

Las Competencias de Pensamiento Científico

desde las 'voces' del aula

Volumen 1

Fanny Angulo
Leonora Díaz
Carol Joglar
Alberto Labarrere
Eduardo Ravanal
Mario Quintanilla (Compilador)

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Fondecyt
FONDO NACIONAL DE DESARROLLO
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

CONICYT
COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

UNIVERSITY OF HELSINKI



Las Competencias de Pensamiento Científico *desde 'las voces' del aula*

Volumen 1

Fanny Angulo
Leonora Díaz
Carol Joglar
Alberto Labarrere
Eduardo Ravanal

Mario Quintanilla (Compilador)



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Fondecyt
FONDO NACIONAL DE DESARROLLO
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO



UNIVERSITY OF HELSINKI





Las Competencias de Pensamiento Científico *desde 'las voces' del aula*

Historia de un proyecto de formación continua de docentes,
basado en la investigación en didáctica de las ciencias

Volumen 1

Producto científico derivado de los Proyectos FONDECYT 1070795 y 1095149 (2007-2010), patrocinados por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT) y el Proyecto AKA-04 de Colaboración Internacional con la Academia de Ciencias de Finlandia y la Universidad de Helsinki.

Santiago de Chile
2012

Director de la Colección: Mario Quintanilla Gatica
Laboratorio de Investigación en Didáctica
de las Ciencias Experimentales (GRECIA). Facultad de Educación
Pontificia Universidad Católica de Chile

Compilador del Volumen 1: Mario Quintanilla G.

© Fanny Angulo, Leonora Díaz, Carol Joglar, Alberto Labarrere,
Mario Quintanilla, Eduardo Ravanal

De esta edición:

© GRECIA. Facultad de Educación
Pontificia Universidad Católica de Chile
Campus San Joaquín - Av. Vicuña Mackenna 4860
Macul, Santiago
Teléfono (56)-(2) 6865361
www.laboratoriogrecia.cl

1ª edición: Julio de 2012
N° de Inscripción: 218.631
ISBN: 978-956-332-720-5
ISBN Obra completa: 978-956-332-719-9

Editorial Bellaterra Ltda.

Edición: Ricardo Rojas V.
Corrección literaria: Néstor Bravo F.
Diseño de la cubierta y diagramación: María Eugenia Pino Q.
Impresión: ANDROS Impresores

Impreso en Santiago de Chile

Para fines comerciales, quedan rigurosamente prohibidas,
bajo sanciones establecidas en las leyes, la reproducción o almacenamiento total
o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada,
así como la transmisión de ésta por cualquier medio, tanto si es electrónico como
químico, mecánico, óptico, de grabación o bien fotocopia, sin la autorización
escrita de los titulares del copyright. Si necesita fotocopiar o escanear fragmentos
de esta obra, diríjase a: grupogrecia@uc.cl

Agradecimientos

Durante la realización de esta obra han colaborado diversas personas a quienes agradecemos sinceramente.

A la Dra. Mercè Izquierdo de la Universidad Autónoma de Barcelona por sus asertivas sugerencias sobre el desarrollo y promoción de competencias de pensamiento científico en el aula, en el desarrollo del proyecto FONDECYT 1095149.

Agradecemos a CONICYT, que mediante el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, sustentó el proyecto 1095149 que dio origen a este manuscrito.

Del mismo modo, expresamos nuestros agradecimientos a la Academia de Ciencias de Finlandia y a la Universidad de Helsinki, que a través del Proyecto AKA-04 hace posible la edición final de este libro.

Vaya también nuestra gratitud a los profesores de educación secundaria, que nos abrieron el corazón de sus escuelas: sus aulas.



Índice

Presentación 9

Prólogo 11

Capítulo 1 15

*La investigación en evaluación de Competencias
de Pensamiento Científico desde la formación continua
del profesorado. Algunas directrices epistemológicas*

Mario Quintanilla G.

Capítulo 2 47

*La solución de problemas, eje del desarrollo del pensamiento
y las Competencias de Pensamiento Científico de los estudiantes
en matemática y ciencias experimentales*

Alberto Labarrere S.

Capítulo 3 83

*Promoviendo sujetos competentes
ante la ciencia y sus problemas
Análisis de microdiseños docentes de evaluación*

Leonora Díaz M. - Alberto Labarrere S. - Mario Quintanilla G.

Capítulo 4 101

*La noción de metabolismo como dispositivo
epistemológico y didáctico para promover
Competencias de Pensamiento Científico*

Eduardo Ravanal M.

Capítulo 5 125

*Evaluar Competencias
de Pensamiento Científico en el aula
Directrices metacognitivas*

Fanny Angulo D.

Capítulo 6 141

*Concepciones de docentes de ciencia en activo
acerca de la 'evaluación' de Competencias
de Pensamiento Científico*

Carol Joglar C. - Mario Quintanilla G.

Presentación

Este libro cristaliza una línea de investigación iniciada en 2007 denominada *Identificación, caracterización y promoción de competencias científicas en estudiantes de enseñanza media mediante el enfrentamiento a la resolución de problemas. Un aporte al mejoramiento de la calidad de los aprendizajes y a la Reforma*, derivada de nuestro de trabajo iniciado hace ya varios años en la PUC con otros proyectos similares de carácter nacional e internacional (FONDECYT 7070143, DIPUC/98, DIPUC/99 /DIPUC 2000, EXPLORA/CONICYT 2000, DIPUC 2001-2002-2003 - FONTEC/PUC2003 - DURSI/CONICYT 2004-2005, MIDEPLAN 2005-2006) donde hemos desarrollado innumerables acciones de investigación, divulgación, formación, gestión y formación docente conforme a develar las concepciones teóricas sobre la ciencia y su enseñanza, evaluación y aprendizaje.

Nuestros Proyectos FONDECYT 1070795, 1095149 y 1110598 de investigación en enseñanza de las ciencias (química, biología, física) estudian fenómenos de enseñanza, aprendizaje y comunicación de saberes científicos vinculados al cambio conceptual en el sistema educativo y en el contexto social que le da cabida, pone particular atención en el estudio de los diferentes procesos cognitivos y culturales con que las personas asignan y comparten sentidos y significados de la “actividad científica escolar”, utilizando para ello diferentes estructuras y lenguajes. En el FONDECYT 1070795 hemos reportado hallazgos sobre los modos de pensar que los estudiantes ponen en juego a la hora de (re)construir significados científicos en las clases de química y biología. Con estos hallazgos, complementados con un análisis detallado de aspectos meta científicos (históricos, socioculturales, epistemológicos y didácticos), diseñamos y validamos, según fases de una ingeniería didáctica, secuencias de enseñanza para el aprendizaje de la química (enlace químico) y la biología (metabolismo), que dan cuenta del desarrollo y promoción de CPC específico en el estudiantado.

Siguiendo en esa misma idea, nos hemos propuesto desde una perspectiva interdisciplinaria diseñar, caracterizar y validar un modelo de evaluación de Competen-

cias de Pensamiento Científico que pueda ser útil para el profesorado de ciencias naturales, contribuyendo al desarrollo de aprendizajes de calidad y con equidad. La actividad científica escolar debe promover el desarrollo de CPC a partir de la necesidad de resolver situaciones problemáticas que requieren planteamientos nuevos desconocidos hasta ahora (la actividad científica como un proceso continuo). Un análisis de la situación actual en el terreno de la formación de competencias, arroja la carencia de sistemas y situaciones evaluativas que, de manera coherente y sistemática, den cuenta del desarrollo de las competencias de en general y de pensamiento científico en particular. En este sentido, parece claro que existen pocos indicadores, o no existen en absoluto, de los diferentes estadios o fases que, teóricamente, podría transitar la competencia de pensamiento científico, durante la formación del sujeto. La tarea consiste, entonces, en la elaboración de indicadores que puedan dar cuenta de este desarrollo y diseñar los instrumentos correspondientes. Esta es una tarea que, desde una perspectiva participativa, no puede llevarse a cabo sin la presencia de los profesores. Se trata de promover y desarrollar una “cultura en la evaluación de competencias”, en el profesorado en general y de ciencias en particular.

