemplo 8 / La Luna

**14** Los primeros astronautas que llegaron a la Luna tuvieron que colocarse pesados zapatos para no flotar sobre la superficie lunar. Este hecho se explica porque en la Luna

**A** no hay oxígeno.

**B** hay poco oxígeno.

**C** no hay fuerza de gravedad.

**D** hay poca fuerza de gravedad.

DC6.B3.IT14

Esta actividad pertenece al dominio de contenido Materia y Energía y al proceso cognitivo Solución de Problemas. Presenta una situación familiar para los estudiantes por su frecuente tratamiento en los medios de comunicación. Dado que no es parte del entorno próximo del estudiante, para encontrar la solución tiene que transferir el conocimiento escolar a una situación no experimentada por él, pero observada experimentar por otros actores, múltiples veces.

Se trata de una de las actividades más difíciles de la prueba, Nivel IV (822 puntos) donde los alumnos identifican los conocimientos científicos involucrados en una situación problemática formal que plantea el análisis de la misma. Sólo un 18% de los estudiantes fueron capaces de apelar a conocimientos conceptuales complejos como peso, gravedad y la relación entre ambas. Es probable que el 78% que selecciona las otras opciones no hayan, aún, conceptualizado la noción de fuerza, lo que explica la complejidad del ítem.

Los alumnos que eligen el distractor A atribuyen el fenómeno a la falta de oxígeno, lo que es real, pero no relacionado con las fuerzas gravitatorias. El distractor C refiere a un error conceptual común basado en la idea previa de que en la Luna no hay gravedad.

## ACTIVIDADES DE LA PRUEBA ANALIZADAS POR GRUPOS TEMÁTICOS

A continuación es analizado un conjunto de actividades organizadas según temas que son de interés para la enseñanza de las Ciencias.

### La experimentación

Nadie puede dudar que la actividad experimental tiene un carácter identificador para las Ciencias Naturales y su enseñanza. Se reconoce a Galileo como el precursor de esta idea, por su convicción de que la experimentación es lo que permite al hombre pensar sobre su manera de pensar. Se trata de una forma de plasmar el pensamiento y ponerlo a prueba. Según Pierre Thuillier<sup>15</sup>, en el espíritu de Galileo está el que experimentar es una forma de dialogar con los hechos.

Varias de las actividades de la prueba ponen a los niños en situación de resolver aspectos diferentes referidos a **dispositivos experimentales**. Se entiende por dispositivo experimental<sup>17</sup> aquel con el cual el investigador provoca un cambio voluntario, con la finalidad de ver los efectos de ese cambio. Es un conjunto de acciones que suponen el **control de las variables** de aquel sistema o fenómeno que se busca conocer.

“El nacimiento de la ciencia experimental guarda relación con el descubrimiento de técnicas muy precisas para dominar racionalmente el curso de la experiencia, es decir, para provocar ciertos fenómenos que pueden repetirse a voluntad y medirse con exactitud matemática, en condiciones controladas por nuestro intelecto”.  
Geymonat, 1971<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Thuillier, P. *De Arquímedes a Einstein, Las caras ocultas de la invención científica*, Ed. Alianza, Madrid, 1990.

<sup>16</sup> Geymonat, L. *El pensamiento científico*. Ed. Eudeba. Bs. As., 1971.

<sup>17</sup> Carli, A. 2008. *La ciencia como herramienta, guía para la investigación*. Editorial Biblos, Bs. As.

**Mónica**

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Analizar los datos proporcionados en la consigna, con el fin de identificar las variables presentes en la situación. Manejar la noción de "variable".
Respuesta correcta	B: ubicación
Dificultad	760

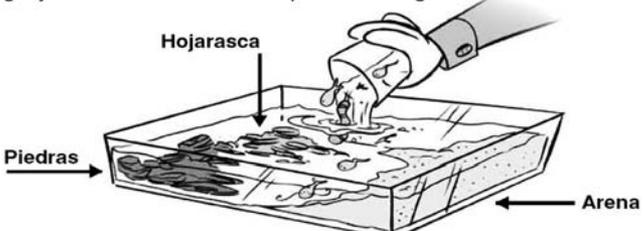
**Resultados SERCE**

Porcentaje de respuestas correctas	23%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 45% C: 6% D: 25%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

**Actividad 1 / Mónica**

La siguiente actividad muestra un conjunto de variables y un efecto final. Es una actividad muy difícil, ubicada en el Nivel IV con un puntaje de 760. Los niños deben establecer *la correspondencia* entre la variable pertinente y el efecto establecido en la propuesta. El resultado obtenido fue bajo, en relación a la correspondencia correcta, ya que la opción B (ubicación) sólo es seleccionada por el 23% de los alumnos. La opción A (alimentación) es el distractor más elegido, probablemente debido a la familiaridad del término.

**6** Mónica coloca en una cubeta con agua distintos fondos: piedras grandes, arena y hojarasca. Recoge en un frasco diferentes animales acuáticos y los pone en la cubeta, como se muestra en el dibujo. Durante un mes les da la misma comida, deja la cubeta en el mismo lugar y mantiene constante la temperatura del agua.



Con esta experiencia, Mónica puede averiguar las preferencias de cada tipo de animal en relación con la

- A alimentación.
- B ubicación
- C luminosidad.
- D temperatura.

DC6.B3.IT06

### Actividad 2 / Suelos

La siguiente actividad plantea una situación relacionada con el suelo, y solicita la variable pertinente que justifica un cierto efecto buscado. En este caso, la actividad también es difícil, se ubica en el Nivel IV, con un puntaje de 755 y el porcentaje de respuestas correctas es apenas mayor que en el caso anterior.

**9** El uso de los suelos para la producción de alimentos provoca una disminución de los nutrientes para las plantas. Una forma de proteger los suelos para conservar sus nutrientes consiste en

- A** matar las malezas.
- B** acabar las plagas.
- C** rotar los cultivos.
- D** cosechar con máquinas.

DC6.B1.IT09

A modo de lectura primaria de los resultados es posible decir que a los niños les resulta igualmente difícil establecer relaciones lineales (causa- efecto) como lo requiere el primer ejemplo, o relaciones entre una variable que cambia y un efecto inalterado, constante, como lo exige el segundo ejemplo.

<b>Suelos</b>	
Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Tierra y Ambiente
Proceso	Reconocimiento de conceptos
Acción o tarea a realizar	Reconocer la estrategia necesaria para conservar nutrientes en el suelo.
Respuesta correcta	C: rotar los cultivos
Dificultad	755
<b>Resultados SERCE</b>	
Porcentaje de respuestas correctas	25%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 19% B: 40% D: 14%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

### Los porotos

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación y aplicación de conceptos
Acción o tarea a realizar	Interpretar la situación planteada y aplicar un conocimiento científico adquirido en la escuela
Respuesta correcta	A: la luz del Sol
Dificultad	536

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	51%
Porcentaje de respuestas de los distractores	B: 13% C: 11% D: 25%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

### Actividad 3 / Los porotos

Esta actividad tuvo un mayor porcentaje de respuestas correctas.

**5** Los porotos almacenan energía, lo que hace posible que a partir de ellos germinen plantas. La energía almacenada en los porotos proviene de

- A** la luz del Sol.
- B** el calor del suelo.
- C** la humedad del aire.
- D** la temperatura del ambiente.

DC6.B1.IT05

Esta propuesta resultó ser de dificultad media, con un puntaje de 536. También en este ejemplo están implicadas varias variables; pero, en este caso, la mitad de los niños respondió correctamente. Esto indica que el análisis de estas situaciones debe ser cuidadoso en la medida que hay ciertos contenidos que tienen una particular presencia escolar y que constituyen temáticas cercanas para los alumnos, incidiendo este aspecto sobre el porcentaje de respuestas correctas. En esta actividad los niños identifican claramente el papel del Sol en el flujo de la energía.

Cuando el escenario cambia y se intenta explorar cómo se conducen los niños con el manejo de **variables en situaciones fisicoquímicas** surgen dificultades adicionales, debidas al carácter más abstracto de los contenidos en juego.

Las preguntas vinculadas al concepto de **temperatura** son especialmente difíciles para los estudiantes en general. Especialmente a estas edades la temperatura es percibida como una propiedad extensiva; es decir, asocian a la temperatura una idea de cantidad, que es posible adicionar. Además suelen relacionar el aumento del número de fuentes de calor, con un aumento en el punto de ebullición, sin reconocer que lo variable es el tiempo que demora en alcanzar el punto de ebullición, pero no la temperatura a la que éste se alcanza. Esta es una idea propia del conocimiento común, claro ejemplo de concepción alternativa, y que se traduce en la acción de dejar que ‘hierva un poco más’, desconociendo que una vez alcanzado el punto de ebullición la temperatura permanecerá constante.

Un ejemplo de esta situación se muestra en la actividad siguiente, que presenta opciones de respuesta que implican distintas relaciones entre las variables, entre las cuales los estudiantes deben elegir la relación de variables apropiada para la situación planteada.

Actividad 4 / Agua hirviendo

**10** En la figura se muestran dos recipientes con agua que está hirviendo. El recipiente 1, calentado con un mechero, tiene un termómetro que marca 100 °C.

**Recipiente 1**                      **Recipiente 2**

¿Qué temperatura marca el termómetro colocado en el recipiente 2, calentado por dos mecheros?

**A** 50 °C  
 **B** 100 °C  
 **C** 150 °C  
 **D** 200 °C

DC6.B3.IT10

La presencia de dos mecheros induce a la duplicación de un valor que, probablemente, sea reconocido (punto de ebullición del agua, 100° C) como evidencia el porcentaje de estudiantes que contesta la respuesta D (62%). Surge de los resultados (sólo el 21% responde acertadamente) que no resulta sencillo comprender que hay ciertas propiedades de la materia que son constantes y que, por tanto, aunque las condiciones cambien (variables), el resultado será el mismo. Esta actividad resultó muy difícil, está ubicada en el Nivel IV, con 825 puntos.

**Agua hirviendo**

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Relacionar los datos proporcionados en la consigna con las imágenes presentadas y aplicar conocimientos sobre las propiedades de la materia
Respuesta correcta	A: la luz del Sol
Dificultad	825

**Resultados SERCE**

Porcentaje de respuestas correctas	21%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 6% C: 10% D: 62%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

### Alcohol y agua

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Analizar los distintos factores que intervienen en la situación, con el fin de reconocer aquellos que la explican
Respuesta correcta	D: el alcohol se evapora, al sol, más rápidamente que el agua
Dificultad	527

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	50%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 18% B: 16% C: 13%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	3%

### Actividad 5 / Alcohol y agua

El siguiente ejemplo, también de contenido fisicoquímico, describe una situación experimental y propone una dificultad adicional: para seleccionar la opción correcta es necesario estar muy atento a la información que brinda el enunciado. En términos generales la primera opción también podría ser correcta, ya que, efectivamente, todos los líquidos se evaporan. Pero la actividad demanda que el estudiante seleccione aquella opción que concuerde con la información ofrecida, debiendo elegir *“el alcohol se evapora al sol más rápidamente que el agua”*. Esta actividad, de Nivel II, con 527 puntos, resultó ser respondida correctamente por el 50% de los niños.

12

Dos frascos idénticos que contenían la misma cantidad, uno de agua y el otro de alcohol, quedaron destapados encima de una mesa, al sol. Pocas horas después, se observó que ambos frascos tenían menos líquido, y que quedaba menos alcohol que agua.

¿Que conclusión se pudo obtener de esta observación?

- A Todos los líquidos se evaporan.
- B Ningún líquido se evapora a la misma temperatura que otro.
- C El agua y el alcohol sólo se evaporan al sol.
- D El alcohol se evapora, al sol, más rápidamente que el agua.

DC6.B3.IT12

### Actividad 6 / Agua salada

Dentro de la misma temática, esta actividad presenta la información en forma de tabla de datos. Similar al antes presentado, este ítem se ubica en el Nivel II, con 528 puntos.

**28** Para averiguar el tiempo que demora en congelarse el agua pura y el agua con dos cantidades de sal diferentes, se realizaron varias experiencias. El siguiente cuadro muestra los resultados promedio de estas experiencias.

Muestra	Tiempo promedio que demora en congelarse (minutos)
50 ml de agua	45
50 ml de agua y 5 g de sal	70
50 ml de agua y 10 g de sal	120

Analizando los datos, se concluye que

A el agua pura demora más tiempo en congelarse.

B el agua con más sal demora más tiempo en congelarse.

C las tres muestras demoran el mismo tiempo en congelarse.

D el agua con menos sal demora más tiempo en congelarse.

DC6.B5.IT13

Los resultados indican que la mitad de los niños fueron capaces de procesar la tabla de datos y extraer desde allí, conclusiones. Otra actividad, que se conserva en la confidencialidad, propone a los alumnos elegir las variables a fin de estudiar determinado efecto. La dificultad en este caso es que la elección no es de variables simples sino en duplas. Esto pone a los estudiantes en situación de comprender que 'la pareja de variables' es la que debe estar correcta y no sólo una de ellas. En este caso, como era de suponer, el resultado de respuestas correctas es menor que en el ejemplo presente.

### Agua salada

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la tabla, relacionando la información proporcionada en el enunciado con los datos que se presentan
Respuesta correcta	B; el agua con más sal demora más tiempo en congelarse
Dificultad	528

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	51%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 23% C: 12% D: 12%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

Redi	
Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Comprender los distintos aspectos del experimento, identificando las variables en juego
Respuesta correcta	A: ¿Por qué aparecen las larvas en la carne?
Dificultad	633

#### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	37%
Porcentaje de respuestas de los distractores	B: 21% C: 12% D: 26%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	4%

#### Actividad 7 / Redi

El último ejemplo de este apartado relativo a la experimentación, es una actividad que presenta, en forma simplificada, un aspecto de los famosos experimentos que realizó Francesco Redi. La actividad demanda que el estudiante imagine qué pregunta se habría planteado el científico al planificar sus experimentos. Es otra forma de incentivar a los alumnos a pensar sobre las variables que intervienen en un proceso de experimentación, así como también a utilizar la historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza.

**21** Francesco Redi, que vivió en el siglo XVII, realizó repetidas veces el siguiente experimento: tomó dos recipientes limpios y los llenó con pedazos de carne. Dejó uno de los recipientes abierto y cubrió el otro con una gasa para evitar que las moscas entraran. Cuidó que los recipientes y el tipo de carne fueran iguales, y que estuvieran en el mismo lugar. Al cabo de varios días observó que había algunas larvas con apariencia de gusanos sobre la carne que estaba en el recipiente abierto. No encontró ninguna en el recipiente cubierto con gasa. ¿Qué pretendía investigar Redi con este experimento?

**A** ¿Por qué aparecen las larvas en la carne?

**B** ¿Por qué la gasa es un buen aislante?

**C** ¿Cómo se alimentan las moscas?

**D** ¿Cómo se reproducen las larvas?

DCe.Bs.IT06

Esta actividad se ubicó en el Nivel III, con un puntaje de 633. Casi el 40% de los niños logró comprender el texto e identificar la pregunta, realizando para ello una cadena de inferencias.

Las siguientes son algunas consideraciones que surgen del análisis de los resultados de las actividades, vinculadas a la experimentación, propuestas en el SERCE.

**1. Enseñar a analizar situaciones.** Es necesario enseñar a los niños a **analizar situaciones** del ámbito físico-natural. Ello supone aprender a distinguir las variables que intervienen en dicho fenómeno. Aprender a mirar una situación o fenómeno en términos de variables no es algo posible de incorporar fuera del ámbito escolar: este aprendizaje requiere de guía y orientación del docente de Ciencias.

A su vez, es importante pensar esto desde la formación de los docentes ya que, frecuentemente, en los currículos escolares este aspecto de la naturaleza de la ciencia o metodología científica no está como contenido explícito y, por tanto, queda sujeto a las concepciones de los docentes.

**2. Conceptualizar sobre la noción de variable.** El análisis de situaciones conduce de modo progresivo a **conceptualizar sobre lo que**

**supone la noción de variable.** Esto implica, simultáneamente, aprender a distinguir, dentro de las variables posibles, aquellas que resultan pertinentes al proceso y, a su vez, dentro de las pertinentes las que se desea estudiar. Por tanto, y al mismo tiempo, cuáles de ellas se dejan constantes, para que no afecten los resultados.

**3. Comprender las dimensiones de la tarea experimental.** Es importante dar cuenta de que, dentro de las actividades propuestas, están representadas **dos modalidades** de la tarea experimental. Algunas propuestas mencionan situaciones cotidianas, por ejemplo, la germinación de una semilla por un agricultor o el espejo que se empaña después de un baño. En este caso la propuesta para los estudiantes es 'leer' la situación y contestar sobre algún aspecto vinculado con ella.

Otras actividades hacen referencia a dispositivos experimentales. Ellos también encierran situaciones, sólo que las mismas están planteadas en forma deliberada con la finalidad de estudiar un aspecto en particular; por ejemplo, la actividad que presentan dos recipientes con agua en ebullición.