Por lo anterior, nos parece necesario que los docentes de ciencia en ejercicio del proceso formativo y formador escolar, sean capaces de diseñar e implementar instrumentos y estrategias de evaluación de Competencias de Pensamiento Científico, que den cuenta de cómo el estudiantado aprende a comprender la ciencia al enfrentar auténticos problemas, ya sea con la ayuda del profesorado o independientemente, y de forma similar a ensayar las estrategias de solución que contribuyan al aprendizajes y estimulen el desarrollo de la creatividad y el talento en las diversas áreas del conocimiento científico. La relevancia de desarrollar, caracterizar y validar **un modelo de evaluación de competencias de pensamiento científico** que permitan al estudiantado afrontar situaciones diversas, sobre la base de un cierto dominio de habilidades y recursos que a buen término le faciliten explicar, argumentar, formular hipótesis, comunicar sus ideas y transferir conocimiento científico en torno al desarrollo de sus estudiantes y de sí mismos como formadores. Se trata de la posibilidad de acceder de manera consciente a los procesos, condiciones y productos que tiene lugar durante la formación de competencias e inscribirlos en una corriente sistemática de juicios valorativos y evaluativos que permitan ejecutar adecuadamente su labor de formación del pensamiento científico de sus estudiantes, facilitando a la vez un aprendizaje de alto orden. Queremos que este libro sea una orientación discreta en este sentido.

Mario Quintanilla
(Compilador)

Prólogo

El diálogo ciencias naturales y sistema educativo tiene una trayectoria marcada por opciones ideológicas desde posiciones diferentes y opuestas, una trayectoria que no ha sido fluida sino más bien de tensiones que llegan, por cierto, a las escuelas y a los estudiantes, así como a los profesores y profesoras, expresándose igualmente en las políticas educativas y en las decisiones curriculares de planes y programas. Algunos países de América Latina continúan viviendo dichas tensiones, las cuales se expresan en un espacio muy reducido en el curriculum escolar para el capítulo de las ciencias naturales y el tema tecnológico, el cual, en muchos casos, escapa a las consideraciones educativas y curriculares, mientras que en algunos otros se lo incorpora aisladamente, como si todavía las disciplinas se pudieran sustentar por sí solas y no existiese una vinculación sólida entre ellas.

Esta configuración educativa y curricular contiene y expresa tensiones. Si a tales tensiones se agregan temas que hoy tienen, a su vez, mediaciones muy complicadas como la evaluación, encontramos que este libro es una aproximación construida dentro de un marco de tensiones y conflictos que a su vez generan un escenario de expectativas y deseos.

Hoy, la educación se moviliza en un contexto de lo deseable. Antes tuvo su énfasis en un marco ético, el deber ser, donde lo deseable se instala en sujetos que piensan y sienten, que actúan y están situados, que disponen de tecnologías orientadas a la búsqueda de informaciones, a la comunicación, a la expresión de sí, que tienen acceso a una enorme cantidad de informaciones de última generación. Así, las tecnologías de la comunicación posibilitan una expresión más autónoma de los sujetos, de los deseos y, a la vez, más horizontal sobre lo que se expresa. No es la antigua *doxa* sino la opinión; todos están convocados a la opinión y la opinión constituye un ámbito de nuevo diálogo que cuestiona la *doxa* del poder en cuanto saber y en cuanto autoridad.

Por esto, el contexto en que se instalan los artículos que forman parte de esta publicación es el de sujetos posicionados desde la expresión de sí, desde el deseo, la autonomía, la horizontalidad y desde luego la opinión, donde es difícil atribuirse el saber que se posicionó en la educación, particularmente en la

escolaridad, este saber - poder, este saber constituyente de subjetividades. Es un nuevo posicionamiento de los sujetos donde "estar" constituye un contexto decisivo, que ha puesto en profunda crisis las formas adquiridas de la evaluación en la escuela. Esa evaluación mediada y reducida a criterios provenientes de sujetos "autócratas", está profundamente cuestionada en la misma medida en que ha sido deliberado el saber - poder. Son cuestionamientos que tienen su paradigma en la genealogía, donde es posible develar y configurar las raíces de los posicionamientos ideológicos, elaborar un pensamiento originante y no sólo subordinado y subalterno.

En este contexto del conocimiento emerge la situacionalidad de los sujetos, recogida en varios de los artículos contenidos en este libro bajo distintas conceptualizaciones. Se trata de conocimientos científicos configurados desde contextos, lo que posibilita una construcción sobre la base de unidades de conocimiento científico de naturaleza concreta, incorporada, encarnada, vivida. Lo concreto no es un paso hacia otra cosa sino que es un encuentro que se inicia en el cómo llegamos y a dónde permanecemos. En esta trama, el mundo emerge a partir de cómo y dónde nos movemos, respiramos, comemos, vivimos. Es una trama de múltiples encuentros y no de causalidades homogeneizadas. Un encuentro en la diversidad que implica superar los procesos nacidos desde la modernidad latinoamericana del siglo XIX y del XX, en el sentido de idealizar, racionalizar y normalizar el pensamiento y la realidad como si fuera posible reducirlos a una lógica de identidad y de orden. Ambas dimensiones, propias del pensamiento latinoamericano, buscan el encuentro desdibujado desde la colonización y que mantiene, en un orden político jerárquico, la sustentabilidad de la matriz sociopolítica.

Por tanto, este libro busca hacer conscientes los mecanismos, ideas, idealizaciones, mitos, racionalizaciones que determinan el conocimiento científico en el sistema escolar, de propiciar el encuentro con pensamientos científicos, abiertos, multidimensionales, evolutivos, donde lo más importante son esas múltiples relaciones de encuentro, las cuales implican buscar espacios más amplios capaces de dialogar con lo que aparece como diverso. La universalidad del conocimiento científico no está en la homogeneización sino precisamente en la diversidad que permite situarse en el ambiente concreto, vivido, relacional, sin que sea este ambiente sujeto de una abstracción y densificación.

Así, se nos plantea la configuración de pensamientos científicos sobre la realidad desde perspectivas multidimensionales, transdisciplinares, superando la mirada monológica, absoluta, identitaria, unidisciplinar, como si existiera un solo tipo de orden, como si existiera un solo tipo de ciencia que no alcanza a leerse a sí misma. Ello significa leer la realidad desde lingüísticas plurales más allá de los rigores propios de los sistemas autócratas. En esto, la enseñanza de las ciencias en la escuela requiere de cambios radicales en distintas dimensiones, algunas de las cuales se señalan en este libro; la dimensión de radicalidad se instala desde una epistemología distinta de las ciencias y de la educación.

El desarrollo del pensamiento actual abre espacios para caminar hacia un nuevo modo de pensar donde cabe la incertidumbre. Se trata de re-ilustrar la ilustración, sustituir la metáfora del hombre-linterna por una re-teorización del sujeto desde la complejidad de conocimientos y vivencias diversas donde emergen incertezas, ambivalencias, fluctuaciones pero también una enorme fuerza creadora. Irrumpe en este contexto una nueva "ecología de la acción" caracterizada por la autonomía como capacidad de construir realidad. Esta nueva ecología de la acción impregna el hacer cotidiano. Desde esta perspectiva se requiere de reflexiones que posibiliten una escuela distinta. En este orden de ideas, este libro abre puertas, crea espacios, perfila con fuerza la superación de la enseñanza de las ciencias naturales en torno a lenguajes, informaciones, fórmulas profundamente alejadas de la realidad.

Actualmente se perfilan pensamientos científicos con otras connotaciones desde lógicas sustancialmente distintas a los tiempos pasados. Singularmente, con respecto al sentido de competencia, si bien esta expresión ha superado la mirada conductista, aún no es lo suficientemente clara como para convertirse en sí misma en una directriz para los análisis y actos educativos de la vida escolar. Es de aclarar que la competencia se instala como fenómeno con valor en sí, sin sujeto ni situacionalidad, como una nueva metafísica de la escuela, cuyas raíces se encuentran en los estudios de la psicología, llamada comparada, de fines del s. XIX y comienzos del XX, que preocupados por los comportamientos de los animales y de los hombres y su adaptación a los estímulos externos, mediados por la interacción estímulo - respuesta, condujeron a entender cómo se produce el aprendizaje. Por otra parte, los estudios taxonómicos de mediados del s. XX caminaron por senderos similares en la medida que buscaban determinar, desde la acción, tipos de objetivos cognitivos, afectivos y psicomotores válidos para todos los estudiantes. Dando cuenta de un estudiante metafísico, tanto que hoy a pesar de ello, se esencializa la condición de estudiante en la escuela, sin entorno, ni historia, sin condiciones sociales, sin proyectos.

Las anteriores consideraciones destacan la importante concepción de competencia contenida y explicitada a través de este libro, la cual se asocia con el sujeto contextual, histórico y cultural. Se separa de esas concepciones nacidas en una Ilustración latinoamericana asociada con una filosofía de la conciencia que crea un sujeto abstracto y un mito de progreso científico y racional de donde emerge un nuevo concepto de conocimiento asociado con el ser, saber-hacer y estar, con la inteligencia, más que una idea de estudiante vinculada con un *todo cognitivo*, donde los conocimientos son más bien esencias estáticas y reproducibles de acuerdo con el modelo de saber transmitido por el profesor o profesora.