La primera de las modalidades exige la búsqueda de las variables que intervienen; la segunda las explicita en el mismo momento en que son definidas las características de los dispositivos. En general, se considera como experimentación escolar a la segunda de las modalidades, y se trabaja poco la primera. Ambas invitan a pensar sobre el fenómeno y sus implicancias, y deberían ser abordadas con igual frecuencia en las clases de Ciencias.

### **Materia y Energía**

Las actividades elaboradas para evaluar este dominio de contenidos resultaron, en general, difíciles para los estudiantes, por lo cual la mayoría de ellas se ubicó en los Niveles III y IV. El estudio en la escuela de las **propiedades de la materia** tiene la finalidad de brindar herramientas conceptuales para comprender un gran número de hechos, fenómenos y transformaciones del mundo natural. Debido a la importancia que estos temas tienen en los currículos de los países que intervienen en el SERCE, la prueba propuso varios ítems al respecto.

Con respecto a los **cambios de estado de la materia**, en esta prueba es posible apreciar varias actividades que abordan los mismos contenidos curriculares, algunas son típicamente escolares y otras están enmarcadas en situaciones reales de la vida cotidiana. Todas pretenden indagar las ideas previas que los niños han desarrollado acerca de ciertos fenómenos naturales, determinando en qué medida los conocimientos trabajados en el aula influyen sobre ellas.

Un alto porcentaje de alumnos presenta dificultades para transferir conocimientos que aparecen en el contexto escolar a la interpretación de situaciones de la vida cotidiana. El 50% de los niños puede reconocer los cambios de estado en un esquema que frecuentemente es observado en los libros de texto o en los carteles usados en las aulas. Sin embargo, en aquellas actividades que presentan situaciones concretas de la vida diaria aproximadamente entre el 70% y el 80% de ellos selecciona opciones erróneas, vinculadas a sus ideas previas. Dentro de este conjunto de variados distractores, más del 50% de los estudiantes elige aquellos donde aparece la palabra ‘evaporación’, como muestra la siguiente actividad, que presenta una situación muy frecuente en la vida cotidiana.

#### La ducha

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	FALTA
Acción o tarea a realizar	FALTA.
Respuesta correcta	A: el vapor de agua se condensó
Dificultad	665

#### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	33%
Porcentaje de respuestas de los distractores	B: 10% C: 51% D: 4%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

#### Actividad 1 / La ducha

**11** María se duchó con agua caliente. Al salir de la ducha observó que el espejo del baño estaba empañado. Esto se explica porque en contacto con el espejo

**A** el vapor de agua se condensó.

**B** el vapor de agua se solidificó.

**C** el agua líquida se evaporó.

**D** el agua líquida se solidificó.

DC6B3.IT11

Efectivamente, en la situación planteada el agua se evapora, y en grandes cantidades, dada la temperatura del agua y del baño en su conjunto, lo cual queda contemplado en el distractor C. La mitad de los niños seleccionaron este distractor. El vapor, al ponerse en contacto con la superficie fría del espejo, lo empaña por condensación, tal como expresa la opción A, correcta, seleccionada por un tercio de los niños. La simultaneidad de ambos fenómenos da cuenta de los porcentajes obtenidos en las respuestas. Esta actividad se ubicó en el Nivel III, con un puntaje de 665.

Las actividades que pretenden evaluar **propiedades intensivas y propiedades extensivas de la materia**, así como **cambios físicos y químicos** presentan, en general, un alto nivel de dificultad. Los resultados permiten percibir cierta confusión entre distintas propiedades físicas como masa, tamaño, volumen, densidad. El 45% de los niños reconoce el concepto de densidad en una situación problema de tipo escolar y de dificultad media; sin embargo, sólo un tercio de ellos son capaces de identificar el volumen y diferenciarlo de la noción de peso en una actividad situada en un contexto extraescolar. Esta misma actividad permite observar que un tercio de los alumnos contesta basándose en un conocimiento común, seleccionando un distractor que hace referencia a un término de uso cotidiano.

La evaluación de los conceptos de cambios físicos y químicos revela que el 30% de los niños considera que la fusión del hielo es un cambio químico y solo un 25% identifica la combustión como un ejemplo de cambio químico.

Con respecto al aire, el 36% de los niños reconoce que es una mezcla de gases; pero otro tanto, el 37%, conserva la idea de que es una sustancia pura. Otro de los conceptos evaluados tiene que ver con la creencia cotidiana, popular, de que ‘cuanto más se calienta el agua, mayor es su temperatura’. En este sentido casi el 50% de los niños considera que si la fuente de energía se duplica, también se duplica su temperatura<sup>18</sup>.

Los temas vinculados a la **energía** están muy presentes tanto en los currículos oficiales de los países como en los textos escolares. Es uno de los conceptos más trabajados por los docentes en varios grados escolares, en distintas temáticas, y suele ser abordado desde las transformaciones de la energía. Varios ítems de la prueba SERCE permiten ver que existen importantes dificultades para caracterizar las formas de la energía y sus transformaciones, a pesar de lo frecuentado del tema.

Probablemente aquí esta presente de nuevo el obstáculo para transferir situaciones escolares a aquellas de la vida cotidiana. En su gran mayoría, los niños son capaces de identificar las formas de energía trabajadas como definición en la escuela; pero aproximadamente un tercio, incluso menos, es capaz de aplicar estos conocimientos en situaciones reales específicas y en el marco de procesos energéticos reales.

---

<sup>18</sup> En el apartado anterior sobre la experimentación aparece un ejemplo al respecto.

### Los molinos

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Materia y Energía
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la imagen y asociarla con una forma específica de energía
Respuesta correcta	B: energía eólica.
Dificultad	630

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	39%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 42% C: 8% D: 10%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

### Actividad 2 / Los molinos

Una imagen cada vez más común en el paisaje de los países es la que presenta la siguiente actividad y que los niños han podido percibir directamente o por medio de los medios de comunicación.

**11** El siguiente dibujo muestra unos generadores de electricidad:



¿Qué forma de energía aprovechan estos generadores para producir electricidad?

A Solar.  
 B Eólica.  
 C Atómica.  
 D Química.

DC6.B1.IT11

Casi el mismo porcentaje de niños respondió 'energía solar' como el distractor más elegido, que 'energía eólica' como respuesta correcta. Esta actividad se ubicó en el Nivel III, con un puntaje de 630.



Las respuestas más abundantes se refieren a:

- Lugar de donde son extraídos los combustibles (mares y profundidades terrestres)
- Usos del combustible (para autos y ómnibus, para cocinar, etc.)

El análisis de las respuestas incorrectas permite pensar que la influencia de la enseñanza escolar queda desdibujada, en estos temas, por la fuerte influencia de los medios de comunicación.

### Ejemplos de respuestas incorrectas (0 crédito)

Las siguientes son ejemplos que ilustran el conjunto de respuestas erróneas encontradas en las producciones de los niños.

El gas se le domina combustible porque sirve para encender fogones

El petróleo, el carbón y el gas son combustibles posibles por que producen energía

1- Porque son extraídos de la tierra.  
2- Porque son minerales.

Porque contaminan la naturaleza y contaminan el agua

Los combustibles fáciles porque se hallan en las profundidades y para encontrarlos hay que cavar.

El 8% de las respuestas obtuvo el crédito parcial, lo que significa que ellas sólo señalan una de las condiciones solicitadas en la consigna: origen a partir de seres vivos o evento ocurrido en el pasado.

### Ejemplos de respuestas parcialmente correctas (1 crédito)

A continuación aparecen algunas respuestas representativas de las catalogadas como parcialmente correctas.

Los ejemplos A y B mencionan la antigüedad del evento y el origen a partir de seres vivos, respectivamente.

#### Ejemplo A

Al petróleo, al carbón y al gas se le denomina combustibles fósiles porque estos se extraen de abajo de la tierra y también porque ellos existieron hace años y ahora pueden a existir.

#### Ejemplo B

Todos esos son combustibles fósiles que se originan sedimentación de restos de animales y plantas y tienen gran importancia en la producción de electricidad.

Estas respuestas presentan un adecuado uso de la terminología y una correcta expresión de las ideas, lo que permite pensar que estos niños han incorporado las nociones involucradas, incluso una de las respuestas hace mención al proceso de “sedimentación”.

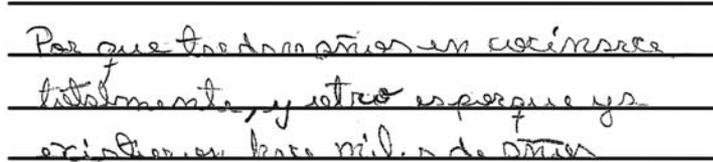
La validez de la respuesta tomada como Ejemplo C, está dada por la mención a “porque son muy antiguos”, pero véase la pobreza del vocabulario, la dificultad para organizar y expresar las ideas, además de las faltas ortográficas.

#### Ejemplo C

Porque se saca de abajo de la tierra y porque son muy antiguos y explotan rápido.

Lo mismo vale para el Ejemplo D, donde el estudiante, confusamente, hace mención a un proceso que el denomina “cocinarse”, con el cual probablemente esté aludiendo al proceso de formación y al período de tiempo que abarca. Esto último queda reafirmado por la segunda parte de su texto.

Ejemplo D



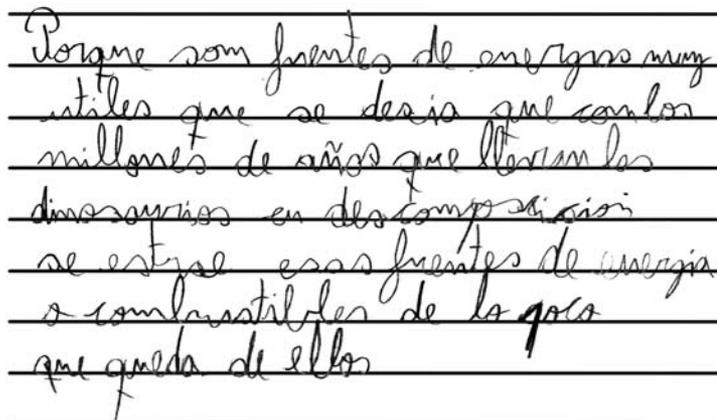
Por que los dinosaurios en cocinarse totalmente, y esto es porque ya existieron hace mil. o de años

Dentro del campo de la comunicación científica, organizar y jerarquizar la información, así como la correcta expresión de los términos, son muy importantes para la elaboración de un texto y constituyen aspectos que deben ser trabajados en la escuela en forma muy especial, dado su valor para la comprensión profunda del concepto científico involucrado.

### Ejemplos de respuestas totalmente correctas (2 créditos)

Solo el 5% de los estudiantes logró el crédito total; es decir, señaló simultáneamente las dos condiciones solicitadas por la consigna.

El siguiente es un ejemplo de respuesta que recibió el crédito total, aún pese a las dificultades para organizar las ideas observadas en su elaboración.



Porque son fuentes de energias muy  
utiles que se desia que con los  
millones de años que llevan los  
diversos tipos de combustibles  
se estyan esas fuentes de energia  
o combustibles de la gasa  
que queda de ellos

Las dificultades de la enseñanza de los temas relacionados con la energía podrían ser explicadas por el carácter abstracto del concepto, a pesar de lo cotidiano de su uso. Esta familiaridad no es una ventaja, sino que constituye uno de los principales obstáculos para la comprensión cabal del concepto.

Expresiones comunes en los medios de comunicación y en el lenguaje cotidiano, como ‘gasto de energía’, ‘fuente de energía’, tienen significados muy alejados de los que ofrece el contexto científico, siendo para los niños muy difícil establecer el límite entre ‘lenguaje cotidiano’ y ‘lenguaje científico’. Los resultados del SERCE podrían arrojar cierta luz sobre la pregunta que muchos investigadores en enseñanza de las Ciencias se han realizado en una gran cantidad de estudios: “¿en qué medida el lenguaje de la vida cotidiana es responsable de la persistencia, en las personas, de ideas previas y creencias populares, aún después de haber recibido enseñanza científica?”.

Pozo y Gómez Crespo (2001)<sup>19</sup> señalan que, para la mayoría de las personas, el concepto de energía resulta muy abstracto y muy difícil de imaginar, por lo cual podría ser razonable que, frente a la dificultad para comprender su modelización, se acepte la realidad de su existencia, adjudicándole, por ejemplo, propiedades de la materia. Es así que

<sup>19</sup> Pozo, I. y Gómez Crespo, M. *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid, 2001.

el aprendizaje del concepto de energía, y por lo tanto su enseñanza, tiene ribetes ontológicos y epistemológicos, que deben ser abordados para su adecuada comprensión.

### La fotosíntesis

En general, los estudiantes demuestran conocimientos elementales acerca de la distinción entre plantas y animales, en cuanto a la manera en que obtienen energía. Ellos suelen reconocer que las plantas producen su alimento a partir de luz y CO<sub>2</sub>, mientras que los animales necesitan alimentarse de otros seres vivos, ejemplo de lo cual son las siguientes actividades propuestas en la prueba.

#### Actividad 1 / Animales y plantas

El siguiente ejemplo muestra una actividad que apela al Reconocimiento de Conceptos y que pretende que el estudiante reconozca el criterio de clasificación para diferenciar animales de plantas.

#### Animales y plantas

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	II
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Reconocimiento de Conceptos
Acción o tarea a realizar	Reconocer las características de animales y plantas, e identificar las diferencias
Respuesta correcta	B: las plantas elaboran sus propios alimentos y los animales se alimentan de otros seres vivos.
Dificultad	564

#### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	46%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 21% C: 6% D: 25%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

**17** Hay unos seres vivos clasificados en el reino de los animales y otros, en el reino de las plantas. ¿Qué diferencia fundamental existe entre los animales y las plantas?

**A** Las plantas tienen reproducción asexual y los animales tienen reproducción sexual.

**B** Las plantas elaboran sus propios alimentos y los animales se alimentan de otros seres vivos.

**C** Los animales responden a los estímulos externos y las plantas responden a estímulos internos.

**D** Los animales respiran tomando oxígeno del aire y expulsado dióxido de carbono y las plantas, al revés.

DC6.B5.IT02

Resultó una actividad fácil, de Nivel II con 564 puntos, en que casi la mitad (46%) de los niños demuestra que es capaz de manejar el criterio que permite diferenciar entre animales y plantas, reconociendo que las plantas elaboran sus propios alimentos. Cabe destacar la elección del 25% de los niños por el distractor D, donde aparece la idea previa acerca de la respiración en las plantas. El mismo comentario merece la elección del distractor A, donde aparecen ideas previas en relación a la reproducción.

## Actividad 2 / Maestrillo

El siguiente ejemplo muestra una actividad que implica interpretar el diálogo entre el maestro y el niño representados en el dibujo, y aplicar conceptos aprendidos en el aula.

**18** Observa esta escena donde un maestro da un consejo a su alumno.

*¡No debes arrancar las hojas de las plantas: ellas aportan oxígeno al ambiente!*



¿Cuál es la función de las plantas a la que se refiere este maestro?

A Transporte.

B Respiración.

C Transpiración.

D Fotosíntesis.

DC6.B5.IT03

Esta actividad resultó más difícil que las anteriores, de Nivel III con 680 puntos, y en ella aproximadamente un tercio (32%) de los niños reconocieron la función 'fotosíntesis'. Es interesante observar cómo más de la mitad de los niños –el 55%– mantiene un error conceptual típico en este tema: se confunden con la función 'respiración'. También aparecen errores frecuentes en relación con la idea de que un grupo particular de animales (los peces) utilizan luz o  $\text{CO}_2$ , para producir su alimento.

Los resultados de estas actividades no hacen más que confirmar la percepción recogida en el aula por los docentes y los datos de investigaciones al respecto (Fumagalli, 1993; Driver, 1989; Benlloch, 1984; Giordan, 1982), acerca de la dificultad que presentan los niños de estas edades para incorporar la comprensión, en profundidad, de complejos procesos biológicos, para los cuales carecen de las bases de física y química adecuadas, tal como también se vio en el apartado anterior.

### Maestrillo

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la recomendación del maestro y relacionarla con una función específica de las plantas
Respuesta correcta	D: fotosíntesis.
Dificultad	680

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	32%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 5% B: 55% C: 7%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	1%

### Las algas

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Solución de Problemas
Acción o tarea a realizar	Comprender la situación que se presenta, identificando las variables que intervienen y sus consecuencias
Respuesta correcta	B: la luz para elaborar sus alimentos es menor.
Dificultad	720

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	27%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 42% C: 7% D: 21%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	3%

### Plantas acuáticas

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	IV
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Interpretación de Conceptos y Aplicación
Acción o tarea a realizar	Interpretar la situación presentada, y relacionar los distintos factores que intervienen en las funciones de las plantas acuáticas
Respuesta correcta	D: mayor cantidad de luz.
Dificultad	759

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	23%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 19% B: 26% C: 29%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	3%

### Actividad 3 / Las algas

**24** Las poblaciones de algas van disminuyendo a medida que aumenta la profundidad del mar porque, a mayor profundidad, la cantidad de

- A peces que las utilizan como alimento es mayor.
- B luz para elaborar sus alimentos es menor.
- C rocas donde puedan fijarse es menor.
- D sal en el agua es mayor

DC6.B5.IT09

Acá se propone una situación en la que el estudiante debe aplicar ciertos conceptos relacionados con la condición de autótrofas que tienen las plantas, específicamente en referencia a la utilización de la luz, y que agrega una variable adicional, la profundidad del mar.

Según indica el enunciado, el niño debe vincular dos variables: la cantidad de luz recibida por las poblaciones de algas y la ubicación de las mismas, con el fin de explicar su disminución. El manejo de variables probablemente agrega dificultad a esta actividad en relación a la anterior, ya que resulta ubicada en el Nivel IV (720 puntos) y es contestada correctamente por algo más de un cuarto (27%) de los niños. Cabe destacar que un 42% de los alumnos selecciona la opción A, que no está vinculada con la fotosíntesis y se refiere a que son alimento de los peces, lo cual evidencia falta de comprensión de la propuesta.

### Actividad 4 / Plantas acuáticas

**3** Las plantas acuáticas se encuentran comúnmente en las partes menos profundas de los lagos o las lagunas, principalmente, porque, en relación con las partes más profundas, allí hay

- A menor cantidad de sales minerales.
- B menor disponibilidad de oxígeno.
- C mayor presión de agua.
- D mayor cantidad de luz.

DC6.B3.IT03

Una actividad similar a la anterior; pero diferenciada porque no presenta en forma expresa la información de que las plantas acuáticas requieren luz para realizar la fotosíntesis, sino que las plantas acuáticas se ubican en las partes menos profundas. De allí los estudiantes deberían inferir que ellas reciben mayor cantidad de luz. En esta propuesta los alumnos también deben manejar adecuadamente las variables involucradas con el fin de llegar a la respuesta apropiada al enunciado.

Esta actividad resultó ser muy difícil, de Nivel IV (759 puntos): sólo un 23% de los estudiantes fue capaz de interpretar la situación, extrayendo de la información dada en el enunciado aquellos conceptos implícitos que le permiten realizar correctamente la actividad y que no aparecen en la superficie textual. Además relacionaron, específicamente compararon, lo que sucede en las partes menos profundas con lo que sucede en las partes más profundas del mar. El 29% de los niños seleccionó la opción C porque, probablemente, respondió tomando en consideración solamente las partes más profundas, sin comparar con las partes menos profundas. Esta elección puede proceder de un conocimiento adquirido fuera del aula, pero que no se vincula con la fotosíntesis. Un 27% selecciona la opción B; plausible, pero no relacionada con la pregunta.

Es posible que los procesos de alimentación y respiración en peces sean más lejanos para los estudiantes, ya que el ambiente en el que habitan es completamente distinto de aquel en que vive la mayoría de los mamíferos y, en particular, los seres humanos. Establecer las analogías entre los procesos de obtención de energía de los animales acuáticos y los de los terrestres, probablemente implica un nivel de comprensión de los procesos de respiración y alimentación más profundo, por lo que sería recomendable abordar con los estudiantes estos procesos en distintos grupos de animales, permitiendo así homologar los procesos y, a su vez, distinguir particularidades en los distintos animales.

La comprensión del proceso de fotosíntesis, y su distinción de aquel de respiración, implica un nivel mayor de dificultad. A partir del análisis de los resultados es posible evidenciar que los conocimientos de los estudiantes sobre ambos son bastante fragmentados. Por ejemplo, logran identificar al  $\text{CO}_2$  como reactante en la fotosíntesis, pero no al agua.

### La fotosíntesis

Grado	Sexto grado de básica o primaria
Nivel de desempeño	III
Dominio conceptual	Seres Vivos y Salud
Proceso	Reconocimiento de Conceptos
Acción o tarea a realizar	Reconocer las sustancias que intervienen en la fotosíntesis, e identificar la terminología adecuada
Respuesta correcta	B: agua y dióxido de carbono.
Dificultad	680

### Resultados SERCE

Porcentaje de respuestas correctas	33%
Porcentaje de respuestas de los distractores	A: 24% C: 14% D: 27%
Porcentaje de respuestas omitidas o inválidas	2%

### Actividad 5 / La fotosíntesis

El siguiente ejemplo indaga acerca de los conocimientos de los niños sobre las sustancias necesarias que utilizan las plantas para elaborar su alimento.

**2** En el proceso de fotosíntesis, las plantas utilizan la energía solar para elaborar su alimento a partir de dos sustancias muy comunes en la naturaleza. ¿Cuáles son estas sustancias?

**A** Clorofila y agua.

**B** Agua y dióxido de carbono.

**C** Clorofila y oxígeno.

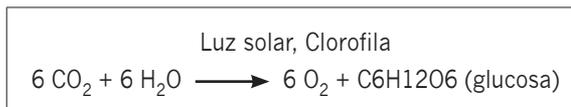
**D** Dióxido de carbono y oxígeno.

DC6.B3.IT02

Se trata de una actividad de Nivel III, con 680 puntos, donde un tercio (33%) de los alumnos reconoce ambos reactivos. Sin embargo, preocupa que la mitad de los niños (51%) respondan opciones donde sólo están presentes uno de los dos reactivos (A y D). La opción C recoge un error también frecuente: el oxígeno como reactivo

Hershey<sup>20</sup> hace referencia a un hecho que no ha recibido suficiente atención como para prevenir de sus impactos negativos en la educación. La literatura de enseñanza contiene cientos de errores y conceptos equivocados sobre las plantas. Un concepto erróneo en un libro de texto, en un sitio *web* educativo, en un libro de proyectos de Ciencias, en un artículo en una revista didáctica o en una guía curricular puede potencialmente inducir a error a miles de docentes y de estudiantes. En particular, en relación con el proceso de fotosíntesis, muchos de los conceptos erróneos están originados por la simplificación excesiva de los mismos.

La ecuación siguiente, que aparece en muchos textos escolares, resume la fotosíntesis vegetal. Pero es una simplificación excesiva que contiene varios conceptos equivocados.

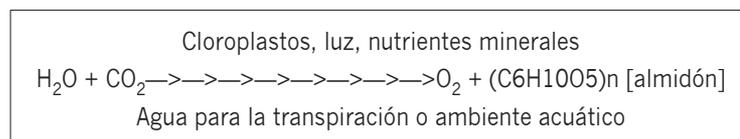


<sup>20</sup> Hershey, D.R. Evite los conceptos erróneos cuando enseñe sobre las plantas. (Avoid misconceptions when teaching about plants, [www.actionbioscience.org](http://www.actionbioscience.org)).

Esta es una lista, no exhaustiva, de errores inducidos por la ecuación anterior:

- a. La clorofila por sí sola no es suficiente para llevar a cabo la fotosíntesis. Muchas otras enzimas y compuestos orgánicos son necesarios. Una manera más adecuada de incluir los diversos componentes involucrados sería referirse a los cloroplastos.
- b. La glucosa no es el producto principal de la fotosíntesis. El producto más común es el almidón.
- c. Las seis moléculas de agua consumidas por cada molécula de glucosa generada subestiman la cantidad de agua requerida. Una cantidad mucho mayor de agua es transpirada para mantener abiertos a los estomas. Sin los estomas abiertos, la fotosíntesis es limitada por la falta de dióxido de carbono.
- d. Dibujar una sola flecha indica erróneamente que la fotosíntesis ocurre en un sólo paso. Habría que incluir muchas flechas pequeñas.
- e. Parte de la energía capturada en las reacciones de luz de la fotosíntesis es utilizada por los cloroplastos para sintetizar ácidos grasos y proteínas. Es decir, existen otros tipos de fotosíntesis.
- f. La literatura de enseñanza en biología contiene mucha información sobre la fotosíntesis. Sin embargo, tiene muy poca discusión sobre la utilización de nutrientes minerales por las plantas. Para contrarrestar este problema, los nutrientes minerales esenciales deben ser añadidos a la ecuación, ya que la mayoría de ellos juega un papel en la fotosíntesis.

Al considerar estos conceptos erróneos, la ecuación-resumen para la fijación de carbono fotosintético en las plantas se convierte en la siguiente:



A continuación se presentan otros errores conceptuales frecuentes referidos al mismo tema, acompañados de las explicaciones correctas.

ERRORES CONCEPTUALES FRECUENTES	EXPLICACIONES CORRECTAS
Las plantas obtienen su alimento del suelo, por lo que necesitan fertilizantes.	Las plantas son autótrofas, lo que significa que crean su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas y energía. Lo que realmente obtiene la planta del suelo son sustancias inorgánicas y agua, no alimento.
La fotosíntesis es la simple conversión de dióxido de carbono y agua en carbohidratos y oxígeno.	La fotosíntesis es un proceso que involucra una compleja serie de reacciones en las cuales la luz es utilizada para convertir sustancias inorgánicas en carbohidratos. El oxígeno liberado es un producto secundario.
La fotosíntesis ocurre durante el día y en las noches las plantas respiran.	La fotosíntesis incluye reacciones que dependen de la presencia de luz y otras que no dependen de ella. Ambos conjuntos constituyen las reacciones llamadas fotosíntesis. El requerimiento de luz implica que las plantas sólo pueden realizar el conjunto completo de reacciones fotosintéticas durante las horas del día en las que hay luz presente. Las reacciones de respiración no son dependientes de la presencia de luz, pero la energía química transportada en la molécula de ATP producida durante la respiración es necesaria durante todo el tiempo –día y noche– con el objetivo de proveer energía a las células que constituyen la planta. Las plantas, por lo tanto, al igual que los animales necesitan respirar en todo momento, ya que si la respiración se detiene, comienza la muerte.

# Las situaciones de enseñanza como objeto de análisis<sup>21</sup>

Pretender la mejora de la práctica educativa supone, como primer paso, analizar su práctica. Ante esta situación es posible preguntarse si se dispone de los elementos necesarios para hacerlo, y, en caso afirmativo, si son suficientes para poder ‘leer’ la propia experiencia.

Aunque no estén explicitados, toda situación de enseñanza conlleva supuestos teóricos que se ponen de manifiesto al pensar, implementar y evaluar lo realizado.

La primera parte del presente capítulo plantea algunos aspectos teóricos necesarios a considerar para ‘leer’ las actividades de Ciencias naturales; y su segunda parte expone, a modo de ejemplo, situaciones de enseñanza con el objetivo de analizarlas a la luz de las ideas explicitadas antes.

“¿Qué supuestos subyacen a toda teoría y práctica pedagógica? Muchos, muy complejos y a veces contradictorios entre sí. A veces actuamos como si adhiriésemos a concepciones muy distintas de las que explicitamos, otras veces no nos reconocemos en nuestros propios supuestos”.

L. Sanjurjo<sup>22</sup>

## ASPECTOS TEÓRICOS DE REFERENCIA

El presente material considera como **situación de enseñanza** al conjunto de actividades o tareas involucradas en el tratamiento de un determinado contenido.

De este enunciado se desprende que la situación de enseñanza:

- No está referida a un tiempo definido de trabajo.
- Supone, en general, un conjunto de actividades.
- Existe un contenido que articula y secuencia dichas actividades.

Se entiende por “contenido” el conjunto de conocimientos, habilidades, métodos y procedimientos para aprender, así como las actitudes y los valores relacionados a los mismos.

La situación de enseñanza es, en este contexto, la unidad de análisis. Es allí donde se teje un entramado de supuestos, algunos de los cuales han sido seleccionados para trabajar. Por los objetivos del presente material, es pertinente tomar como elementos para el análisis en las

<sup>21</sup> Este capítulo fue realizado por la experta uruguaya María Dibarbouré.

<sup>22</sup> Sanjurjo, L. y Vera, M.T. *Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles superior y medio. Homo Sapiens, Rosario. 2006.*

situaciones de enseñanza en Ciencias Naturales dos dimensiones: una relacionada con el objeto de enseñanza, las Ciencias Naturales, y otra vinculada con la enseñanza en sí y el aprendizaje.

## DIMENSIÓN VINCULADA CON LAS CIENCIAS NATURALES

### Sobre la naturaleza de las Ciencias contenidas en la situación de enseñanza

En una situación de enseñanza es posible visualizar aspectos vinculados con la noción de Ciencia, en especial algunos, a saber:

- Ciencia por descubrimiento o Ciencia como construcción.
- “Evidencia científica” o “hecho científico”.
- Ciencia cerrada y con enunciados verdaderos o noción de certeza y categorías inventadas.
- Existencia o no de explicaciones.

Los docentes han sostenido, por medio de sus prácticas, que es suficiente poner a los sujetos ante ciertas evidencias para que sea posible la construcción de saberes vinculados con las mismas. Los niños son invitados a observar plantas, animales, ollas con agua hirviendo, bajo el supuesto de que el conocimiento surge directamente desde allí, de lo que es percibido.

Pero la noción de cambio de estado no es elaborada mirando cómo se derrite un cubo de hielo, lo que no significa que deje de ser importante observar el fenómeno. Es necesario comprender que la evidencia (la fusión del hielo) responde a variables que deben explicitarse para que, en principio, sea posible entender qué es lo que ocurre realmente. Siguiendo con el ejemplo, una cosa es el agua en la heladera y otra cuando está afuera. Según sea la temperatura a la que sometamos al agua será el estado que tendrá. Así se ha construido el hecho científico partiendo de la evidencia.

Desde la revisión teórica es necesario dejar bien en claro, como lo expresan Pozo y Crespo (1998)<sup>23</sup>, que *“el conocimiento científico no se extrae nunca de la realidad sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en el intento de dar sentido a esa realidad”*.

El ejemplo anterior también puede explicar el segundo punto señalado. El dato científico es la evidencia. El hielo sacado de la heladera

---

23 Pozo, I., Gómez Crespo, M. *Aprender y enseñar Ciencias*. E. Morata. Barcelona, 1998.

se derrite al dejarlo al aire. Esta es una evidencia. Construir el hecho científico es establecer la evidencia en su contexto más específico: el agua adopta un estado diferente según el ambiente (–temperatura–) en que está.

El último aspecto también es particularmente importante, sobre todo si se mira con la perspectiva escolar. Los niños no pueden quedar con la idea de que la ciencia dice la verdad y que tiene pruebas de que es así. Mucho menos dar la idea de que es una verdad para siempre<sup>24</sup>.

Los niños, gracias a las situaciones de enseñanza promovidas por sus docentes, deberán comprender que los científicos han interpretado los mismos hechos de manera diferente en distintos momentos históricos, y que las ideas que construyen a partir de esas interpretaciones responden a esos contextos históricos y sociales determinados. La base empírica de la Ciencia da lugar a sostener las ideas y a manejarlas como ciertas y provisorias y no como verdades perennes.

Es útil recordar las palabras de Claxton (1991)<sup>25</sup> cuando dice “... *ya no es solo cuestión de escuchar la voz de la naturaleza*” y las de Pozo y Crespo (1998)<sup>26</sup>, *cuando señalan que “aprender ciencia debe suponer comparar y diferenciar modelos, no adquirir saberes absolutos y verdaderos”*.

Los niños deberán, entonces, construir esas ideas básicas en su pasaje por las escuelas, lo que lleva a considerar fundamental ese cambio de postura en los docentes que tendrán a su cargo la responsabilidad de gestionar situaciones de enseñanza para tal fin.

### **Sobre la metodología científica**

Otro aspecto que es posible vislumbrar en las situaciones de enseñanza es el referido a la concepción de metodología científica. Importa ver en ella la existencia o no de preguntas o problemas, el papel que desempeñan la experimentación o la observación, el valor asignado a las evidencias que de allí surgen, las diferentes formas de ordenar los datos para su interpretación, entre otros.

Los ejemplos de la segunda parte muestran con detalle el análisis de estos aspectos.

---

<sup>24</sup> La noción de ‘verdad’ es una de las notas más significativas de los paradigmas positivistas. En esta postura, es posible conocer exactamente el mundo si se usa adecuadamente a los sentidos. Notar como estos aspectos han marcado la ciencia escolar.

<sup>25</sup> Claxton, G. *Educación de mentes curiosas*. Ed. Visor. Madrid, 1991.

<sup>26</sup> Pozo, I., Gómez Crespo, M.. *op.cit.*

## DIMENSIÓN VINCULADA CON LA CONCEPCIÓN DE APRENDER Y LA NOCIÓN DE ENSEÑAR

Al reflexionar sobre esta dimensión vinculada con el aprendizaje y la enseñanza, es importante señalar –aunque pueda resultar obvio–, que este tema es un ‘algo’ que ocurre en un lugar que fue pensado para que ese ‘algo’ ocurriera.

El **aprendizaje escolar** hace referencia a la apropiación de saberes (que suelen ser llamados contenidos curriculares), en las instituciones educativas. Esos aprendizajes se impulsan desde una acción intencional y, en su especificidad, son diferentes a otros aprendizajes.