Entendemos que las competencias no constituyen una nueva metafísica de sujetos abstractos, sino más bien sujetos con y en un ser, saber-hacer y estar de carácter socio-cognitivo y situacional, en el ámbito de la configuración de pensamientos científicos, creativos, con una perspectiva holística-integradora, en el cual los sujetos se perciben como capaces de reflexionar, organizarse en grupo y regular sus actuaciones de manera pro-activa con resultados deseados, en interacción con un

contexto. Contiene, por tanto, habilidades cognitivas y prácticas, conocimientos, motivaciones, valores, actitudes, emociones y componentes interaccionales, junto a nuevos y eficaces soportes cognitivos. El desempeño competente contextualizado está por encima de la descripción de competencias descontextualizadas.

Desde este horizonte donde se concibe un sujeto competente, la preocupación por la evaluación de competencias de pensamiento científico adquiere singularidades distintivas.

Pienso que hoy se crea un escenario donde los estudiantes son pensadores, investigadores e innovadores; no sólo aprendices, memorizadores e imitadores; son elaboradores de nuevos conocimientos; alertas a encontrar lo que aún no se ha escrito; capaces tanto de ajustarse al medio como de moldear y transformar el entorno; configuradores y no sólo ejecutantes, creadores de nuevos modelos. Son estudiantes que se posicionan como sujetos que significan y construyen realidades.

Desde estas perspectivas, la evaluación educativa se orienta a que los sujetos de la acción educativa hagan emerger el valor contenido en sus actuaciones, mediante distintas aproximaciones a dichos procesos que sean útiles para el posicionamiento en el ser, saber-hacer y estar. Es un proceso interactivo, dialogante, que abre posibilidades para el desarrollo del potencial que cada sujeto posee.

En el ámbito de estas reflexiones, estamos convencidos de que este libro abre caminos, construye pensamiento, muestra orientaciones, elabora propuestas, apunta a algunos énfasis claves en los contenidos científicos, todo ello desde lenguajes plurales que se encuentran en algunas dimensiones referenciales compartidas pero, también, en las diferencias y la diversidad. Ésa es su riqueza y su oportunidad para aquellos que reflexionen, desde su práctica, sobre las propuestas contenidas en los distintos artículos.

Se trata de una obra construida desde una práctica investigativa, en la cual se ha integrado a profesores y profesoras de ciencias naturales del nivel escolar medio. Este sello impregna las reflexiones de los autores y constituye su fortaleza para servir de apoyo al necesario cambio de la enseñanza de las ciencias naturales en el sistema escolar, que contiene un diálogo mayor con otros investigadores de ámbitos geográficos y académicos diferentes, a través de redes que se sustentan en una permanente interacción mediante publicaciones reflejadas en la bibliografía y otros instrumentos de acción como seminarios, pasantías, asesoría de tesis, visitas e investigaciones compartidas. Todo ello está presente en esta publicación, que contiene una dimensión internacional.

Eugenio Rodríguez Fuenzalida
Profesor Titular
Facultad de Educación
Pontificia Universidad Católica de Chile
Santiago de Chile, julio de 2012

Capítulo 1

La investigación en evaluación de Competencias de Pensamiento Científico desde la formación continua del profesorado Algunas directrices epistemológicas

Mario Quintanilla G.

1.1. Introducción

La dirección principal de nuestros planteamientos teóricos, reside en que hasta hoy la enseñanza de las ciencias naturales permanece muy limitada, centrándose la atención en ella como medio e instrumento para determinar lo que el estudiantado *conoce* (contenidos), y cómo puede actuar (procedimientos), para apropiarse del mismo, dejando a un lado la verdadera función de desarrollo que puede desempeñar esta importante actividad dentro de la enseñanza en general, y de la enseñanza de las ciencias en particular, con un énfasis en el logro de competencias de pensamiento científico (CPC) del sujeto que aprende. En las condiciones actuales de la gestión del aula, la enseñanza por resolución de problemas científicos no se ocupa lo suficiente del trabajo y de la intencionalidad de quienes evalúan y son evaluados, en la medida en que no se desarrolla lo que podría denominarse una *cultura de la evaluación de Competencias de Pensamiento Científico*. Obviamente, en este contexto, las acciones evaluativas e igualmente los instrumentos y operaciones correspondientes, no captan en profundidad los procesos de desarrollo de las competencias de pensamiento científico, siendo éstas carentes de indicadores y atributos adecuados y resultando *insensibles*, por ejemplo, a la emergencia de micro indicadores de la evolución de las competencias de pensamiento, transmitiendo una imagen imprecisa, cuando no falsa, del desarrollo del sujeto competen-

te. En muchos de estos casos se deja fuera la potencialidad de los sujetos (Schon, 1998), y se capta solamente lo que son capaces de hacer independientemente, con lo cual los procesos y situaciones evaluativas generan contextos de inequidad y exclusión, al diseñar condiciones que favorecen únicamente a aquellos estudiantes que ya han logrado un nivel de desarrollo de sus competencias de pensamiento científico, que los pone por sobre la media de sus compañeros.

La evaluación que apropia como método, estrategia y sentido a la resolución de problemas científicos en el proceso de enseñanza aprendizaje, debe ser sensible a la emergencia de los aspectos que hemos apuntado al iniciar este capítulo; cuando decimos sensible, no tenemos en cuenta únicamente la posibilidad de registrar cuánto de ello ha desarrollado en un momento dado el sujeto que aprende ciencia; sensible quiere decir también contribuir a su desarrollo, es decir, aprender a comprender la ciencia con sus debilidades y fortalezas.

Este capítulo introductorio se ocupará en particular, de analizar y comprender los factores que direccionan la evaluación de competencias de pensamiento científico (CPC), desde la lógica teórica, práctica, cultural y valórica de la formación continua del profesorado, compartiendo algunas directrices epistemológicas que permitan dar una explicación a las limitaciones y potencialidades que pueden surgir desde la práctica del aula.

1.2. Breve abordaje histórico acerca de las competencias de pensamiento científico

Los enfoques dados al pensamiento científico y sus competencias provienen de varias áreas de investigación, de las cuales se destacan la psicología cognitiva y la didáctica de las ciencias naturales. La preocupación en el asunto no es reciente; en los años sesenta, podemos encontrar en Khan (1962) trabajos que abordan dos métodos efectivos para el desarrollo de actitudes científicas, las excursiones y el método inductivo-deductivo. 40 años después, el mismo autor propone un tercero: el análisis de acontecimientos comunes, otorgando una relevancia emergente a la creatividad en la ciencia y su enseñanza (Labarrere y Quintanilla, 1999). En el caso del docente y sus competencias en ciencias, Spore (1962) identifica aquellas deseables para la enseñanza de la ciencia. No obstante, éstas eran definidas como la eficacia general, analizando la naturaleza y el alcance, a través de las opiniones de los formadores de profesores de ciencias o de administradores que contrataban a supervisores y maestros de ciencias experimentados. Por otra parte, Reed (1962), sobre competencia docente y sus implicaciones para la educación científica, argumenta la falta de evidencia cuantitativa que relacione la calidad con un

tipo de interacción docente en comparación con otra. Esto posibilitaría una “guía” para la construcción de los planes de estudio, y los beneficios que provendrían de las controversias del currículo de ciencias en la escuela secundaria y los canales de admisión a la universidad, para los programas que forman docentes de ciencias. Según el autor, las juntas escolares, administradores, supervisores y otros docentes podrían reconocer las debilidades del docente, ofreciéndole así, a partir de dicho diagnóstico, un programa de capacitación en las debilidades encontradas (Quintanilla *et al.*, 2010).

En la década de los setenta, Champagne, Gunstone y Klopfer (1977) abordan la problemática de la formación docente basada en competencias, quienes se interesan particularmente en analizar la efectividad de dichos programas. En este periodo, la enseñanza de las ciencias pasa por una modificación de foco, donde se comienza a pensar en la importancia de la formación del docente de ciencias como factor determinante de una buena enseñanza de las mismas. Edwards (1977) destaca la importancia desarrollada por estos programas de formación docente, basados en competencias en ciencias y subrayando los puntos positivos y negativos de estos programas. Actualmente, buena parte de las revistas educacionales de amplia circulación han publicado artículos sustentando los beneficios de los programas de formación docente basados en el desarrollo de competencias científicas, mientras que otras publicaciones han sentado una posición crítica frente a dichos programas, aduciendo que sólo hay difusión de información centradas en estadísticas sueltas, e ignorando problemáticas como la reducción del número de inscritos en carreras docentes, la insatisfacción pública al acceso a la Universidad por estudiantes de sectores deprimidos, y el creciente alto costo de la educación pública (Quintanilla *et al.*, 2010).

La identificación de competencias científicas para la enseñanza de las ciencias llevó a la estructuración de estándares mínimos para la docencia, y no demoró para que se relacionaran las competencias docentes con un mejor aprendizaje por parte del estudiante. Sin embargo, esto genera una problemática inversa, donde la explicación posible de por qué los estudiantes tienen el *clásico mal rendimiento* podría también justificarse a partir de que sus docentes no tienen las competencias necesarias para la enseñanza de las ciencias, es decir, el bajo rendimiento estudiantil sería resultado de la incompetencia docente. Dentro de esta problemática, los programas basados en el desarrollo de la competencia parecían ser la única salida, ya que los futuros docentes necesitarían demostrar competencias específicas, lo cual podría permitir que la sociedad esperara, relativamente, un alto nivel de desarrollo, colocando así grandes esperanzas en estos programas, como por ejemplo en Estados Unidos, donde la clase media percibe en la educación una

gran posibilidad de movilidad social y económica. Entretanto, en esta época todavía no queda claro el rol del docente ni la naturaleza de las ciencias que se está enseñando (Toulmin, 1977).

En los ochenta, Derek Hodson (1988) destaca el desarrollo vigoroso del currículo, debido a la consecuente necesidad de desarrollo en el área de ciencias. De aquí cabe destacar que se intenta presentar una nueva mirada acerca de la naturaleza de las ciencias desde la enseñanza de las mismas como un cuerpo de conocimiento establecido, de la ciencia como una actividad humana y un creciente énfasis en los procesos y procedimientos de la ciencia. Sin embargo, el autor deja claro que en esta década todavía persiste la idea bajo la cual el principal objetivo de la enseñanza de la ciencia es formar científicos. También declara que a pesar de todos los esfuerzos en investigación, tiempo y recursos, los efectos sobre las actitudes e intereses de los estudiantes no son alentadores, mencionando además la necesidad de incluir el trabajo de laboratorio como una posibilidad real en la escuela. En la misma década emergen los estudios sobre especificidades, como por ejemplo Norris (1984), quien se refiere a la importancia y el rol de la observación, predicción, el control de variables y la inferencia en las actividades científicas y su promoción, destaca también que el desarrollo de estas actividades pueden ser aplicadas en varios campos de la ciencia, y propone la necesidad de realizar un análisis conceptual de cada una, enfatizando en éste el análisis de la competencia "observación" a partir de los avances de la filosofía de la ciencia, de la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica. Plantea además que la competencia observación exige el dominio de realización de observaciones, registro de información de la observación y una posterior evaluación que posibilite la credibilidad de la información emergente. Okey y Capie (1980) plantean el supuesto de que una competencia científica puede ser enseñada en el aula, junto con qué técnicas son medios válidos y qué competencias docentes están relacionadas con el desempeño de los estudiantes. Los autores cuestionan acerca de la investigación del conocimiento e información referente a las habilidades de enseñanza, y el impacto que ésta provoca cuando se utiliza, criticando los instrumentos que se emplean para objetivar una competencia, ya que es muy difícil para el investigador encontrar instrumentos existentes que sean coincidentes con las competencias del docente que va ser evaluado (Quintanilla *et al.*, 2010).

Durante los noventa, el énfasis por el desarrollo de las competencias de pensamiento científico (CPC) en los estudiantes crece significativamente. Algunas investigaciones proponen nuevas metodologías para el desarrollo de CPC, como por ejemplo los asistentes personales en la enseñanza de la informática (Reif, F. & Scott, L. A., 1999). Desde los estudios de la psicología cognitiva, se destaca el tra-

bajo realizado por Deanne Kuhn, (2000), quien desafía de forma gradual la necesidad de explicación del desarrollo de CPC observadas en adolescentes y adultos. Sin embargo, desde otra perspectiva, el enfoque desde un racionalismo moderado comienza a ser presentado por la didáctica de las ciencias. Maudsley y Strivens (2000) plantean que es preferible desarrollar una formación científica como una actividad durable, un proceso positivo, flexible, con control metacognitivo (como aprender mejor), sensible al contexto, emotivo y racional, que responde a acontecimientos positivos y negativos, diferenciándose del pensamiento académico que es pasivo, receptivo, descriptivo y contemplativo. Los autores mencionan que un profesional competente debe tener una amplia visión del mundo, incluyendo nociones realistas de la evidencia científica, manteniéndola vigilada por el escepticismo reflexivo a través de la metacognición (Quintanilla *et al.*, 2010).

1.3. La ciencia en la escuela. Su aporte al desarrollo de competencias de pensamiento científico (CPC) para una cultura ciudadana

En definitiva, durante los últimos cincuenta años se han producido cambios importantes en la manera de concebir y de llevar adelante la educación científica formal. La llamada *nueva enseñanza de las ciencias* (NEC) se dirige ahora a todos los públicos y audiencias, planteándose objetivos ambiciosos, no exentos de cierta cuota de utopía, alrededor de la necesidad de formar ciudadanos y ciudadanas de pleno derecho. Actualmente existe, en la comunidad académica de la didáctica de las ciencias naturales, consenso acerca de que estos objetivos requieren de un nuevo componente curricular, llamado *naturaleza de la ciencia* (Mathew, 1994; McComas, 1998; Adúriz-Bravo, 2005). Entendemos por naturaleza de la ciencia un conjunto de contenidos metacientíficos (principalmente, de la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia), ecléctica y pragmáticamente seleccionados y fuertemente transpuestos, que pueden tener valor para una educación científica de calidad para todos y todas (Hopkins, 1996; Quintanilla, 2007 a; 2007 b).

En suma, los procesos formativos son complejos, donde por lo general los estudiantes aprenden sólo parte de lo que se les enseña, hecho que se ve reflejado en las distancias entre un currículum explícito (propuesto) y otro oculto, concomitante este último a los dos antes mencionados. ¿Cómo hacer para que los procesos formativos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias no resulten en verdaderos filtros para la segmentación social, sino en oportunidades para que los estudiantes de todos los estratos sociales se apropien de conocimientos poderosos, que les

permitan tener una vida más interesante, productiva y participativa? A partir de esta pregunta es posible plantear tres funciones relacionadas con finalidades formativas más generales, a saber: la *función cultural* (una vida más interesante), la *función económica* (una vida más productiva) y la *función política* (una vida con más participación ciudadana).

El estado del arte en el ámbito educativo de los aprendizajes está en condiciones de aportar bases teóricas y empíricas para optimizar la manera en que generamos conocimiento didáctico, abordando la pregunta: ¿Cómo se construyen saberes científicos en el aula? Entre ellos se puede mencionar aportes de los desarrollos de la didáctica fundamental, la didáctica fenomenológica y el enfoque socio epistemológico, que dan luces para abordar investigaciones que den respuesta a nuestro interrogante inicial, sobre las posibilidades y naturaleza del fenómeno de construcción de saberes científicos en el aula (Labarrere, 1994; Sanmartí e Izquierdo, 1997; Izquierdo, 2000; Sanmartí, 2003).

Creemos que la naturaleza de la ciencia, como componente curricular emergente, nos ayudaría a desarrollar en las clases de ciencias naturales una genuina *actividad científica escolar* (Izquierdo, 2000; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003), en la cual se pongan en marcha diferentes procesos cognitivos y lingüísticos *superiores*, usuales de la investigación científica, que pueden contribuir al desarrollo de potentes competencias de pensamiento científico, y al mismo tiempo desarrollar aprendizajes superiores que faciliten en el estudiantado el *pensar con teoría* los hechos del mundo (Sanmartí e Izquierdo, 1997; Sanmartí, 2003). Entre estos procesos psicológicos superiores (procedimientos, habilidades, capacidades, competencias), podrían mencionarse varios que nos parecen sumamente relevantes: la explicación, la argumentación, la analogía, los razonamientos (deductivos, inductivos, abductivos); la generación y puesta a prueba de hipótesis; la recuperación, el tratamiento y la presentación de información científica, la modelización, la narrativa, que son el sustento más evidente del desarrollo de competencias de pensamiento científico, pueden ser orientadas en la gestión del aula, y constituirse en un marco metodológico y epistemológico sustancial para modificar los procesos y sistemas evaluativos (Adúriz-Bravo, 2005; Marcelo, 2002; Labarrere y Quintanilla, 2005, 2006).