En un sentido más amplio, esa apropiación supone una construcción. Esto quiere decir que el conocimiento no se copia, no se adquiere por repetición, sino que supone reelaboración y construcción. El constructivismo filosófico, el psicológico y el educacional miran esa construcción desde perspectivas diferentes, con objetivos que no son los mismos y con modelos de investigación que también difieren<sup>27</sup>.

Para el presente análisis de la enseñanza de las Ciencias, bastará establecer que esa construcción:

- implica construcción de significados;
- no se da en un solo paso sino que requiere de sucesivas aproximaciones;
- supone movilización cognitiva de ideas o esquemas que el sujeto ya tiene y;
- requiere de un aprendiz motivado y que encuentre sentido a lo que se le presenta.

Los puntos anteriores dan cuenta de un proceso que no sucede en una única instancia sino que requiere varios y distintos acercamientos, a los efectos de ir avanzando en el pasaje de saber cotidiano a saber científico. Esto quiere decir que los saberes tienen carácter provisorio, porque están siempre en construcción.

El sujeto que aprende dispone de herramientas para esa elaboración, las que son sus ideas previas y sus esquemas de conocimiento. Estas

---

<sup>27</sup> Se recomienda la lectura de *Debates constructivistas*, de R. Baquero, A. Camillioni, M. Carretero, J.A. Castorina, A. Lenzi, E. Litwin ed. Aique, 1998, Bs.As.. En dicho material los autores representan a posturas diferentes en relación al constructivismo. Unas con más contenidos psicológicos, otras con más peso desde lo educativo. Se pueden apreciar matices y líneas de investigación diferentes.

estructuras son producto de su interacción con el mundo y de cómo logró procesar otros saberes<sup>28</sup>.

Esas ideas están muy contaminadas con saberes populares (no científicos) y cargadas de sentido común; pero le permiten al individuo una explicación del mundo funcional. Implícitas y no conscientes, suelen ser, en general, un obstáculo para acceder a saberes científicos. Pero, aunque parezca contradictorio, son una barrera necesaria porque no hay aprendizaje sin el cuestionamiento de esas ideas.

El sujeto no solo cuenta con esas ideas previas, posee también el interés –o no– de aprender. Para lograr aprendizajes, es necesario estar motivado, cognitivamente y afectivamente movilizado. Para que el conocimiento pueda ser aprendido, debe darse una acción en la que tenga sentido construir significados. Usando la expresión de Pozo (1996)<sup>29</sup>, "en el aprendizaje, como en las novelas negras, hay que buscar siempre un móvil". Aprender suele ser algo costoso, el aprendiz debe poner mucho de sí, por tanto, deben existir razones de peso para vencer el no aprender<sup>30</sup>.

Aprender o generar ideas nuevas supone pasar por un momento de crisis, de perturbación, conflicto, dificultad cognitiva. Se trata del momento en que el sujeto toma conciencia de que sus ideas no funcionan, o que no responden a la realidad propuesta. Por eso son importantes esos esquemas anteriores que el sujeto tiene, porque sin ellos el conflicto no es posible. El producto de esa situación conflictiva puede ser un cambio en las ideas. Pero ese cambio no puede verse como un fin en sí mismo, sino como un medio para lograr la comprensión<sup>31</sup>.

La dimensión referida a la enseñanza es muy amplia y excede los objetivos de esta publicación. Una situación de enseñanza planteada en los términos señalados involucraría, desde su perspectiva, un conjunto de aspectos factibles de ser analizados: la planificación, selección y jerarquización de contenidos, la secuenciación de los mismos, modos de intervención, e incluso todo lo referente al seguimiento de los aprendizajes entre otros<sup>32</sup>.

---

28 En el libro *Conocimiento previo y cambio conceptual*, Ma. Rodríguez Moneo ed. Aique, Bs. As. 1999, muestra cómo ha ido cambiando la noción de idea previa y cambio conceptual a la luz de las diferentes investigaciones. La autora establece diversos modelos de cambio conceptual que son especialmente útiles mirados desde la enseñanza.

29 J.I. Pozo en su libro *Aprendices y maestros* (op.cit) insta a reflexionar sobre la motivación y plantea que la misma debe ser analizada desde dos perspectivas, la del aprendiz y la del docente, puesto que entre ambas hay una retroalimentación.

30 Remitirse al libro de Ma Rodríguez Moneo, *Conocimiento previo y cambio conceptual*, (op.cit) para ver que la naturaleza, el origen y la caracterización de las ideas previas condicionará, según las diferentes corrientes, la posibilidad o no de que esas ideas puedan modificarse.

31 Dibarboure, M. ...Y sin embargo se puede enseñar Ciencias Naturales. Ed. Santillana. Montevideo, 2008.

32 Galagovsky, L. *Qué tienen de naturales las Ciencias Naturales*. Ed. Biblos, Bs. As. 2008.

**“Para hacer ciencia en el aula escolar se requiere, en primer lugar, encontrar una buena pregunta sobre la cual los estudiantes puedan tener ideas, creencias, prejuicios, significaciones. Encontrar estas buenas preguntas es la cuestión mas difícil del arte de enseñar”. Lydia Galagovsky (2008)<sup>33</sup>.**

Debido a la especificidad que tienen dentro del área de Ciencias Naturales, serán analizados dos aspectos de la intervención docente en el acto mismo de enseñar: **las preguntas y las explicaciones.**

### **Sobre las preguntas**

El docente, ¿formula o no preguntas durante la situación de enseñanza? En caso afirmativo, ¿de qué naturaleza son esas preguntas? ¿Están pensadas desde antes o surgen durante el diálogo con los alumnos? ¿Qué ocurre ante las preguntas de los alumnos? ¿Se promueve la explicación durante la situación de enseñanza? ¿Quién explica? ¿Queda claro en el desarrollo de las clases que no es lo mismo describir que interpretar y explicar?

Desde la perspectiva de un modelo de enseñanza por investigación, las preguntas resultan ser imprescindibles. En general, los docentes suelen hacer muchas preguntas, y no siempre analizar su naturaleza. Se entiende que es importante detenerse a pensar sobre el tipo de pregunta formulada y / o que debiera formularse, así como el momento en que son planteadas.

Dada la naturaleza del conocimiento científico, en el aula de Ciencias deberían prevalecer interrogantes que supongan acciones como:

Describir	¿En qué consiste el hecho?
Comparar	¿En qué radica la diferencia?; ¿es posible encontrar semejanzas?
Hipotetizar	¿Qué pensamos que va a ocurrir y por qué?
Deducir	Si....., entonces...¿qué pasaría?
Relacionar	¿Con qué se relaciona?; ¿tiene que ver con algo que ya hemos visto?
Explicar	¿Por qué crees que ocurre eso?; ¿cómo nos explicamos que sea así?

En la dinámica de la clase, el docente no siempre es consciente de las preguntas que suele formular ni cree que es importante reflexionar sobre ello.

El modelo cognitivo que mejor da cuenta de cómo interviene la pregunta en relación a los aprendizajes es el modelo de las redes semánticas. En términos generales, consiste en manejar la idea de que el programa cognitivo funciona como una gran red cuyos nodos son los conceptos. La forma en que se enredan los conceptos entre sí es personal y tiene historia. Considerando ese modelo, una pregunta adecuadamente formulada:

33 Galagovsky, L. *Qué tienen de naturales las Ciencias Naturales*. Ed. Biblos, Bs. As. 2008.

- *Activa las redes semánticas en el dominio en cuestión;* esto supone que la pregunta desempeña un papel importante en la motivación, provoca la activación de conceptos y prepara la red para posibles entradas de conceptos nuevos;
- *Focaliza aquello que pretende ser objeto de enseñanza,* en la medida en que facilita el establecer relaciones en la red; en términos de Bruner, la pregunta favorece el andamiaje;
- *Provoca el diálogo con otros,* lo que supone encuentro con otras maneras de mirar, es decir, otras redes.

### Sobre las explicaciones

Si el área de conocimiento en cuestión tiene entre sus particularidades ser explicativa, parece lógico que, en las aulas donde se aprende Ciencia, las explicaciones sean habituales.

Pero existe otro argumento de peso. Buscar explicaciones supone pensar. Exige ciertas habilidades de pensamiento que es preciso alentar. Buscar explicaciones exige relacionar, argumentar, poner en juego conocimientos.

*¿Qué tipo de explicaciones son las que se debieran alentar en las aulas de Ciencias?... ¿las de la vida?... ¿las que surgen de nuestros saberes cotidianos?<sup>34</sup>.*

EXPLICACIONES DE LA VIDA COTIDIANA	EXPLICACIONES EN LAS CIENCIAS NATURALES
Hay más qué, que porqué	Priorizan los porqué y los cómo sobre los qué.
Usan saberes diversos	Explicitan desde modelos que la comunidad científica establece como 'ciertos'.
No tienen marcos teóricos	Usan complejos entramados teóricos
Tienen utilidad inmediata	Pueden ser de naturaleza variada

Las explicaciones que surgen de saberes cotidianos deben ser el punto de partida, pero no es posible quedarse con ese marco explicativo. No hay que olvidar que, como premisa de partida, siempre está que el aprendizaje de saberes científicos permita a los alumnos alcanzar *una nueva manera de concebir el mundo*. No buscar el pasaje explicaciones de la vida → explicaciones desde la ciencia, implicaría que ese objetivo nunca sería alcanzado.

<sup>34</sup> Dibarbouré, M. Op.cit.

Para ello será necesario, primero, acordar lo que supone describir, interpretar y explicar en Ciencias Naturales, así como establecer las relaciones entre ellas:

- La descripción supone la enunciación de elementos, hechos o fenómenos. Se trata de mencionar aquello que compone la situación descrita;
- la interpretación incorpora elementos subjetivos, visiones personales con mayor o menor grado de argumentación científica;
- la explicación exige algo más que una interpretación: exige argumentos teóricos.

### **A MANERA DE SÍNTESIS DE ESTA PRIMERA PARTE**

Las preguntas a continuación podrían ser algunas de las que es posible formular como pauta de análisis de una situación de enseñanza.

- La propuesta, ¿da lugar a considerar que el conocimiento científico se construye o se descubre?
- La forma que adopta el discurso en el aula, ¿es con afirmaciones cerradas y con carácter de verdad?
- En la situación de enseñanza, ¿se formula algún problema?
- El problema, ¿es problema para el docente o lo es para los niños?
- ¿Tiene sentido como problema para ellos? ¿Hay trabajo con hipótesis?
- ¿Hay actividad experimental? ¿Desde qué lugar está concebida?
- ¿Qué papel desempeñan las evidencias?
- ¿Se formulan preguntas durante el desarrollo de las actividades? ¿De qué naturaleza?
- ¿Hay búsqueda de explicaciones sobre lo percibido?
- La propuesta, ¿pone al sujeto a pensar sobre algo?
- ¿Se relaciona el conocimiento que está sosteniendo a la situación de enseñanza con otros? ¿Cuáles?
- ¿Son utilizados saberes anteriormente trabajados?

## ANÁLISIS DE SITUACIONES

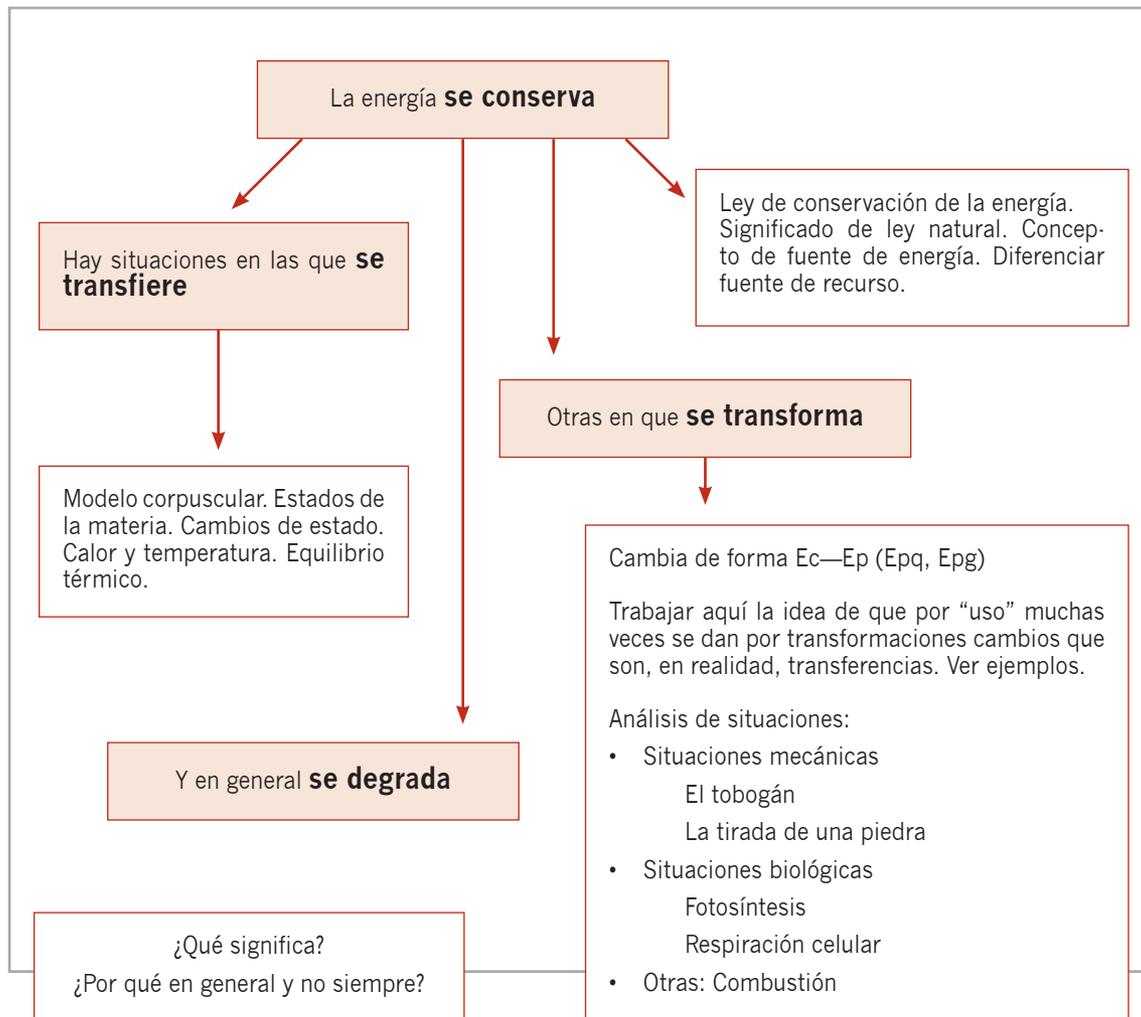
### SITUACIÓN 1 “LO QUE HACÍA LA ABUELA”

Esta situación puede ser vista como real, y está presentada a los efectos de posibilitar el análisis. La atención está centrada en la o el docente y su planteo, para poder plasmar las miradas teóricas expresadas en el apartando anterior.

#### **Situación: La transferencia de energía**

- *Primer momento. Planificar*

El siguiente cuadro muestra una planificación docente sobre el tema de la energía y sus principios, elaborado por una docente de sexto grado de primaria.



Como puede verse, fueron establecidos bloques conceptuales que la docente proyectó tratar para la comprensión de los principios involucrados. El formato de la planificación da cuenta de las temáticas y de los conceptos implicados; pero no de un recorrido establecido. Esto es debido a que la docente va estableciendo ese recorrido en función de la interacción con sus alumnos.

Como muestra el cuadro, existen múltiples formas de abordar la situación de enseñanza, según el análisis de partida.

- *Segundo momento. Actividad de inicio*

Para iniciar el trabajo, la docente decidió plantear una situación que involucra el Principio de Transferencia. Contextualiza el problema formulado con una expresión que suele escucharse en la vida cotidiana:

**“Problema es una situación o conflicto para el que no tenemos una respuesta inmediata, ni algoritmo ni heurístico; incluso, ni siquiera sabemos qué información necesitamos para conseguir una respuesta. El problema se sitúa exactamente más allá de lo que nosotros entendemos del mundo. Es una situación que no se ajusta a nuestros conocimientos y crea una tensión y una ambigüedad. Intellectualmente, está lo suficientemente cerca para despertar nuestro interés. Si estuviera mucho más allá de lo que conocemos, no podríamos reconocerlo como un problema y para nosotros, no tendría ningún sentido”.**  
**Garret, R. (1995)**

¿Vieron las propagandas de televisión en las que se recomienda cuidar la energía? Allí nos dicen lo que debemos hacer y lo que no.

Yo recuerdo que era pequeña y mi abuela decía: *no debes poner cosas calientes en la heladera porque se fuerza el motor*. Yo no entendía por qué, si la heladera era justo para eso, para enfriar.

Menos entendía a mi abuela cuando la veía deshielar la heladera colocando en su interior una olla con agua hirviendo destapada.

¿Por qué les parece a ustedes que mi abuela me diría eso?

¿Hay contradicción entre lo que decía y lo que hacía?

La consigna de trabajo supone un conjunto de elementos a considerar:

- Es un problema, en el entendido de que dispongo de elementos para darme cuenta de lo que ocurre; pero no lo puedo comprender científicamente. Es un problema constituido por dos evidencias que pueden parecer contradictorias.
- Es una situación contextualizada, en la que podemos asegurar que gran parte de los niños pueden recordar vivencias vinculadas con esa historia, aunque no sean exactamente iguales.
- La situación está planteada en términos en los que es necesario establecer los hechos que la componen. Hay una búsqueda por descubrir si el decir de la abuela respondía a un saber de la Ciencia o era sólo un dicho de validez popular.

La docente les da un tiempo a los alumnos para que conversen entre ellos sobre la consigna planteada. La idea de este tiempo es que puedan surgir sus ideas previas sobre el asunto. Desde la experiencia de cada uno, seguramente hay elementos que muestran lo que les parece que ocurre.

En ese tiempo, la docente recorre las conversaciones e interviene, tratando de que focalicen la diferencia entre la acción en términos de evidencia y lo que se podría entender que ocurre físicamente<sup>35</sup>.

• *Tercer momento. Análisis guiado: de la evidencia al hecho*

La docente procura, junto con los alumnos, completar un cuadro en el pizarrón en el que se establezcan las evidencias que surgen de lo que ellos dicen. Por ejemplo:

- Lo que colocamos en la heladera se enfría
- Para que la heladera enfríe tiene que estar prendida
- Al prenderse la heladera hay que correr un botón que marca la temperatura
- Cuando la heladera se apaga, deja de enfriar
- Al estar apagada, el interior de la heladera se humedece
- Al apagarse la heladera, lo que está en el congelador se derrite
- Al colocar algo caliente cuando se apaga la heladera, el hielo se derrite mas rápido.

Con estas evidencias, la docente trata de armar el hecho científico que habrá de comprenderse y que exigirá la noción de transferencia.

Hecho científico:

Quando se coloca algo en el interior de la heladera, la temperatura de aquello que colocamos baja.  
Cuanto mayor es la temperatura de lo que colocamos dentro de la heladera, más tiempo es necesario para bajar la temperatura.

Aquí la docente promueve el pasaje de ‘la heladera enfría’ –saber cotidiano– a ‘la temperatura de los objetos disminuye’, perspectiva científica. Este planteo hace que sea necesario entender qué es lo que ocurre en la heladera desde el punto de vista físico. La docente expresa a sus alumnos:

La física es una disciplina que busca entender el universo, igual que lo hacen la biología y la química. Pero se dedica a otra parte del universo.  
Lo trata de hacer desde lo que ve.  
Con ello, enuncia leyes, principios, inventa fórmulas que permiten medir.  
Con todo ello intenta dar explicaciones, como las que buscamos en nuestra situación. En este caso, la física formula un principio que se llama Principio de Transferencia.

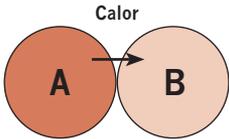
<sup>35</sup> Una narrativa escolar podría mostrar, en este punto, la naturaleza de la intervención docente.

La docente no dice explícitamente lo que supone el principio, sino que les sugiere a los niños ir al libro de texto. Señala la página y solicita que piensen en el significado del dibujo y luego expresen oralmente lo que de él han comprendido.

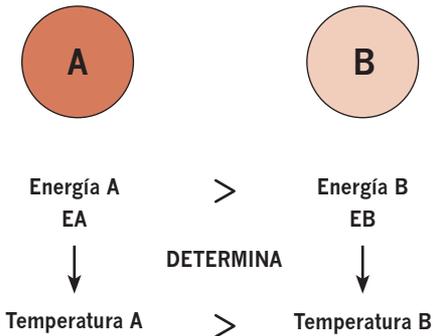
**EQUILIBRIO TÉRMICO**

**Los cuerpos están formados por materia que está integrada por corpúsculos en continuo movimiento.**

Cada cuerpo posee una cantidad de energía en su interior debida al movimiento desordenado de los corpúsculos que lo integran. Un aumento de la energía cinética de los corpúsculos produce un aumento de temperatura.



Temperatura A > Temperatura B



Temperatura A > Temperatura B

Quando existe contacto entre dos o más cuerpos, el que está a mayor temperatura **le transfiere energía** al que está a menor temperatura. **El calor** es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura.

**Verónica De León.**  
**Miradas de Exploración.**  
**Texto oficial 6° año Escolar. Uruguay**

Los alumnos muestran diferentes niveles de comprensión, algunos interpretando más lo que dicen las imágenes, otros lo que dicen las palabras. Así, desde el material impreso, la docente define el principio de transferencia.

- *Cuarto momento: interpretación del hecho: "La abuela tenía razón"*  
 Incorporar el concepto de transferencia de energía posibilita volver al caso de la heladera.

¿Qué pasa, entonces, en la heladera?  
 ¿Cuál es el cuerpo que tiene mayor temperatura?  
 ¿Cuál es el cuerpo que tiene menos?  
 ¿Quién le transfiere energía a quién?

Aquí los alumnos tienen la dificultad de ver que el cuerpo con menor temperatura es la masa de aire que está dentro de la heladera. Cuando se dan cuenta de ello, el problema queda resuelto. Los objetos que introducimos en la heladera están a una temperatura mayor a la del aire en el interior de la heladera. Por tanto, ésta enfría porque los cuerpos que introducimos ceden energía al aire de la heladera, disminuyendo así su temperatura.

Finalmente, la pregunta:

Si la energía se transfiere al objeto que introducimos en la heladera al aire que está en ella,  
¿por qué no aumenta la temperatura de la heladera?

La respuesta tiene que ver con la abuela. La heladera no cambia de temperatura porque tiene un motor que trabaja para ello. Las exigencias del motor serán mayores, en la medida que sea más alta la temperatura del objeto que colocamos dentro.

Mi abuela decía: "no debes poner cosas calientes en la heladera porque se fuerza el motor".  
Mi abuela tenía razón.

- *Quinto momento. La explicación final. La contradicción es aparente.*

La abuela deshielaba la heladera colocando, en su interior, una olla con agua hirviendo destapada.

Para deshielar la heladera debe desenchufarse. De ese modo, el motor se detiene, y así no se mantiene la temperatura baja. El aire de su interior sube paulatinamente y se establece el equilibrio térmico dentro y fuera de ella. Colocar algo caliente, acelera el proceso. La abuela tenía razón en lo que hacía.

- *Finalmente*

La situación ejemplificada permite ver :

- **Desde el contenido en cuestión**, la relación entre las evidencias y las explicaciones, entre lo cotidiano y lo científico;
- **desde el proceder de la ciencia**, que no es imprescindible la actividad experimental en términos de manipulación, para comprender los fenómenos;
- **desde la enseñanza**, la naturaleza de las preguntas que permiten avanzar, el papel que cumple la bibliografía en la construcción del conocimiento, y los momentos claves en la intervención del docente.

## SITUACIÓN 2. ¿COMEN LAS PLANTAS?

**“Se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacer participar al alumno de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres, lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos precocinados, listos para el consumo”. J.I.Pozo, M.A. Gómez (1988).**

En esta oportunidad, la propuesta de análisis de la situación de enseñanza es diferente. La temática de la fotosíntesis es tradicional en la cultura escolar y son también tradicionales las dificultades que supone para los docentes su enseñanza y para los niños, su aprendizaje.

Por otro lado, la bibliografía sobre el tema crece en los últimos tiempos, tanto en lo disciplinar como en lo didáctico.

La propuesta implica un posible recorrido para el tratamiento del tema, apoyado en la historia de la Ciencia. La enseñanza de las Ciencias, en las últimas décadas, (Duschl, 1997)<sup>36</sup> se ha caracterizado por trabajar con lo que la ciencia produce. Domina la comprobación del conocimiento; teorías, hipótesis, principios, enunciados científicos; estos son aprendidos, en general, fuera del origen en que se establecieron. Entendemos que hay argumentos de peso que justifican, desde diferentes miradas, el uso de la historia de la ciencia para su enseñanza.

Desde la coherencia conceptual en relación a la Ciencia, Duschl, (1997) dice al respecto: *“Cuando se opta por omitir los conceptos fundamentales del cambio científico y no examinar en las clases las justificaciones o razones que los científicos usan para cambiar los métodos, creencias, los procesos científicos, etc., se corre el riesgo de que los alumnos no reconozcan la racionalidad de las posiciones científicas, ni su carácter de producto final de un proceso en el que los cambios son, a la vez, naturales y esperadas”*.

Acercar la historia de la Ciencia a los alumnos es poner en su conocimiento las circunstancias en que se da un determinado evento científico, acercarlos a las metodologías usadas por quienes han tenido las ideas, mostrarles la influencia del pensamiento de una época, explicarles el por qué las ideas maduran en un momento determinado, así como la manera en que influye el producto del conocimiento en la vida de la gente.

Este recurso es de particular utilidad cuando el docente tiene que abordar una materia muy abstracta o que responde a modelos muy teóricos, como es el tema de la fotosíntesis.

<sup>36</sup> Duschl, R.A. *Renovar la enseñanza de las Ciencias*. Edit. Narcea, Madrid, 1997.

### *La importancia de mirar atrás para comprender la fotosíntesis*

Comprender que los vegetales son seres vivos, capaces de producir su propio alimento no ha sido sencillo para la Ciencia. Tampoco enseñar sobre ello. Son múltiples los análisis posibles en relación a ambas dificultades, obviamente de naturaleza diferente.

### *Ideas que cambian con el tiempo...*

La historia cuenta que el ser humano, buscando alimento, aprendió a mirar la naturaleza de otro modo. Entre otras cosas, pudo percibir que una pequeña semilla requiere un medio para su crecimiento y desarrollo.

Cuando se hizo agricultor, vio que no todos los suelos eran igualmente útiles para la vida de las plantas y pudo distinguir entre tierras fértiles y aquellas que no lo eran. Así, las primeras civilizaciones no estuvieron distribuidas al azar en los territorios.

El ser humano creyó, porque era lo que percibía, que la planta crecía gracias al suelo.

Casi al mismo tiempo, pudo valorar otro factor para ese crecimiento de la planta: el agua. Eso permite comprender, entre otras explicaciones, por qué las primeras civilizaciones se desarrollan en valles bañados por grandes ríos: el Nilo, el Eufrates.

Ese fue el comienzo de esta historia: considerar que en el suelo estaban los nutrientes y que el agua los transportaba al interior de la planta. Así, si el agua no estaba presente, los materiales del suelo no podían llegar y la planta dejaba de crecer y moría.

Pasó el tiempo y, recién en 1648, un físico alquimista llamado Van Helmont realizó la primera actividad experimental para confirmar (o no) lo que se creía en su época. Él pensaba que el agua era la clave, porque la consideraba la sustancia fundamental del Universo, la creía en sí misma el alimento de la planta.

El análisis de los resultados le permitió comprobar que el aumento de masa del árbol no se debía a la tierra. ¿Cuál era, entonces, la otra sustancia que periódicamente se le agregaba? La respuesta parecía ser clara... *el agua*.

**“Con excepción de las algas, que evolucionaron en la superficie de los océanos, los vegetales se ingeniaron un camino más económico gracias a su inmovilidad, que les permite gastar menos energía. Su modo de vida es sencillo, fotopilas para transformar la energía solar en energía química, raíces para extraer sales minerales y agua”<sup>37</sup>.**

**La Historia de las Ciencias es una disciplina también científica, con un carácter metateórico, lo que permite utilizarla como punto de partida para enseñar su objeto. Es una herramienta muy útil en la formación de los docentes porque la reflexión histórica y filosófica les proporciona una amplia concepción y comprensión de lo que pretenden enseñar, y se expresará en la construcción de situaciones de aprendizaje que se asemejan a las actividades científicas.**

<sup>37</sup> Reeves, H., De Rosnay, J. y Simonnet, D. *La historia más bella del mundo*. Anagrama. Barcelona, 2005.

Para Van Helmont la experiencia comprobaba su hipótesis: *el agua no era un simple vehículo de nutrientes sino el alimento que permitía el crecimiento de la planta.*

#### Experiencia de Van Helmont

- Tomó un pequeño sauce y lo pesó.
- Tomó una cantidad de tierra y la pesó.
- Luego colocó el pequeño árbol en la tierra y lo protegió para que nada pudiera caer sobre aquella tierra que no fuera agua.
- Lo regó periódicamente.
- Cinco años después, extrajo el árbol cuidadosamente y lo volvió a pesar a él y a la tierra por separado.

#### Evidencias

- Sauce aumentó 7,5 kg
- Tierra disminuyó 57 gramos

Había evidencias que permitían reforzar esta postura: *el comportamiento de las raíces* y la manera en que éstas se ramifican en busca de agua. Todo parecía contundente. Pero la rigurosidad en el análisis llevó a este hombre de ciencia a plantearse algunas interrogantes:

- *Lo que pasó con el sauce, ¿pasa con las otras plantas?*
- *La cantidad de tierra en ese tiempo disminuyó poco pero disminuyó, entonces el suelo, ¿qué función cumple?*
- *¿Cómo se explica que unas tierras sean fértiles y otras no?*
- *¿Cómo se explica que agregando abono una tierra se haga más fértil?*

Así, es posible ver que los resultados del físico daban algunas explicaciones; pero dejaban planteadas interrogantes.

Un siglo después, un botánico llamado Stephen Hales (1727) estudió con gran detalle la manera en que el agua pasaba a través de la planta, siendo absorbida por las raíces. En sus experiencias observó la expulsión de agua en forma de vapor, en las hojas de las plantas. Esto le hizo pensar que, de la misma manera en que salía una sustancia en estado gaseoso, podría también absorber otras también gaseosas. Pensó que las plantas podrían respirar como los animales, aunque de una manera menos visible. Si era así, cabía la posibilidad de que, al menos en parte, el aire sirviese para nutrir al vegetal.

En esa época la composición del aire también era un problema a resolver. Para ello fueron elaborados varios diseños experimentales.

Uno de ellos fue el clásico experimento de la vela: se coloca una vela encendida dentro de una campana y al cabo de un cierto tiempo la vela se apaga.

Repitieron la misma situación poniendo dentro de la campana a un ratón. El resultado fue que, al cabo de un tiempo, se murió. Los resultados de esas experiencias llevaban a los científicos de la época a preguntarse: *¿Por qué se apaga la vela?, ¿hay un aire distinto después de un rato de estar la vela que la hace apagar?; ¿por qué se muere el ratón?, ¿hay relación entre la muerte del ratón y el hecho de que la vela se apague?*

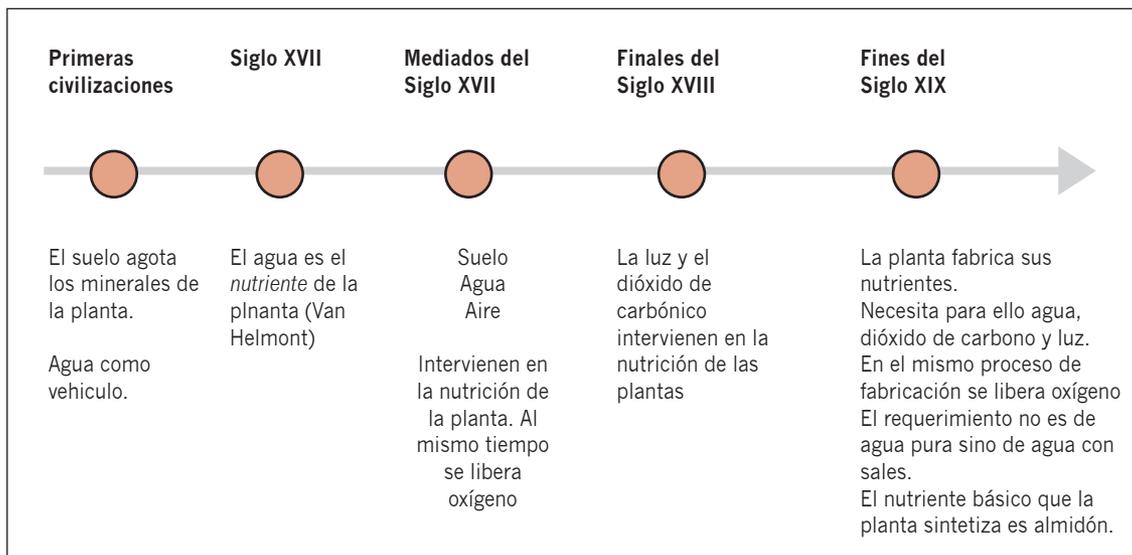
Así fue que apareció Joseph Priestley (1733-1804) en escena, buscando una relación entre dichos resultados. Colocó un ratón y una vela encendida dentro de una campana y pudo evidenciar que el ratón se moría y la vela se apagaba. Repitió la experiencia colocando dentro de la campana, junto a la vela y al ratón, una planta. Al cabo de un tiempo, la vela se mantuvo encendida y el ratón seguía vivo.