Desde este punto de vista, la *Teoría de los modelos de Giere* (1988, 1992) puede encontrar un camino apropiado y educativo para la transposición del saber erudito en la clase de ciencias, que parece ser muy interesante y prometedora para enfrentar la evaluación como un proceso de desarrollo del sujeto que aprende, ya que permite establecer prudentes conexiones entre los *modelos teóricos* (el

mundo de las ideas), y el *sistema real* (trabajo experimental, manipulación de lo real) del estudiantado, profesores y científicos, buscando establecer similitudes a través de las hipótesis teóricas y entidades lingüísticas que los relacionan (Gieryn, 1999; Quintanilla, 2006). De esta forma, se piensa, se hace y se expresa la ciencia, conectando permanentemente estos tres elementos sin separar la teoría de lo empírico, ya que asumimos la elaboración de modelos teóricos tanto de los fenómenos con que estamos trabajando (modelo fenomenológico), de los instrumentos que estamos usando (modelo instrumental) y de nuestra intervención sobre el mundo real (modelo cotidiano). Uno de los elementos interesantes que postula este modelo de ciencia, es el *racionalismo hipotético*, que significa que si yo tengo una meta voy hacia ella planteando cómo hacerlo “en el camino”. En definitiva, las comunidades científicas y las personas saben valorar si se acercan bien o mal a la meta, sobre la base de una construcción en común de un *hecho paradigmático* y de la interpretación del mismo sobre la base de *diferentes miradas* del mismo fenómeno (diversidad de explicaciones científicas en el alumnado). En este sentido, el estudio de cómo funciona una comunidad, cuáles son sus “criterios de racionalidad”, etc. nos acercan a una “Racionalidad Moderada” para comprender la ciencia que enseñamos, y la finalidad que impregnamos a la evaluación de competencias de pensamiento científico, en esta variante epistemológica.

Por tanto, creemos que una de las finalidades principales de la educación científica de hoy en día es el lograr que niños y niñas, adolescentes y jóvenes, sean capaces de poner en marcha, de forma autónoma y crítica, estos procesos cognitivo lingüísticos (Sanmartí, 2003) para dar coherencia a su pensamiento científico (teórico), discurso y acción sobre el mundo natural, de modo de poder darle sentido, intervenir activamente en él, tomar decisiones fundamentadas y establecer juicios de valor robustos que contribuyan a la cultura ciudadana y a la promoción de la paz. En este sentido, es ineludible el abordaje del sistema de competencias de pensamiento científico y cómo ellas aparecen en el proceso formativo; es decir, la formación del pensamiento como tarea pedagógica y didáctica, que no puede realizarse plenamente si no se cuenta con el sistema de situaciones y dispositivos de evaluación, que hagan factible tanto la identificación como el correspondiente proceso formativo y formador. Es indiscutible que tal tarea solo puede llevarse a cabo satisfactoriamente apoyados en una concepción y acción didáctica formativa, que incorpore el aprendizaje de las ciencias naturales, en todos los niveles de escolaridad (desde la etapa inicial hasta el universitario), de una manera diferente a como ha venido haciéndose, en las cuales las situaciones evaluativas sean reales y profundamente educativas y emancipadoras; esto es, que *formen personas* con las capacidades de saber, saber hacer, saber ser y saber vivir juntos. En esta

línea, creemos necesaria la recuperación de un *modelo de ciencia (y evaluación del pensamiento científico)*, como *actividades profundamente humanas*: hechas por humanos y para humanos (Izquierdo, 1996, 2000).

Así, el conocimiento científico adquirido por el estudiantado debería ser persistente y significativo, lo que de acuerdo a teorías modernas y tendencias internacionales sobre desarrollo de competencias de pensamiento científico y modelos de evaluación, se lograría a través de un proceso de construcción activo y protagónico al interior de cada sujeto, y en el contexto sociocultural donde sus competencias adquieren significado y, por tanto, son evaluadas en función de las tareas y los contextos culturales en que se inscribe; contexto en el que las concepciones previas resultarían ser de carácter esencial para la comprensión de las teorías y modelos explicativos de la ciencia, su método y su naturaleza. Del mismo modo, es necesario que las prácticas de evaluación de los docentes de ciencias naturales posibiliten a los estudiantes evidenciar cómo van logrando acceder al mundo de las ciencias, no solamente por la vía de los productos que se presentan, sino también por la vía de los procesos que se dan para lograr adquirir un determinado conocimiento, así como de las cualidades personales y grupales consustanciales, lo cual les permitiría generar más instancias de autorregulación de la calidad de sus aprendizajes, identificando logros, criterios, obstáculos, etc., potenciando así competencias y habilidades científicas que los preparen para la vida y el éxito profesional en lo que emprendan. Todo lo anterior, inscribe nuestro proyecto de formación continua de profesores de ciencia en un contexto de aprendizaje superior que propicia una conducta personal y socialmente responsable, en la comprensión de la complejidad de la ciencia en el mundo, que marcan el devenir actual de la sociedad y la cultura científica ciudadana.

1.4. ¿Qué noción de CPC para qué cultura docente?

Pese a que las CPC, tal como se han conceptualizado desde las más diversas direcciones, presentan una naturaleza elusiva, nuestro intento ha estado dirigido a conformar una representación de las mismas, que no se limita a determinar la manera de hacer, sino a la vez a poner de manifiesto las cualidades de lo que hemos denominado "sujeto competente". Desde nuestra mirada, el sujeto competente se constituye como actor y agente particular de la acción ajustada inteligentemente a las circunstancias, capaz de adaptar o ajustar el contexto a sus necesidades y con un pensamiento capaz de identificar situaciones problemáticas, y de abordarlas con la conciencia de los recursos propios que constituyen su perfil personal de actuación. Desde esta consideración, las CPC emergen como un atributo del sujeto:

es competente no la competencia sino el sujeto, lo cual determina una actuación permanente y sistemáticamente dirigida a poner en evidencia el sustrato personal del actuar competente, así como la valoración y evaluación de la manera en que los distintos sujetos identifican, enfocan y resuelven las situaciones a que se enfrentan (Labarrere, 2009; Quintanilla, 2012).

Así, la noción de CPC nos remite a alguien que es capaz, que sabe, que tiene capacidad reconocida para afrontar una situación, que posee un cierto grado de dominio de habilidades y recursos. Es alguien que ha desarrollado las acciones de captar, pensar, explorar, atender, percibir, formular, manipular e introducir cambios que permiten realizar una interacción competente, en un medio dado o específico¹. Se busca superar la época de las preguntas e instrumentos de evaluación formulados por el profesor o propuestas por el texto, y de reemplazarlas por las del estudiante, en donde el profesor escucha y orienta demostrando que lo respeta y considera que éste tiene “algo que decirle”, adoptando una posición orientadora en torno a los procesos de construcción del conocimiento científico que enseña, en un ambiente evaluativo intencionado, donde además, las preguntas científicas de los alumnos tienen mucho sentido y valor. Así, las CPC representan una combinación dinámica de atributos en relación a conocimientos, habilidades, actitudes, valores y responsabilidades que describen los resultados de aprendizaje dentro de un programa educativo mucho más amplio y enriquecedor, en el que los estudiantes son capaces de demostrar de manera no reproductiva, que han aprendido ciencia y son capaces de conectarla en su acción personal, ante las disímiles situaciones que se les presentan en el mundo real cada día. Rodrigo y colaboradores, citado por Angulo (2002), encontraron que una de las competencias consideradas como muy poco extendidas entre el profesorado de ciencias, pero valoradas como esenciales en los alumnos, es ser autocrítico, reconocer sus limitaciones y evaluarse a sí mismo. Del mismo modo, encontró poca evidencia de reflexión o cambio en las ideas previas de los futuros profesores, al igual que Gore y Zeichner (1990), quienes diseñaron programas de formación en didáctica de las ciencias que buscaban promover la indagación y la reflexión donde los resultados tenían una racionalidad técnica del más bajo nivel. Estos investigadores especularon que las fallas del programa podían atribuirse a la naturaleza tradicional de la supervisión que acompañaba las prácticas de los estudiantes, o a la ausencia de profesores guías (experimentados), comprometidos con la autorreflexión de sus prácticas evaluativas (Orellana, 2002).

1 White, en J. Brunner, 1979, *The act of discovery*, en *Essays from the left hand*, Harvard, Cambridge, p. 89.

La CPC es también la capacidad de responder con éxito a las exigencias personales y sociales que nos plantea una actividad (científica en este caso), o una tarea cualquiera en el contexto del ejercicio profesional, e implica dimensiones de tipo cognitivo como no cognitivo. Cada CPC se basa en una combinación de aptitudes prácticas y cognitivas, de orden diverso, que conjuntamente ponen en funcionamiento la realización eficaz de una acción: conocimientos, motivaciones, valores, actitudes, emociones y otros elementos sociales y culturales. Una competencia es un tipo de conocimiento complejo que siempre se ejerce en un contexto de manera eficiente (Gore y Zeichner, 1990), la cual podría ser configurada a través de tres dimensiones: saber, saber hacer y ser².