Por entonces no se sabía exactamente qué gas era el protagonista de estos sucesos; pero si se podía inferir que el componente del aire que, al cabo de un tiempo, se perdía –y por tanto hacía que el ratón se muriera y la vela se apagara– era reemplazado por el vegetal. Ese componente se llamó oxígeno y fue descubierto por Priestley en 1774. Es así que, a mediados del siglo XVIII se sabía que el agua, el suelo y el aire intervienen en la nutrición de la planta y que dicha planta produce oxígeno. Al mismo tiempo, había preguntas que aún no se podían resolver: la producción de oxígeno de la planta, ¿está asociada a la nutrición?; por otro lado, ¿todos los componentes del aire intervienen, o sólo algunos de ellos?; en ese caso, ¿cuáles?

A fines del siglo XVIII, un físico holandés<sup>38</sup> realizó muchos experimentos sobre la función restauradora de las plantas e hizo un descubrimiento formidable. Descubrió que las plantas sólo producían oxígeno en presencia de luz, nunca de noche. A estas alturas, ya se consideraba un hecho que la producción de alimentos y de oxígeno eran parte del mismo fenómeno y que ese fenómeno requería luz. Así surgió la palabra fotosíntesis.

---

38 Asimov, I. *Fotosíntesis*, Editorial Orbis, España, 1985.



También sobre finales del siglo, pero en Suiza, un sacerdote realizó experimentos que permitieron mostrar la necesidad de un componente del aire para que la fotosíntesis se produjera. Él probó que si ponía una planta en un medio sin dióxido de carbono, con el tiempo, moría.

A principios del siglo XIX, se estudió cuantitativamente la incidencia del dióxido de carbono. Lo increíble es que tal estudio fue realizado repitiendo la experiencia de Van Helmont. Pero en este caso, el centro de atención no era el suelo sino el aire.

También fue descubierta la presencia de un pigmento, sin el cual la planta no puede fabricar el nutriente. Ese pigmento que le da coloración a la planta es conocido como clorofila<sup>39</sup> y sus características se conocieron recién en 1906.

Se trata de una entidad fotosensible, capaz de sufrir modificaciones por acción de la luz. Esa es la manera en que la planta **absorbe y retiene** la energía de la luz. Dentro del tejido de la planta, las clorofilas son parte de un intrincado y bien organizado mecanismo, que actúa con gran precisión y que incluye muchos pasos. Estos pigmentos habilitan el paso clave. Sin clorofila no hay fotosíntesis. Y con ella aislada, fuera del mecanismo de la planta, tampoco hay fotosíntesis.

En 1954 fueron aislados los cloroplastos en forma intacta, que es donde se aloja la clorofila y, con esa posibilidad, se avanzó en la

<sup>39</sup> Lo que comúnmente se llama clorofila es una mezcla de dos sustancias que se complementan en su capacidad de absorber la luz; la clorofila a y la clorofila b.

comprensión de cómo se da la formación de sustancias complejas: los nutrientes.

Ya sobre finales del siglo XX, posible armar un posible modelo que explique, con las evidencias señaladas, cómo podría darse la fotosíntesis.

La clorofila absorbe energía lumínica y se modifica, quedando como clorofila excitada. Ese estado de la clorofila es transitorio, y vuelve rápidamente a su estado normal liberando la energía que la excitó. Esa energía es usada para:

- la **obtención de oxígeno** con el agua como materia prima,
- **formar**, a partir del dióxido de carbono, la **sustancia nutriente**.

Es en este último proceso que queda almacenada parte de la energía que la planta absorbió de la luz. Se trata de energía química, puesto que está en el enlace Carbono – Carbono de dichos nutrientes.

*Volviendo al problema original.*

*El agua, entonces, ¿no es el alimento de la planta?*

No, no lo es. De todos modos, es posible afirmar que sin agua la planta no puede subsistir, y que sin ella no hay fotosíntesis. Lo que con el tiempo pudo conocerse es el posible papel que desempeña el agua en este proceso:

- Transporta las sales que contribuyen al movimiento de apertura y cierre del estoma, lo que posibilita el intercambio gaseoso;
- al romperse por acción energética, libera oxígeno y otro subproducto necesario en el proceso de síntesis del nutriente.

*Finalizando el relato*

*¿Cuál es, entonces, el nutriente de la planta?*

Hoy es sabido que la planta utiliza, como nutrientes, sustancias que ella misma produce: almidón, que almacena en los amiloplastos, y sacarosa, que suele almacenar en las vacuolas de numerosas células y tejidos, en tubérculos, tallos, etc.

Estas sustancias reciben, genéricamente, el nombre de glúcidos (antiguamente azúcares). Se consideran nutrientes porque el organismo de un ser vivo, animal o vegetal, al romper la sustancia, recupera parte de la energía que ella lleva almacenada. Esa energía es la que el ser vivo utiliza para realizar las funciones vitales: respirar, moverse, reproducirse, etc.

*Apuntes pensando en la enseñanza*

Tomar contacto con esta historia permite ver y comprender varias cuestiones respecto de lo que los docentes plantean en los actos de enseñanza y, por sobretodo, el porqué de ciertas ideas persistentes de los niños.

La historia da cuenta de un desarrollo no lineal en la construcción del conocimiento y permite ver los entramados. Mientras se está tratando de estudiar el papel del agua, los conocimientos sobre los gases y, en especial el aire y su composición, cobran importancia para avanzar en la comprensión de la fotosíntesis.

Este punto es particularmente significativo, si lo miramos en términos de enseñanza y da sentido a las preguntas: ¿cómo enseñamos la fotosíntesis? Solemos presentar algunos experimentos en el intento de demostrar... ¿Se demuestra la fotosíntesis? ¿Qué valor les asignamos a los experimentos que solemos hacer? ¿Les planteamos a los alumnos que, en realidad, no sabemos cómo se produce ese complejo mecanismo de síntesis y que, en definitiva, lo que imaginamos tiene una lógica que responde a los datos que obtuvimos a lo largo de una historia de hacernos esa pregunta?

*Para avanzar en el análisis...un ejemplo.*

Durante mucho tiempo ha surgido la pregunta de por qué es común que los niños egresen de la escuela pensando, entre otras cosas, que las plantas respiran al revés. Hoy sabemos que los docentes, especialmente de sexto año, han revisado esa temática y saben que no es así.

Si el docente, afiliado a la idea de que niños utilicen sus saberes anteriores, los hacen recordar lo que ocurría en la respiración, es la propia comparación la que induce al niño a pensar de ese modo. Veamos, a modo de ejemplo, el siguiente diálogo entre un docente (D) y un alumno (A):

D: ¿Recuerdan cómo es el intercambio gaseoso que ocurre en la respiración de los seres vivos?  
A: Síii.  
D: ¿Qué recuerdan?  
A: Que entra oxígeno y sale anhídrido carbónico...  
D: Muy bien el recuerdo es correcto. Bueno... las plantas que, como venimos trabajando, hacen fotosíntesis, incorporan anhídrido carbónico y eliminan oxígeno.

En el ejemplo queda claro que el docente comunica un error conceptual. Sin embargo, el diálogo permite ver cómo es posible que los niños, “solitos”, armen la correspondencia y les quede la idea de que se trata de procesos inversos. Procesos que, de hecho, así lo son pero donde uno no excluye al otro. El error, en este caso, involuntariamente, es un error de enseñanza. La forma en que se elige comunicar la idea es la facilitadora de que a la red conceptual ingrese una idea equivocada.

Poner el problema en discusión, adelantarse a lo que puede ser la idea equivocada, conversar sobre el porqué se dice lo que no es, es una forma de disminuir las probabilidades de que sea entendido de una manera científicamente equivocada.

Estos errores suceden con más frecuencia cuando lo que se debe trabajar tiene un fuerte contenido teórico, o es muy abstracto. En el mismo sentido, cuando un docente planifica la actividad clásica del reconocimiento del almidón dentro de la temática de la fotosíntesis, y no le da el marco adecuado, los alumnos quedan con la idea de que la existencia del almidón permite probar la fotosíntesis.

Estos hechos, junto con otros, sirven –de algún modo– de argumento para afirmar que el docente debe tener un conocimiento disciplinar sobre una temática pero también debe abarcar aquellos aspectos vinculados con la disciplina y su transposición. Especialmente porque, como indica la experiencia de aula, hay cuestiones que son sistemáticas como las referidas en los ejemplos.

### **A MODO DE CIERRE...**

El análisis de lo que supone la situación de enseñanza en Ciencias Naturales está lejos de dar lugar a una expresión como ‘a modo de cierre’, por lo que más correctamente este apartado debería llamarse ‘continuará’.

De todos modos, habrá habido avance si, por lo menos, los docentes se plantean, explicitan y hacen conciencia de que:

- Hay dificultades para sortear, que provienen de la concepción de lo que es la ciencia y de cómo procede.
- Hay dificultades que surgen de nuestras ideas sobre el mundo.
- Depende del origen de esas ideas el que tenga o no sentido el esfuerzo por cambiarlas.
- La historia de la Ciencia ayuda a construir ideas que inventaron otros.
- Cuanto más se sepa sobre cómo surgen los procesos cognitivos mayor será la oportunidad que tendremos de que el pensar sobre la enseñanza se traduzca en creativos actos de enseñanza.

**Enseñar es, ante todo,  
aprender, decía Miguel de  
Unamuno.**

# Desarrollar el pensamiento<sup>40</sup>

¿Es posible que el enfoque de un currículo y/o de la enseñanza pueda ejercer influencias desarrolladoras en el pensamiento de niñas y niños en Latinoamérica?

“... Donde yo encuentro poesía mayor es en los libros de Ciencia, en la vida del mundo, en el orden del mundo, en el fondo del mar, en la verdad y música del árbol y su fuerza y amores, en lo alto del cielo con su familia de estrellas y en la unidad del universo, que encierra tantas cosas diferentes y es todo uno, y reposa en la luz de la noche del trabajo productivo del día. Es hermoso, asomarse a un colgadizo y ver vivir al mundo: verlo nacer, crecer, cambiar, mejorar y aprender en esa majestad continúa el gusto de la verdad”. José Martí<sup>41</sup>

Numerosos estudiosos del proceso de enseñanza aprendizaje coinciden, en los últimos años, en considerar que en la escuela actual subsisten elementos significativos de un enfoque tradicionalista donde es el docente el principal protagonista.

Lo anterior limita extraordinariamente el aprendizaje y el desarrollo de múltiples potencialidades en los escolares en quienes es notorio un pobre avance en el desarrollo de habilidades intelectuales y prácticas, en los aspectos reflexivos de su aprendizaje, en la carencia de procedimientos que les permitan aprender y resolver tareas independientemente. Es patente también la ausencia de procesos de generalización bien conducidos, que les faciliten apropiarse conscientemente de nociones, conceptos, leyes, juicios que han de aprender y aplicar en nuevas y diferentes tareas docentes y que, como parte de su cultura general, les preparen para enfrentar exitosamente la vida en diversidad de circunstancias.

Lo anterior, unido a otros rasgos identificados como causales de insuficiencias en el aprendizaje –tales como un análisis e interpretación insuficiente de las orientaciones para la ejecución de tareas<sup>42</sup>– marcan una ejecución irreflexiva y ausente, además de acciones valorativas hacia lo que los alumnos han de aprender. Todo lo cual, junto a otros muchos factores de carencias en la enseñanza, relativos a la falta de protagonismo del alumno en la clase, ponen como centro del problema la necesidad de modificar radicalmente las formas tradicionalistas en la enseñanza, dado que no garantizan en lo absoluto la imprescindible estimulación intelectual de los escolares hacia el aprendizaje, entre otros aspectos en el desarrollo de su personalidad.

40 Este capítulo es de la autoría de la experta cubana Miriam Santos Palma

41 Martí, J. Páginas escogidas. Ediciones Políticas. Editorial Ciencias Sociales, La Habana. Cuba, 1974.

42 Dadas por las propias falencias que ofrece el maestro en dichas orientaciones.

En esta dirección del análisis, destacan los intentos de cambiar la conducción de este proceso desde diferentes posiciones teóricas. Así, se han hecho clásicas las tendencias psicopedagógicas cognitivistas, constructivistas, humanistas, por sólo mencionar algunas de las que mayor fuerza tienen en estos momentos. Entre ellas cobra un interés extraordinario la conocida como enfoque o escuela histórico-cultural de Lev. S. Vigotsky, y el trabajo de sus colaboradores, que tuvieron una diversidad extraordinaria de aplicaciones teórico-prácticas en las escuelas de la ex URSS y que más recientemente han sido descubiertas en el mundo occidental con grandes expectativas y perspectivas de desarrollo.

Considerado en la actualidad como el enfoque más completo en su amplitud, entre otros factores positivos en su concepción, explica desde posiciones científicas cómo lograr la formación integral de la personalidad de los escolares, método que ha sido demostrado durante muchos años en la práctica escolar.

Llevar este enfoque a posiciones a partir de la pedagogía y, más concretamente de la didáctica como rama de ésta, es el reto asumido por diferentes especialistas en el campo de la enseñanza; aunque también hay resultados de investigaciones que toman este enfoque desde la concepción de la teoría curricular, bajo el criterio acertado de que una intencional selección y organización del contenido de la enseñanza en la elaboración y planificación del currículo de una asignatura puede producir influencias desarrolladoras en la personalidad, en general de los escolares y, en particular, en el desarrollo de su pensamiento.

En Cuba, las últimas modificaciones del currículo de educación general para los estudios de la naturaleza, tanto en Ciencias Naturales como en la biología en los diferentes niveles de enseñanza, desde la primaria al bachillerato, asumieron esta concepción e intenciones (1987-1991), tomando en cuenta resultados de investigaciones teóricas y prácticas precedentes, que facilitaron la elaboración de fundamentos teórico-metodológicos, relativos al diseño del currículo y a la enseñanza, bajo el precepto vigotskiano de que es buena tan sólo cuando se adelanta al desarrollo... La pedagogía no debe orientarse hacia el ayer, sino hacia el mañana del desarrollo infantil.

Estas ideas acerca de cómo actúa la enseñanza sobre el desarrollo infantil, se evidencian gracias a la diferenciación que estableció Vigotsky entre sus dos niveles de desarrollo. El primero es el nivel actual, alcanzado como resultado de ciclos ya cumplidos del desarrollo y que se manifiesta en la solución independiente de tareas intelectuales. El segundo nivel está constituido por la zona de desarrollo próxima o más cercana, y muestra la marcha de los procesos caracterizados por su estado de

formación, y que están en proceso de maduración. Este nivel aparece en la solución de problemas que el niño no puede efectuar por su cuenta, pero sí con la ayuda del adulto, en la actividad colectiva, mediante la imitación. De ello se deriva que aquello que el niño es capaz de efectuar hoy en colaboración, mañana podrá hacerlo por sí mismo.

De esta manera la enseñanza, al tomar como base funciones que están en proceso de maduración, impulsa el desenvolvimiento creando una zona de desarrollo próximo, que luego pasa a la esfera del desarrollo actual, transcurriendo así el aprendizaje en un proceso en espiral, ascendente.

Pero, ¿cómo traducir estos preceptos o ideas genéricas de una concepción o enfoque verdaderamente optimista del desarrollo humano, en aspectos específicos relativos a la formación del ser, de su modelación, teniendo en cuenta los procesos educativos que tienen lugar en la escuela, los currículos, la enseñanza y los aprendizajes de las asignaturas, los cuales han de tributar a esa formación? Es lo que puede hacer interesante esta problemática desde la propia investigación educativa.

Las que siguen son algunas ideas en esta dirección, con alguna breve caracterización necesaria que haga posible una mejor comprensión del por qué de la búsqueda de esta concepción.

**Caracterizaba la época el significativo avance de la ciencia y la tecnología y la consideración de que la escuela debía brindar una alta carga de conocimientos e información. En los libros de textos, tal concepción curricular condicionó, en cierta medida, una sobrecarga conceptual determinada, que afectó el desarrollo de habilidades, pues tales exigencias requerían de determinados tiempos curriculares. No obstante, los textos tenían un alto nivel y rigor científico e influyeron desde este punto de vista a la formación científica de los alumnos.**

## DESARROLLO

Al describir cómo han sido organizados curricularmente los contenidos y la enseñanza desde los intentos de su perfeccionamiento en Cuba en la década de los '60, es posible apreciar como tendencia un marcado enfoque centrado en objetivos. Y éstos más bien precisados de manera independiente, en las diferentes asignaturas, sin grandes afanes por la búsqueda de una relación e interconexión entre los mismos en su aporte a la formación integral del ser humano y, en particular, a su desarrollo intelectual.

La continuidad en el perfeccionamiento de planes y programas de estudio tuvo lugar en alrededor de un poco más de una década, mediada por una investigación nacional de cinco años de la puesta en práctica del currículo inicial, la cual reveló los aspectos positivos alcanzados y las insuficiencias existentes.