Un punto sustancial planteado por algunos investigadores como Espinet (1989) al respecto, argumenta que las insuficiencias en la preparación y actualización del profesor de ciencia, en cuanto a los contenidos de la materia a enseñar, es una primera dificultad que puede limitar gravemente el potencial innovador de cualquier profesor. En ese sentido, Angulo (2002) se remite a la importancia de que los profesores de biología se den cuenta de dominar no solo los contenidos de la disciplina sino también su propio *esquema conceptual*, razón por la cual se hace necesaria la inclusión habitual de componentes de actualización de contenidos en los programas de formación permanente y continua del profesorado, sin caer en el reduccionismo conceptual que asimila el *conocer el contenido de la disciplina*, con saber la estructura actual del tejido teórico propio de ésta. En torno a esta inquietud, esta autora también manifiesta que la principal influencia en el desarrollo profesional de los profesores es la forma en que han sido enseñados. Los fenómenos inherentes al aula de ciencias empezaron a aclararse más con el impulso de la investigación sobre el pensamiento del profesor de ciencia (Labarrere, 1999, Marcelo, 1987), al afirmar que los profesores también desarrollan ideas previas y/o alternativas respecto a la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje e incluso frente a la evaluación, la cual pueden favorecer o impedir la construcción de nuevos conocimientos didácticos y científicos (Novak & Gowin, 1984).

Desde entonces, muchos de los esfuerzos por el mejoramiento de la calidad de la educación científica se han centrado en la exploración de las ideas de los alumnos frente a la ciencia, y a los conceptos científicos que se enseñan en los diferentes niveles. Izquierdo (2000) y Adúriz-Bravo (2002) intentan establecer una base epistemológica para la enseñanza de las ciencias, a la luz de las nociones contemporáneas sobre la naturaleza de la ciencia, y de cómo aprenden los niños y adolescentes, lo cual constituye un aporte muy valioso a la reforma curricular, ya que se

2 Ibid.

plantea desde perspectivas diferentes pero complementarias: filosofía e historia de la ciencia, psicología del aprendizaje, y didáctica. Sin embargo, un hecho evidente es que cualquier innovación educativa debe partir de la formación misma del profesor de ciencia, o por lo menos, tener en cuenta la preparación profesional del docente (Blumenfeld et al., 1998; Marcelo, 1987). En nuestro país poco o nada se ha investigado acerca de las concepciones de ciencia y enseñanza de las ciencias de los profesores de ciencias en formación y en servicio (Quintanilla, 1997), como tampoco se ha investigado el impacto que tiene en los estudiantes los diversos procesos evaluativos para el logro de competencias científicas de calidad según cánones internacionales. Por referenciar sólo algunos datos, en la prueba internacional PISA aplicada en el 2000 a jóvenes de 15 años, y cuyo foco central fue la aptitud para la lectura, se encontró que entre los países pertenecientes a la OCDE, el 10% ha adquirido habilidades del Nivel 5, es decir, son capaces de evaluar información y construir hipótesis, utilizar conocimiento especializado y acomodar conceptos contrarios a las expectativas. Sin embargo, en Chile sólo el 1% de los estudiantes alcanza el nivel 5 y el 5% el nivel 4³. En la prueba TIMSS del año 1999, Chile se ubicó en el lugar 35 de 38 países participantes con resultados muy por debajo del promedio internacional, donde sólo el 1% de estudiantes chilenos se ubican en el grupo conformado por el 10% de mejores puntajes del total de alumnos evaluados en toda la muestra, frente a un 52% ubicados en los puntajes más bajos⁴. Por su parte, en el ámbito nacional, en la Prueba SIMCE 2003 de lengua castellana aplicada a jóvenes de 2° año medio, el puntaje promedio es de 253 puntos respecto de los 250 que es el puntaje mínimo satisfactorio⁵. En Matemática el puntaje promedio del total de alumnos es de 246 puntos⁶ y está por debajo del mínimo exigido. En este escenario, la formación inicial y continua de profesores de ciencia es una preocupación permanente del Estado chileno, implementándose políticas educativas que permitan impactar este ámbito con el propósito de mejorar los resultados de los aprendizajes, e instalando distintos programas que van dirigidos tanto a profesores en ejercicio (Programas de perfeccionamiento docente de básica y media, Programas de las 900 Escuelas en la Enseñanza Básica, Programas de Mejoramiento de la Calidad de la Educación en Enseñanza Media) como a profesores en formación (Programa de Fortalecimiento de Formación Ini-

3 Indicadores de la Educación en Chile (2002). http://biblioteca.mineduc.cl/documento/Indicadores_para_la_Educ.pdf

4 Santander, M. (2002) ¿Es la reforma educacional el camino para resolver los problemas del sector? Serie Informe social N° 68.

5 Prueba SIMCE 2° Medio 2003 Análisis de Resultados (2004). http://biblioteca.mineduc.cl/documento/Informe_2_Medio_2003.pdf

6 Op. cit.

cial, Programas de Perfeccionamiento para formadores de formadores). Sin embargo, los resultados a la fecha no han producido una mejora sustantiva de los aprendizajes de los estudiantes del sistema ni de la formación inicial de profesores (Ávalos, 2002).

1.5. La práctica docente reflexiva como promotora de CPC

El proceso de práctica docente bajo esta nueva orientación epistemológica, metodológica y didáctica, se estructura sobre la base de un marco teórico que une aportes del constructivismo socio-cultural, en la línea Vigotskiana (Wertsch, 1993⁷; Copello, 1997⁸), y los trabajos del grupo australiano sobre la vinculación del desarrollo de habilidades metacognitivas, los procesos de regulación del aprendizaje y la estructuración del sentimiento de *empowered* (Gunstone y Northfield, 1994⁹). Estos referentes se vinculan a través de su incorporación en la concepción de Comunidad de Aprendizaje que plantean otros investigadores como Orellana (2002¹⁰), cuyo marco teórico se refiere a la capacidad de actuación fundamentada del docente de ciencias (*praxis*), la adecuación a las condiciones del espacio concreto de trabajo, el desarrollo de la autoestima en el estudiantado, la obtención de placer en el ejercicio de la profesión docente, la capacidad de trabajo cooperativo con compañeros/as que se apoyan y se aceptan como interlocutores críticos. Como lo plantean García y Sanmartí (2006), cada profesor/a trabajando en el espacio de sus concepciones y de sus prácticas toma conciencia de ellas y las vincula a un referencial teórico que deriva en decisiones fundamentadas, o sea, que se plantea una práctica docente crítica-reflexiva. Por otra parte, en la toma de conciencia de los “¿por qué?”, “¿para qué?” y “¿cómo?”, se desarrollan habilidades metacognitivas que, a su vez, permiten la auto y co-regulación conceptual, procedimental y actitudinal del proceso, base teórica, praxiológica y pragmática sustancial, para aprender a evaluar competencias de pensamiento científico.

7 Wertsch, J. V. 1993, Voces de la mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada, Madrid, Visor.

8 Copello M. I. 1997, Formación permanente del profesorado de biología centrada en la reflexión dialógica sobre el trabajo cotidiano en el aula, Barcelona, Tesis Doctoral.

9 Gunstone, R. F. y NORTHFIELD, J. 1994, Metacognition and learning to teach, *International Journal of Science Education*- vol.16, nº 5, 523-537.

10 Orellana, I. 2002, La estrategia pedagógica de la comunidad de aprendizaje, definiendo sus fundamentos, sus prácticas y su pertinencia en educación ambiental. En Sauvé, I., Orellana, I. y Sato, M., *Textos escogidos en Educación Ambiental*. Université du Québec, Montreal.

La docencia en la escuela básica y media es un tema de preocupación pública. En los últimos años de la década del 90, el problema se ha tornado más presente en Chile, a raíz del impulso que ha dado el Ministerio de Educación a la evaluación docente. En estas circunstancias, los problemas de rendimiento de los aprendizajes que aspira a resolver el sistema, se centran en la acción y preparación de los profesores (Edwards, 1992, Gallego, 2006), implementando políticas de mejoramiento de la docencia tales como las pasantías en el extranjero y cursos de perfeccionamiento. Sin embargo, estas iniciativas no han permitido remontar la situación, y el resultado de las mediciones de aprendizajes siguen mostrándonos que quedan distancias por recorrer (Sierpinska & Lerman, 1996). Ello estaría también señalándonos que los procesos de formación y actualización docente, como parte de una actitud de aprender a enseñar para y durante la vida profesional, son más complejos de lo que se les considera en las intervenciones más frecuentes, pues los cambios en la forma de aprender a enseñar ciencias que afectan a los profesores en ejercicio, están acentuando la idea de que la responsabilidad de la formación recae cada vez más en los propios profesionales. Por tanto, hacer de nuestras escuelas espacios de desarrollo profesional continuo en los que no sólo se enseña ciencias, sino en los cuales los profesores aprenden a ser mejores docentes, representa el gran giro que necesitamos, una formación dirigida a asegurar un aprendizaje de alto orden y calidad en nuestros estudiantes comprometida con la innovación y la actualización que supere el tradicional aislamiento que caracteriza a la profesión docente. Una formación que consolide un tejido profesional a través del uso de las redes de profesores y escuelas y que facilite el aprendizaje flexible e informal. Una formación en definitiva que contribuya a *re profesionalizar* la docencia científica (y con ello a resignificarla) frente a aquellos que pretenden simplificar la complejidad del acto de enseñar las teorías y las leyes de la ciencia (Appleton & Asoko, 1996; Coble & Koballa, 1996).

1.6. La evaluación de CPC y el enfrentamiento a la resolución de problemas

¿Qué hace que la evaluación de los aprendizajes científicos por resolución de problemas sea tan importante en el desarrollo de competencias y habilidades científicas en el estudiantado? Una posible respuesta puede encontrarse en los procesos de educación formal en el aula, los cuales están íntimamente ligados a cuestiones fundamentales del quehacer pedagógico heurístico, pues de alguna manera determinan y modelan en parte el cómo y qué es enseñado y aprendido por los estudiantes. No es difícil percibir que alrededor de la docencia científica tradicional giran prácticas pedagógicas y normativas bastante “alejadas” de la actividad cien-

tífica del mundo real, pero sobre todo, sistemas de creencias y concepciones epistemológicas de los profesores de ciencia que son resistentes al cambio (Gunstone y Northfield, 1994, Quintanilla, 2003). Esto se evidencia al indagar en las formas en que los profesores organizan su docencia: los plazos, contenidos, actividades, estrategias e instrumentos de evaluación, prácticas experimentales entre otros, los que se encuentran influenciados exclusivamente por un currículo estructurado de la comunidad escolar. Respecto de los alumnos, éstos organizan su tiempo y actividades de estudio, tanto dentro como fuera de la sala, en función de las evaluaciones formales a las que serán sometidos, a tal punto que el aprendizaje para ellos está determinado por las buenas o malas calificaciones que obtengan en las asignaturas científicas, y rara vez piensan en su proceso de formación y desarrollo de este aprendizaje (Labarrere & Quintanilla, 2006). Es así también como, a través de la evaluación, se va generando un clima especial en el aula, y se van construyendo percepciones sobre el propio aprendizaje y las posibles expectativas de éxito o fracaso, por nombrar algunos aspectos más evidentes. Esto responde a una visión estática del conocimiento científico, reproductiva desde la lógica de la evaluación, pero que no contribuye a una enseñanza comprensiva para interpretar los fenómenos del mundo con teoría y favorecer así su transformación y desarrollo (Izquierdo, 2005, Marbá et al., 2006, Quintanilla, 2005). En este ámbito, y como veremos posteriormente, la evaluación de los aprendizajes y de la propia enseñanza ocupa un rol principal.

En nuestro tiempo, la problemática mayor de la evaluación, y en particular de la evaluación de competencias, corresponde a la medida en que ella penetra y refleja no sólo la naturaleza de la competencia sino del sujeto competente. De manera particular, nuestras investigaciones más recientes, resultados de proyectos FONDECYT (1070795, 1095149), han mostrado que entre los profesores existe una marcada *tendencia hacia los productos*, y consustancialmente, la competencia resulta evaluada fundamentalmente a partir de los resultados obtenidos por los estudiantes, desconociendo o quedando a la sombra los procesos formativos que transmiten una idea desajustada, cuando no falseada, del desarrollo del sujeto. De esta manera, tras el lugar ya común de que la enseñanza de las ciencias se dirige esencialmente hacia los procesos, nuestro foco de investigación desde el año 2007 ha evidenciado que este *mutis* desperfila el trabajo docente formativo y lo hace incapaz de trascender el aquí y el ahora e ir más allá de lo aparente. Puntualizamos que una actividad docente dirigida a la formación de pensamiento científico del sujeto competente respecto a los problemas de la ciencia, debe ocuparse de los procesos en sí mismos, aunque lógicamente sin abandonar los productos. Es así como nuestra investigación actual está perfilada a promover que los profesores

traigan a primer plano los procesos formativos que crean las condiciones para el genuino desarrollo de un sujeto competente en las ciencias y ante los problemas que ella entraña, razón por la cual postulamos la necesidad de un tránsito hacia procesos formativos donde la evaluación no esté desconectada de los procesos de aprendizaje como ocurre en la actualidad, y donde comprendan y aprendan a valorar las potencialidades, generando indicadores que den cuenta del verdadero desarrollo de los estudiantes, y avances más allá de estándares inmutables y pre-determinados (Quintanilla et al., 2009). Somos proclives a afirmar que mientras no se haga realidad el cambio de orientación hacia los procesos, no sólo aquellos susceptibles de ser entendidos como procesos estratégicos e instrumentales de solución, sino aquellos conectados con el desarrollo, la enseñanza de las ciencias continuará encerrada en los márgenes de lo circunstancial y transitorio, y no tendrá acceso a las dimensiones reales de la formación. Los principales hallazgos de nuestra investigación FONDECYT 1070795 (2007-2009), dejan en evidencia un conjunto de deficiencias ligadas a la evaluación de CPCs, brevemente explicitadas a continuación (Quintanilla & Labarrere, 2008; Quintanilla, 2012).

- Insuficiente representación en torno a la competencia y particularmente el sujeto competente.
- Tratamiento de la competencia totalmente centrada en una perspectiva o dimensión individual, en detrimento de los componentes colectivos de la competencia y el actuar competente.
- Marcado acento en los productos del aprendizaje y en detrimento de los procesos.
- Empleo de criterios del actuar competente, que sólo de manera indirecta reflejan la competencia (por ejemplo, al tratar la CPC no se trabaja con indicadores de pensamiento como son las capacidad de análisis, la inferencia, la planificación y orientación, etc.).
- Diseño de situaciones formativas que incluyen tareas y situaciones que no corresponden a verdaderos problemas científicos escolares.
- Tratamiento insuficiente de los concomitantes afectivos y valorativos del actuar competente.
- Andamiajes para el desarrollo de la competencia que generan automatismos a destiempo y, por tanto, se convierten en obstáculos para una conducta flexible y creativa del estudiantado.

- Tendencia a infravalorar la configuración personal en el tratamiento de la competencia específica (argumentar, explicar).
- Trabajar con un modelo de competencia *cristalizada*, sin tener suficientemente en consideración su génesis y posibles etapas de desarrollo.
- Insuficiente trabajo con los productos del actuar competente, inscribiéndolos únicamente en el contexto académico, sin poner de relieve su proyección en el contexto de la ciencia y en su impacto como factores generadores de cambio a nivel personal y, sobre todo, de los espacios culturales donde tiene lugar la acción del estudiantado.

Las anteriores han sido limitaciones que marcan tanto la evaluación como la formación real de las competencias, es decir, del sujeto competente ante la ciencia y sus problemas. Obviamente, al estar ligadas a una insuficiente representación de la competencia de pensamiento científico, han entrañado también una insuficiente o inadecuada evaluación del desarrollo de la competencia y, de hecho, a la formación plena del sujeto competente en el aula de ciencias.

La carencia de un cuerpo teórico de conocimientos en didáctica de las ciencias, vinculado a las prácticas de enseñanza científica y reconocido por el profesor, es quizá uno de los mayores problemas que evidencian esta situación, y que queda manifiesto a la hora de promover competencias de pensamiento científico de calidad en sus alumnos, mediante el enfrentamiento a la resolución de problemas. El proceso de cambio conceptual en ciencia y en enseñanza de las ciencias, exige el diseño de una propuesta alternativa que tenga en cuenta los avances de la investigación en didáctica de las ciencias, y al mismo tiempo, le permita al profesor cuestionar el saber y el saber-hacer, relacionados con su acción docente y profesional cotidiana (Claxton, 1994, Estaña, 1996, Izquierdo, 1995, Sierpiska & Lerman, 1996). Algunos de los resultados de investigaciones a nivel mundial, acerca de la enseñanza de las ciencias y la resolución de problemas, muestran que así como los alumnos llegan a clase con ideas personales respecto a los fenómenos, los profesores de ciencias también desarrollan sus propias concepciones frente a la enseñanza, la evaluación y el aprendizaje de los diferentes contenidos específicos. Sin embargo, durante la formación inicial y continua del profesor de ciencias, dichas visiones raramente son consideradas y en consecuencia, no se les prepara para asumir puntos de vista críticos frente al saber, y mucho menos frente a su quehacer pedagógico, lo cual sería posible si durante los cursos de formación inicial y continua hubiese espacio para la reflexión, la interacción social y la regulación de aprendizajes de manera permanente, favoreciendo la comunicación de la ciencia en un espacio en que el lenguaje y el pensamiento teórico tienen una

importancia relevante (Copello, 2006, Marbá et al., 2006, Pessoa, 2006, García & Sanmartí, 2006). En este orden de ideas, las investigaciones de los últimos años enfatizan la relación entre la metacognición y aprender a enseñar para el logro de competencias científicas de calidad, pues se argumenta que la metacognición es central para promover los cambios apropiados en el desarrollo del profesor, no solo en lo relativo a sus ideas acerca de la enseñanza y el aprendizaje, y los roles de docente y alumno, sino también acerca del contenido de la disciplina, sus habilidades y los fundamentos epistemológicos básicos que deben dominar, los cuales deben ser coherentes con sus prácticas evaluativas en el desarrollo de dichas competencias científicas en sus estudiantes (Appleton & Asoko, 1996, Coble & Koballa, 1996; Jickling, 1992).