Las nuevas ideas para perfeccionar el currículo estuvieron dadas en la búsqueda del contenido esencial de enseñanza que, derivado del contenido de las Ciencias y adecuado a la escuela de educación general,

tuviera como intención fundamental la preparación para la vida de los alumnos y los dotara de una concepción científica del mundo, a la vez que influyera en todos los procesos educativos. Esta concepción curricular aún se mantiene oficialmente en el país, con algunas adecuaciones posteriores.

Tomado como centro los estudios de la naturaleza, y como parte de ésta la vida natural y social en estrecha interrelación, desde el primero hasta el cuarto grado es incorporado “El mundo en que vivimos”, como una nueva asignatura en el área de las Ciencias Naturales y con el objetivo de contribuir a la formación integral de la personalidad de los escolares. Nociones muy simples, unidas al desarrollo inicial de habilidades en este sentido, fueron diseñadas para la edad preescolar, constituyendo antecedentes muy importantes en el aprendizaje de esta nueva asignatura.

En la medida en que el contenido lo posibilita, el diseño curricular de “El mundo en que vivimos” es principalmente globalizado e integrador, sobre todo con el criterio de iniciar el aprendizaje de los alumnos en el conocimiento de su mundo más inmediato. Alrededor de estas nociones elementales de los componentes naturales y sociales en estrecha interrelación es organizado, además, el aprendizaje de procedimientos y habilidades intelectuales y prácticas. A la vez, se forman sentimientos, actitudes, normas, valores y cualidades positivas de su personalidad, bajo la concepción de un aprendizaje activo, colaborativo y desarrollador, donde la actividad práctica reflexiva y valorativa de los niños en este proceso adquiere un papel fundamental.

Así, enriquece el estímulo de la iniciativa y de la creatividad, el vínculo de la enseñanza con la vida y la realidad social en la cual se desarrolla, en interrelación con las vivencias, conocimientos previos y expectativas de los niños a su llegada a la escuela.

Como parte del contenido esencial de enseñanza seleccionado para esta asignatura y sus exigencias cognitivas, los alumnos se familiarizan con conceptos o generalizaciones que tienen determinada amplitud y carácter rector en los libros de texto. Por ejemplo: diversidad y características que dan unidad a los seres vivos; naturaleza; lo vivo y lo no vivo; relaciones entre lo vivo y lo no vivo; relaciones entre los seres vivos; cambios y transformaciones que ocurren en la naturaleza; el movimiento como característica que tiene lugar en los objetos de la naturaleza; relaciones del hombre con la naturaleza; utilidad de lo que aprendemos sobre la naturaleza y su protección.

Estos elementos cognoscitivos aparecen en el currículo desde el primero hasta el cuarto grado, adecuando los niveles de profundidad de las generalizaciones desde los elementos más simples hasta los más

**En los primeros grados es más factible lograr niveles de integración, pues existe menos peligro de romper la estructura lógica de la Ciencia, objeto de estudio, y su sistema conceptual. Al propio tiempo facilita que niñas y niños puedan acercarse al conocimiento y exploración del mundo, de los objetos, fenómenos y procesos que lo forman, tal cual aparecen en la naturaleza; es decir, en estrechas interrelaciones de causa-consecuencia. Aspecto también de alto significado, porque favorece el trabajo orientado hacia la formación de las bases del pensamiento teórico de los escolares desde las más tempranas edades, al estimular y potenciar en ellos la búsqueda de respuestas a los ‘por qué’ existentes a esa edad acerca de lo que observa acontece en la naturaleza.**

complejos, y sirven de sustento para organizar su búsqueda intelectual mediante la enseñanza y con una concepción intencionalmente desarrolladora del pensamiento y de la formación integral de la personalidad de los pequeños.

En cuanto al progreso del pensamiento, se conjugan los niveles empíricos y teóricos en la formación de las nociones y los conceptos simples que van adquiriendo hasta el cuarto grado. Los procedimientos (acciones intelectuales y prácticas) que hacen posible la apropiación de los saberes en cada grado son diseñados como parte del proceso de búsqueda e indagación de los mismos.

En este sentido, tiene particular importancia que los niños aprendan a orientarse en las características esenciales que forman parte del contenido de las nociones y conceptos que van aprendiendo. Estas acciones de orientación han de quedar bien precisadas desde el propio inicio de la actividad, y lo más oportuno es que sean construidas junto con los niños, con sus experiencias anteriores y sus vivencias, de modo que el aprendizaje sea verdaderamente significativo para ellos.

Las tareas de aprendizaje que ejecutan los escolares son graduales; es decir, con niveles crecientes de dificultad y exigencias; y con niveles de ayuda explícitos de apoyo para los avances necesarios, teniendo en cuenta la zona de desarrollo próximo y conjugando las actividades grupales, de colaboración e individuales. El diseño de las actividades de aprendizaje en la zona potencia el desarrollo afectivo-motivacional, intelectual y reflexivo regulador, como áreas de la personalidad de cada alumno, en un proceso activo, social, significativo y reflexivo-regulado.

A los maestros se les ilustra con ejemplos sobre cómo lograr tales exigencias en materiales para su estudio y preparación, los que les son presentados para que elaboren las tareas de aprendizaje adecuadas a las características de su clase, una vez realizado el diagnóstico integral del grupo y de cada escolar.

Estas tareas tienen como característica fundamental el ser concebidas formando un sistema entre sí –en cada grado y en los diferentes grados –, alrededor de las temáticas generales antes mencionadas y de los objetivos de clases correspondientes de cada sesión. En su conjunto, han de plantear niveles de exigencia de complejidad gradual, en la medida en que se avanza según los niveles de desarrollo psicológico de los escolares primarios y sus potencialidades. Para que estimulen intencionalmente dichas potencialidades, se conciben como elementos propiciadores del desarrollo de los niños y no como meras actividades formales de aprendizaje.

**El trabajo busca, asimismo, que los escolares sean conscientes de los procedimientos que utilizan para aprender y pensar, lo que ofrece la posibilidad de que actúen sobre sí mismos como sujetos de su propio aprendizaje. La divisa de la enseñanza de “El mundo en que vivimos” es que el maestro despierte en niñas y niños la alegría de crear y conocer.**

Esta estrategia metodológica de las tareas de aprendizaje vale y se aplica en todo el contenido de enseñanza, desde el primero hasta el sexto grado. Está orientada hacia el alcance de las exigencias incluidas en los objetivos relativos a la formación integral de la personalidad, la cual se va formando y desarrollando gradualmente, en la medida que los escolares transitan por los diferentes grados de la escuela primaria.

Veamos un ejemplo para el segundo grado:

### **Sistema de tareas**

#### *Primera tarea:*

- Observa con mucho cuidado la lámina de tu libro de texto “El mundo en que vivimos” ¿Qué ves? (en la lámina escogida aparecen diferentes componentes de la naturaleza, seres vivos como objetos no vivos).
- Describe por escrito todo lo que observas.

#### *Segunda tarea:*

- En la lámina, con toda seguridad, habrás observado seres vivos y objetos no vivos. Identifícalos, nómbralos y agrúpalos en dos columnas, una con ejemplos de seres vivos y otra con ejemplos de objetos no vivos.
- ¿Qué características de unos y de otros te permitieron hacer esta agrupación. Mencionalas en cada caso.
- Intercambia cuaderno con tu compañero de trabajo y analiza si es correcta su respuesta, tomando como base las características que conoces no pueden faltar en seres vivos y objetos no vivos. Intercambia después con tu maestro para conocer si tu valoración es correcta.

#### *Tercera tarea:*

- Piensa... ¿Qué otros seres vivos podrían vivir en este paisaje de tu libro? ¿Por qué? Escribe en tu cuaderno sus nombres.

#### *Cuarta tarea:*

- Imagina ahora tu propio paisaje y dibújalo. En él no deben faltar diferentes componentes de la naturaleza que, como sabes, incluyen tanto seres vivos como objetos no vivos. Dibuja también objetos que haya creado el ser humano con su trabajo.
- ¿Por qué crees que esos objetos pueden ser importantes para la vida del ser humano? Escribe esa importancia.
- Discute con tus compañeros/as qué cosas que están en los dibujos pueden ser útiles para los seres vivos que allí viven y que no deben ser dañadas.

- ¿Qué sucedería si, de pronto, por mucho tiempo, no llueve en tu paisaje? Explica por qué.

**Este sistema de tareas es sugerido al maestro después de que han realizado una visita o excursión fuera de la escuela, a parques o sitios más abiertos donde, en dependencia de las condiciones del lugar, los alumnos hayan podido realizar sus observaciones reflexivas sobre la naturaleza y sus componentes.**

*Quinta tarea:*

- Escribe, en colaboración con tus compañeros de equipo, ideas que expliquen de qué forma pueden ayudar a que siempre se mantengan tan bellos los paisajes que han pintado. Para ampliar estas ideas busca información en el *software* de la asignatura, o en la enciclopedia u otros libros.
- Presenten sus ideas al resto del curso para que las valoren y valoren ustedes las que presenten los otros equipos.
- Escojan las mejores ideas con los mejores dibujos y ayuden al maestro a colocarlas en el mural del aula.

Son recomendadas estas actividades junto a otras; por ejemplo, la interpretación en coro de canciones ensayadas y que estén en relación con la protección de la naturaleza, dramatizaciones, o una actividad de expresión corporal o gestual mediante la cual los escolares puedan manifestar sus sentimientos con respecto a la necesidad de proteger la naturaleza y sus componentes. Las actividades pueden desarrollarse en una jornada de la escuela donde los alumnos expliquen y aporten sus vivencias acerca de lo que han aprendido.

Como puede apreciarse en la organización del sistema de tareas, el aprendizaje del sistema de conocimientos se prevé en su desarrollo con las habilidades, con las cuales el escolar puede demostrar que ha aprendido; por ejemplo, cuando es capaz de describir, nombrar, agrupar o clasificar atendiendo a determinadas características fundamentales que conoce de los objetos de la naturaleza, valorar su importancia, entre otras.

**Estas son algunas de las adquisiciones que se posibilitan al analizar y diseñar con detención todo lo que es posible lograr en los alumnos, y si los docentes vinculan adecuadamente los procesos instructivos y educativos en un todo único, como única es la personalidad que deben como maestros contribuir a formar en las nuevas generaciones.**

Obsérvese que, como parte del contenido de enseñanza, son incluidos los aspectos educativos relacionados con la formación de sentimientos acerca del valor del trabajo del ser humano y la protección de los componentes de la naturaleza. Asimismo es valorado el trabajo en grupo y en colaboración, que permite el desarrollo de cualidades positivas de la personalidad, como la ayuda mutua, el respeto por las ideas de los otros. Igualmente se potencia el desplegar confianza y seguridad en lo que cada cual hace mediante la alegría por el descubrimiento de lo nuevo, el desarrollo del gusto estético y la apreciación de la belleza de los paisajes de la naturaleza que observa y dibuja.

Este proceso de interacción de los alumnos con la naturaleza les permite familiarizarse desde el primer grado con nociones fundamentales, entre estas las de lo vivo y lo no vivo generalizaciones que, desde el primer grado, pueden ser fácilmente asimiladas por ellos. Así como

el conocimiento simple de algunas relaciones que existen entre estos componentes; por ejemplo: lo vivo no puede existir sin lo no vivo, lo que indagan mediante actividades prácticas muy sencillas, con sus germinadores, las experiencias propias de ellos como seres vivos o con sus animalitos mascotas, o por las lecturas de sus cuentos.

Ellos aprenden también que en la naturaleza hay objetos diferentes por su forma, tamaño y color; y, como parte de estas diferencias, que hay objetos no vivos y seres vivos, y conocen cuáles son estas diferencias esenciales mediante la comparación.

Como se aprecia, hay exigencias que marcan la investigación de esencias que no son fenomenológicas, como son las características externas de forma, tamaño y color perceptibles por los sentidos, y que son aspectos (la búsqueda de las esenciales) que en el diseño del currículo y en la enseñanza pretenden intencionalmente potenciar la zona de desarrollo próximo de los escolares, con una interrelación de lo empírico y lo teórico en el desenvolvimiento de su pensamiento y en la formación de sus primeras generalizaciones acerca del mundo en que viven.

Otras de estas exigencias intelectuales de esencia, desde el primer grado, son la apreciación, mediante ejemplos muy simples de las transformaciones que se producen en plantas y animales, al igual que en todos los objetos de la naturaleza.

Estas transformaciones se producen continuamente: por ejemplo, las plantitas que crecieron desde las semillas en sus germinadores; los propios cambios que su crecimiento produce en ellos y que comprueban cuando pasado un tiempo las ropas les van quedando pequeñas. O cuando observan y registran en el almanaque de la naturaleza el estado del tiempo y notan sus cambios: la diferencia de temperatura, las formas que adoptan las nubes que cambian por la acción del viento, las transformaciones que produce el ser humano sobre los objetos mediante el trabajo, entre otros.

De este modo, en el mundo de experiencias y fuertes vivencias empíricas de los niños, el material de conocimientos previos y propios de la edad se utiliza para introducir la indagación del conocimiento mediante reflexiones valorativas acerca de elementos cognoscitivos que constituyen regularidades existentes en la naturaleza y que son posibles de conocer realizando arreglos didácticos que lo posibilitan, y que desde búsquedas que exijan determinados esfuerzos mentales pueden potenciar el desarrollo intelectual hacia niveles superiores.

Lo valorativo puede influir con fuerza desde lo afectivo motivacional y, por consiguiente en lo educativo, sobre el contenido de aprendizaje. Estos

análisis se van complejizando en la misma medida en que paulatina-mente es más complicado el material de estudio. Digamos que alumnos de primer y segundo grados pueden apreciar y defender la idea de la necesidad de proteger las plantas que adornan su escuela por la belleza de sus formas y colorido, mientras que ya en tercer grado son capaces de distinguir y valorar –a partir de nociones elementales sobre fotosíntesis–, que además de su belleza ellas son imprescindibles en la vida de otros seres vivos.

Exigencias superiores en los dominios conceptuales, y hacia un nivel de desarrollo intelectual y general de la personalidad de los escolares en la educación primaria, tienen lugar mediante los estudios de las Ciencias Naturales en los grados quinto y sexto.

Para el adecuado desenvolvimiento de estas exigencias en el currículo de la asignatura, al igual que en grados anteriores, es fundamental tomar como base el conocimiento profundo de las particularidades del desarrollo infantil en las edades de once a doce años, que como regularidades tienen una diferenciación y por tanto requieren de una atención específica.

En el caso particular de la esfera del desarrollo intelectual, en los alumnos se han ido creando las condiciones necesarias para un aprendizaje reflexivo. En estas edades alcanzan niveles superiores pues ya tienen todas las potencialidades para la asimilación consciente de los conceptos científicos, así como para el surgimiento del pensamiento que opera con abstracciones y cuyos procesos lógicos (análisis, síntesis, comparación, abstracción y generalización), han de alcanzar niveles más profundos, con logros más significativos en el plano teórico.

Aquí los escolares no tienen como exigencia fundamental trabajar los conceptos más ligados al plano concreto, o su representación material o materializada como en los primeros grados, sino que pueden operar más fácilmente con abstracciones, en ausencia de lo concreto. La organización didáctica de la asignatura “El mundo en que vivimos” ha introducido antecedentes importantes en esta dirección.

Esta concepción que es muy importante. Conocer cuáles son las características y las potencialidades –o reservas del desarrollo– que tienen los escolares, para luego diseñar el currículo y la enseñanza, facilita que el alumno pueda reflexionar sobre el contenido seleccionado, basado en conceptos y/o en relaciones de propiedades o características conocidas. Estas características son aquellas necesarias y suficientes para hacer corresponder los objetos y fenómenos que estudia en un concepto dado, y les da la posibilidad de plantearse suposiciones o hipótesis, que puede argumentar o demostrar mediante un proceso deductivo.

**Esto no ocurre en niveles anteriores, donde predominan los procesos más bien inductivos en la formación de las sencillas generalizaciones asociadas a las nociones y conceptos simples que aprenden. Todo lo cual, entre otros procedimientos de carácter amplio, les permite encontrar solución a los problemas vinculados a las tareas docentes que reciben, estrategias propias de los métodos de investigación en el aprendizaje de las Ciencias Naturales.**

Tomando como base estos requisitos y posibilidades reales de desarrollo o adquisiciones a lograr en los alumnos, en el quinto grado conocen sobre los aspectos del planeta Tierra, sus particularidades e interrelaciones. Lo hacen desde una posición más bien fenomenológica y descriptiva de características; pero muy abarcadora en su amplitud, que aporta una concepción integradora, con una aproximación bastante lograda de interdisciplinariedad entre los objetos, fenómenos y procesos astronómicos y geográficos (que constituye la base) y alrededor de los cuales se integran conocimientos químicos, físicos y biológicos, revelándose durante su estudio la necesidad de su protección.

Caracteriza, además, el quinto grado el vínculo con la vida y las situaciones cotidianas de los conocimientos que estudian, en un primer acercamiento de indagaciones sobre la profundización en las causas que posibilitan estas aplicaciones. De particular interés es la importancia que reviste la articulación con todo el sistema de conocimientos, procedimientos, habilidades y experiencias vivenciales de los alumnos cuando estudiaron “El mundo en que vivimos “ en grados anteriores.

La actividad práctica, las demostraciones de sencillos experimentos y las tareas docentes con niveles crecientes de complejidad en el aprendizaje del planeta Tierra y sus componentes, amplía y sistematiza los estudios que acerca de la naturaleza los alumnos realizan desde el primer grado. Ahora en el quinto, la diversidad y unidad de la Tierra es vista desde un nivel superior en amplitud y complejidad, como características propias y generales del planeta donde viven, donde sus componentes se caracterizan por sus cambios y transformaciones, en los que preexisten relaciones muy estrechas de causa-consecuencia, las que explican dichos cambios y movimientos.

La amplitud y sistematización en el sistema de conocimientos y habilidades se explica porque el currículo concibe la integración de elementos que aportan diferentes Ciencias, lo que permite comprender el mundo como un todo único, en el cual sus componentes interactúan. Esta visión facilita el enfoque desarrollador hacia niveles superiores en la formación integral de los alumnos, incluyendo los aspectos intelectuales y educativos, en general, y la protección de la naturaleza, en particular. Se regresa a los puntos iniciales del diseño en el primer grado pero, obviamente, enriquecidos con nuevos conocimientos, procedimientos para actuar y aprender, muy vinculados a los sentimientos, normas, actitudes y orientaciones valorativas que se continúan desarrollando como parte de sus aprendizajes para la vida.

En sexto grado, las Ciencias Naturales adquieren aún un mayor nivel de complejidad, pues existen condiciones para trabajar un sistema de

conocimientos desde un punto de vista más conceptual y generalizador donde predominan aquellos físicos y, fundamentalmente, biológicos.

El conocimiento sobre el movimiento y la energía en la naturaleza funcionan a manera de ideas rectoras introductorias en el contenido del curso, de los cuales existen antecedentes expresados en ejemplos particulares de objetos y fenómenos naturales. El maestro propicia su observación comparativa, de modo que elaboren conclusiones esenciales en relación con estas ideas de máxima generalización. Se trata de evidenciarlas en los nuevos componentes de la naturaleza en estudio durante el grado, en particular gracias al análisis más profundo de seres vivos, en lo relativo a su estructura y funcionamiento, principalmente en las plantas con flores y el organismo humano.

Esta estructura general del curso permite cerrar un conjunto de antecedentes acerca de los cuales los alumnos han indagado. Ahora corresponde su estudio conceptual más profundo, en lo relativo a la diversidad y unidad de los seres vivos. De esta manera, y con un enfoque deductivo, se presentan estos conocimientos, lo que ayuda desde un inicio a la asimilación de los rasgos generales y esenciales de conceptos como célula, tejido, órgano, sistema de órganos y organismo. Esto propicia que, en el resto del contenido del curso, apliquen estas nociones en ejemplos particulares de seres vivos: las plantas con flores y el ser humano. Enfoque que favorece intencionalmente el desarrollo intelectual y la independencia cognoscitiva de los alumnos.

Los conocimientos introducidos acerca de la teoría celular permiten revelar que los escolares de 10 a 11 años de edad pueden asimilar este conocimiento de máxima generalización y abstracción. Esto enriquece las ideas relacionadas con las características comunes que permiten comprender la unidad en los componentes vivos de la naturaleza, unido a otros estudiados anteriormente.

La diversidad se amplía cuando miran con el microscopio organismos minúsculos no observables a simple vista que están formados por células. Reconocen así a la célula como una pequeñísima unidad que forma parte del cuerpo de todos los seres vivos, en la que se realizan funciones básicas de la vida. Generalización ésta que, con sus exigencias intelectuales, potencia el desarrollo de los niños cuando descubren estas estructuras con ayuda de métodos y equipos similares a los de los científicos. Para lo cual es preciso que observen, describan, comparen, elaboren suposiciones, argumenten, definan y modelen, entre otras acciones intelectuales.

Esta concepción del currículo, y de la enseñanza de los conocimientos de las Ciencias Naturales, donde han sido creadas las bases para el

**La alegría por el descubrimiento de lo nuevo, el éxito en la solución de los problemas y contradicciones docentes presentadas, el aprendizaje mediante el error, los dibujos y modelos elaborados creativamente acerca de los hallazgos, siempre orientados hacia la búsqueda de la esencia escondida tras los fenómenos, permiten el movimiento del salón de clases mediante una fuerte motivación intrínseca, creando un clima aulico muy positivo, aspecto común para todos los grados, pues depende de la concepción didáctica y de las estrategias metodológicas orientadas.**

acercamiento de los escolares a los cimientos del pensamiento teórico constituye un precedente significativo en el resto del diseño curricular del aprendizaje de la biología en grados superiores. Desde un inicio, los alumnos operan con el conocimiento del contenido esencial de principios y teorías<sup>43</sup>, todo lo cual permite lograr una mejor comprensión de la materialidad y cognoscibilidad del mundo vivo, de su unidad y diversidad, aspecto que se continúa profundizando con nuevas exigencias en el ciclo de séptimo a noveno grado, durante el estudio de conocimientos biológicos más particulares o específicos, como las bacterias, los protistas, los hongos, las plantas, los animales y el ser humano.

## CONCLUSIONES

En síntesis, será posible diseñar en Latinoamérica una concepción desarrolladora del pensamiento de niñas y niños, desde la elaboración del currículo y la enseñanza, si se:

- Realiza una selección del sistema de conocimientos y de habilidades intelectuales generales, específicas y prácticas consideradas esenciales como parte de la preparación básica para la vida de los escolares y su formación integral. Este sistema del contenido instructivo esencial permite derivar la parte educativa en estrecha interrelación.
- Organiza didácticamente la introducción de este sistema del contenido esencial de enseñanza en el currículo, teniendo en cuenta el conocimiento profundo de las particularidades del desarrollo de las edades de los escolares primarios y las potencialidades o reservas presentes en este propio desarrollo, de manera que el diseño didáctico concebido permita jalonar intencionalmente hacia niveles superiores el desarrollo intelectual de los escolares, pues se orienta hacia la zona de su desarrollo próximo o potencial y tiene en cuenta los niveles de desenvolvimiento alcanzados.
- Introducen estrategias, métodos y procedimientos didácticos que orienten a los docentes acerca de cómo establecer las relaciones necesarias entre enseñanza, aprendizaje y desarrollo, tres categorías fundamentales en la pedagogía y en la didáctica. Pero que tanto la enseñanza como el aprendizaje se constituyan

---

<sup>43</sup> Tales como la teoría celular, los principios ecológicos básicos y la teoría de la evolución, esta última objeto de estudio en los inicios del séptimo grado.

en desarrolladoras, depende de la concepción teórica-metodológica de la cual se parta en la conducción de dichos procesos.

- Elabora una concepción didáctica de enseñanza, consecuente con los altos retos que impone el mundo de hoy en materia de educación, y en que se logre, con justicia y equidad, la formación multilateral de la personalidad de los escolares, sin que se pierdan sus potencialidades; y se les eduque para que puedan comprender la complejidad de este mundo –con conocimiento de causa, mediante saberes, destrezas, principios, valores y actitudes aprendidos– y puedan participar de manera plena, consciente y activa en la sociedad donde viven. Así podrán construirla, perfeccionarla y transformarla en beneficio propio, de sus familias y de las nuevas y futuras generaciones de ciudadanos, como parte del imprescindible desarrollo sostenible, en cuyo concepto están las bases de la supervivencia tanto del planeta como de la salvación de la propia especie humana.

En Cuba, esta síntesis está sustentada en los resultados de investigaciones realizadas por el Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, mediante estudios teórico-experimentales, fundamentalmente en aquellas concepciones que por su naturaleza y exigencias necesitaban de una comprobación experimental, las que permitieron su extensión generalizada a la práctica escolar.

También después de años de estudio y experimentación, desde el año 2001 fue introducido el resultado del Modelo Proyectivo de escuela primaria, que permite integrar aún más una concepción desarrolladora del proceso educativo que tiene lugar en las escuelas.

En esta concepción, la filosofía interna de desarrollo del diseño curricular y las características de la enseñanza apuntadas para las Ciencias Naturales, resultan ser un apoyo fundamental. Sus bases teóricas están sustentadas en los conocimientos y aportes de ilustres pedagogos cubanos, en la rica experiencia de los docentes y en las transformaciones profundas realizadas en el sistema educativo, desde el triunfo de la revolución cubana.

Estos fundamentos también se enriquecen con el enfoque de la escuela histórico-cultural de L. S. Vigotsky y todo el rico trabajo teórico-metodológico de sus colaboradores, así como y, fundamentalmente, de las aplicaciones creadoras de esta escuela en numerosas investigaciones realizadas por especialistas cubanos en la elaboración de currículos y montaje de concepciones y estrategias didácticas en diferentes niveles de enseñanza.

# Bibliografía

- Ausubel, D.P. Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo, Trillas. México, 1998.
- Baquero, R. Vigotsky y el aprendizaje escolar, Aique. Buenos Aires, 1997.
- Benlloch, M. Por un aprendizaje constructivista de las ciencias, Aprendizaje Visor. Madrid, 1991.
- Carretero, M. () Construir y enseñar las Ciencias Experimentales, Aiqué. Buenos Aires, 1996.
- ..... Introducción a la Psicología Cognitiva, Aiqué. Buenos Aires, 1998.
- Clement, J. Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions, International Journal Science Education, 11 (5) : 554-565, 1989.
- Dibarboure, M. .... y sin embargo se puede enseñar Ciencias Naturales, Santillana. Montevideo, 2008.
- De Vecchi, G. y Giordan, A. L'Enseignement scientifique: comment faire pour que "ca marche"?, Z'édicions. Nice, 1990.
- Driver, R. "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos", en Enseñanza de las ciencias, 4, pág. 3-15. 1986.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, Morata. Madrid, 1992.
- Duit, R. y Pfundt, H. Bibliography: Students' alternative frameworks and science education, Institute for Science Education, Kiel. 1991.
- Feyerabend, P. La ciencia en una sociedad libre, Siglo XXI. Madrid, 1983.
- Fiore, E., Leymoníe J. Didáctica práctica para enseñanza media y superior, Magró. Montevideo, 2007.
- Fumagalli, L. El desafío de enseñar Ciencias Naturales, Troquel. Buenos Aires, 1993.
- Garret, R.M. "Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias", Alambique, N° 5, pag. 6-15. 1995.
- Gil, D. "Psicología educativa y Didáctica de las Ciencias", en Infancia y aprendizaje, 62-63, 171-186. 1993.
- Gil, D. y col. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años? OREALC – UNESCO, Santiago. Santiago de Chile, 2005.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. y Fensham, P. Children's science and its consequences for teaching, *Science Education*, 66 (4) : 623-633. 1982.

Gunstone, R.F. A comment on 'The problem of terminology in the study of student conceptions in science', *Science Education*, 73 (6) : 643-646. 1989.

..... White, R.T. y Fensham, P.J. Developments in style and purpose of research on the learning of science, *J. Res. Sci. Teach.*, 25 (7) : 513-529. 1988.

Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica. México, 1962.

Lacasa, P. *Aprender en la escuela, aprender en la calle, Aprendizaje Visor*. Madrid, 1994.

Lakatos, I. *La metodología de los programas de investigación científica*, Alianza Universidad. Madrid, 1983.

LLECE – OREALC – UNESCO () *Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe*, SERCE (Primer Informe). Santiago de Chile, 2008.

Leymonié, J. *La enseñanza de la física en la formación de los maestros. Un modelo de intervención basado en la investigación acción*. Tesis de Maestría en Educación, Publicaciones de la Universidad Católica del Uruguay. Montevideo, 1995.

..... "Introducción al modelo de Enseñanza para la Comprensión" En: *algunas tendencias didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas*, Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo, 2006.

Macedo, B. "Habilidades para la vida: Contribución desde la educación científica en el marco de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible". Presentado en el Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias. La Habana, 2006.

Matthews, M.R. "Un lugar para la Historia y la Filosofía en la enseñanza de las Ciencias", en *Comunicación, Lenguaje y Educación*. 11-12, 141-155. 1991.

Nieda, J. & Macedo, B. *Un currículum científico para estudiantes de 11 a 14 años*, OEI · UNESCO, Santiago. Santiago de Chile, 1997.

Osborne, R. & Freyberg, P. *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, Nancea. Madrid, 1991.

Piaget, J. *Genetic epistemology*, Columbia University Press. Londres, 1970.

..... y García, R. *Psicogénesis e Historia de las ciencias, Siglo XXI*. México, 1983.

Pozo, J. I. "Las ideas del alumnado sobre ciencia, de dónde vienen, adónde van y mientras tanto qué hacemos con ellas", en *Alambique*, N° 7, pag. 18-26. 1996

..... "Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica", en *Enseñanza de las Ciencias* N° extra, 15-29. 1999.

..... *Aprendices y maestros*, Alianza. Madrid, 2000.

..... y Gómez Crespo, M.A. (). *Aprender y enseñar ciencia*, Morata. Madrid, 2001.

Pozo, I. y Carretero, M. "Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿que cambia en la enseñanza de la ciencia?", *Infancia y Aprendizaje*, 38:35-52., 1987.

Porlán, R. "La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente", en *Cuadernos de Pedagogía*, N° 210. 1993.

Ravela, P. *Para comprender las evaluaciones educativas. Fichas didácticas*, Preal. Buenos Aires, 2007.

Rico, P. *Reflexión y Aprendizaje en el aula*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1996.

..... *Técnicas para potenciar un aprendizaje desarrollador en el escolar primario*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2002.

Rico, P. y col. *Hacia el perfeccionamiento de la Escuela Primaria*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 2000.

Rico, P. y col. *Selección de Temas Psicopedagógicos*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 2000.

....., Santos Palma, E.M. y Martín Viaña-Cuervo, V. *Proceso de enseñanza aprendizaje desarrollador en la escuela primaria. Teoría y práctica*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2004.

Rizo, C. "Un nuevo proyecto curricular para la escuela primaria cubana". En: *Selección de Temas Psicopedagógicos*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2000.

Santos Palma, E.M. La asignatura 'El mundo en que vivimos' en el plan de estudio de la escuela primaria. *Fundamentación y exigencias en una concepción de enseñanza desarrolladora*. En: *Hacia una didáctica de la asignatura 'El mundo en que vivimos'*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2001.

..... "Reflexiones didácticas y del diseño curricular para la elaboración de tareas de aprendizaje en escolares primarios". En: *Selección de Temas Psicopedagógicos*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2000.

..... Una propuesta de concepción didáctica del desarrollo de potencialidades en los escolares primarios. En: Didáctica de la escuela primaria. Selección de lecturas, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2002.

Toulmin, S. *Human Understanding*, Princeton University Press. Princeton, 1972.

Viennot, L. "*Spontaneous reasoning in elementary dynamics*", *Eur. J. Sci. Educ.*, 1 (2) : 205-221. 1979.

Vigotsky, L. Historia del desarrollo de las Funciones Psicológicas superiores, Ed. Científico-Técnica. La Habana, 1987.

..... El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Grijalbo. México, 1988.

¿Qué saben los niños latinoamericanos de ciencias naturales? ¿Cómo usan sus conocimientos científicos en situaciones escolares o de la vida cotidiana? ¿Qué procedimientos utilizan para resolver actividades que involucran conocimientos de ciencia y tecnología? ¿Qué factores hacen que las actividades de ciencias sean más fáciles o más difíciles? Estas son algunas de las preguntas que intentaron responder un grupo de especialistas en evaluación y en didáctica de las Ciencias Naturales convocado por el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE) en Aportes para la enseñanza de las Ciencias.

Este libro analiza y sintetiza los logros y las dificultades de los niños de Latinoamérica y el Caribe en relación con las Ciencias Naturales a partir de los datos aportados por el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), realizado en nueve países y un estado mexicano.

Con un lenguaje accesible y una propuesta alejada de los tradicionales reportes de investigación, la autora, Julia Leymonié, y sus colaboradores, presentan elementos teóricos y prácticos que pueden ayudar a los docentes a profundizar y a mejorar sus prácticas de enseñanza de las Ciencias. Esto está en consonancia con los objetivos principales del Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación, que apoya a los países de la región a diagnosticar y mejorar la calidad educativa.



## OTRAS PUBLICACIONES DEL SERCE

### Serie Reportes

- Primer Reporte de los resultados del SERCE  
Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe.
- Resumen Ejecutivo  
Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe.
- Reporte de los resultados de Escritura  
Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe.
- Reporte Técnico del SERCE
- Estudio de Factores Asociados a los logros cognitivos

### Serie Aportes para la Enseñanza

- Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales ✓
- Aportes para la enseñanza de la Lectura
- Aportes para la enseñanza de la Escritura
- Aportes para la enseñanza de la Matemática