1.7. La evaluación por/de CPC. ¿Un desafío posible en el aula de ciencia?

En la actualidad, existe bastante consenso en las instituciones formadoras de profesores de ciencia respecto a que la enseñanza basada en el enfrentamiento a la solución de problemas científicos en la escuela, es uno de los medios principales para el desarrollo del 'pensar teórico' y el desarrollo de competencias (Schoenfeld, 1985), e incluso como ha afirmado uno de nosotros (Labarrere, 1997; Hopkins, et al. 1996; Rauch, 2000), para propiciar la formación de una *cultura científica - escolar* en los alumnos, que favorezca así mismo ambientes de aprendizaje creadores y ricos en densidad metacognitiva. El tránsito al pensamiento científico y la cultura en este dominio del conocimiento, como aspectos primarios a atender en la transposición didáctica, marca una toma de conciencia de que el aprendizaje basado simplemente en la adquisición de conocimientos, y el desarrollo de recursos algorítmicos y heurísticos resultan insuficientes para que el alumno alcance una verdadera competencia en la comprensión de los fenómenos científicos. En este sentido, también se reconoce la necesidad de trascender la representación del alumno individual como sujeto del aprendizaje, y se comienza a considerar un "sujeto colectivo", es decir, el grupo de alumnos que trabaja en equipo, y actúa como comunidad generadora de conocimientos y procesos básicos, a partir de los cuales se debe llevar a cabo la educación científica de los alumnos, bajo ciertos modelos de realidad, conocimiento y aprendizaje donde la didáctica de las ciencias establece un dominio propio de significados. Es evidente entonces, la necesidad de conducir oportuna e intencionadamente a los estudiantes hacia ámbitos más amplios, y a la vez profundos, acerca de la ciencia, su método y naturaleza (Martínez & Rué, 2004, Rauch, 2002, 2004; White, 1979). En esta dirección (consciente teóricamente), el enfrentamiento a la resolución de problemas desempeña una

función clave, puesto que nos interesa potenciar un marco lógico que contribuya a una explicación científica escolar, teóricamente fundamentada y autorregulada. Sin embargo, estamos seguros de que la cuestión principal radica en trascender la simple preparación de los estudiantes para enfrentar y solucionar problemas, y pasar a un contexto cultural y didáctico de acción, en el que ellos mismos puedan emplearlos con fines más extensos y profundos, haciéndolos un medio para lograr niveles mayores en su desarrollo personal y social, al tiempo que son capaces de acceder a competencias científicas que representen una combinación de atributos en relación a conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades, que describen los resultados de un programa educativo (Proyecto Tuning)¹¹, en este complejo entramado de necesidades, condiciones y acciones, las cuales apunta a la evaluación de las competencias para enfrentar los nuevos ámbitos de conocimiento científico que cobran un relieve y proyección diferente al tradicional (Quintanilla et al., 2010)

Partimos de la base de que la construcción del conocimiento científico puede darse en la confrontación sistemática con base en el error, la auto corrección por aproximaciones sucesivas que parten de las ideas previas de los estudiantes, en relación a tópicos científicos específicos y que tienden a modificarlas hasta llegar a elaboraciones conceptuales más cercanas a las científicas. Así, la construcción del conocimiento se hace activa, racional, emocional y pragmática, contribuyendo a la formación científica, a la autonomía en el aprendizaje: el estudiante se concibe como un pensador activo que construye significados personales, y desarrolla su sistema de pensamiento a través de un ejercicio intelectual individual y social, que le permite plantearse preguntas y explicaciones, discutir sus ideas, cometer errores, y encontrar sus propias soluciones al problema en diferentes planos de análisis de la situación problematizadora que propone el profesor (Labarrere & Quintanilla, 2002, Zeichner & Liston, 1991).

1.8. Promoción de CPC¹² ¿qué cambia en el aprendizaje de las ciencias?

Los conocimientos científicos se generan a partir de la necesidad de resolver si-

11 Proyecto de mayor impacto que han lanzado las universidades europeas para responder a la Declaración de Bolonia y al Comunicado de Praga. Ver Tuning Educational Structures in Europe, Informe Final, U. Deusto.

12 Extracto del artículo La solución de problemas científicos en el aula desde los planos de análisis y desarrollo, publicado por Labarrere & Quintanilla en *Pensamiento Educativo*, Vol. 1, 2002. Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile.

tuaciones problemáticas, que requieren planteamientos nuevos desconocidos hasta ahora. Por eso nos parece necesario que el estudiantado, en el proceso de su formación, tenga ocasión de enfrentar auténticos problemas con la ayuda del profesorado y de ensayar las estrategias de solución que contribuyen a ampliar sus conocimientos. Así entonces, si los tipos de problemas tienen la facultad de desarrollar competencias de “resolver problemas” (como lo hacen de hecho los científicos en el mundo real) como un procedimiento para aprender, entonces haremos “problemáticos” los ejercicios que se plantean en la clase (Bodner & Herron, 2003, Izquierdo, 2005, Toulmin, 1977). Insistimos en el hecho de que “resolver problemas” no signifique una “tarea de hacer”, sino “una actividad científica” con la cual los estudiantes generen los nuevos conocimientos que se consideran fundamentales para convertirse en “profesionales competentes en el campo de las ciencias o donde sea que se desarrollen”, una vez terminada la enseñanza media. Para avanzar en esta dirección, nos proponemos analizar los problemas que se plantean en la clase de ciencias, para identificarlos y caracterizarlos según los planes de estudios vigentes, y establecer con qué frecuencia y calidad son “situaciones problemáticas” que pueden ser evaluadas sobre la base de la diversidad de nuevos conocimientos (conceptuales, procedimentales y valóricos), que los estudiantes que aprenden ciencias han de adquirir con el propósito de desarrollar determinadas competencias (Izquierdo, 2005) y, a la vez, resultan un verdadero acicate para el desarrollo de un pensamiento realmente científico, capaz de enfrentar las complejidades consustanciales al mundo globalizado y altamente conectado en que vivimos, y en el cual los problemas parecen tocarse desde contextos que antes considerábamos lejanos, pero que hoy se muestran en estrecha interconexión e interdependencia.

El centro de nuestra argumentación se fundamenta en el hecho de que, para promover y estimar el desarrollo del pensamiento científico de los alumnos, es necesario tener en cuenta el sentido que cobra su implicancia en actividades de solución de problemas, además de poner de manifiesto las transformaciones esenciales que se producen en ellos como sujetos independientes y competentes, así como en los grupos como totalidades cuyas diferencias individuales aportan a la confluencia de objetivos comunes, en un proceso centrado en la tarea y en las “condiciones de aprendizaje”. En este sentido, intentamos una aproximación a las repercusiones deseables que, para los estudiantes, deben tener los procesos de solución de problemas científicos, concebidos con fines de alcanzar transformaciones profundas, no sólo en sus estructuras de conocimientos específicos y de los recursos formales, axiomáticos y/o heurísticos, sino sobre todo, en aquellas que definen el sentido personal de esa actividad escolar, y las posibilidades de operar

sobre su propio desarrollo a través de ella, en un ambiente de comprensión teórica de las mismas actividades y de los criterios u obstáculos para lograrlas (Carbonell & Furio, 1987 ; Labarrere & Quintanilla, 2006).

Es común representarse el proceso de solución sólo como un enfrentamiento del alumno con el problema. En este enfrentamiento (la mayoría de las veces tensionante) el estudiante trata de penetrar cada vez más profundamente en los aspectos desconocidos de la situación, de comprender mejor de lo que se trata el problema, y hallar los instrumentos más adecuados que le permitan tener acceso a la solución deseada "por el profesor" (Copello,2006). En esta visión del proceso de solución de problemas, los hechos que resultan relevantes para la acción pedagógica y didáctica tienen relación sólo con lo que ocurre en la interacción del alumno con el problema, o la situación que le ha sido planteada o a la que él mismo ha concluido (Estaña,1996). Sin embargo, uno puede cuestionarse si en realidad esta forma de comprender los procesos de solución de problemas científicos en la escuela, como proceso que transcurre sólo como enfrentamiento del alumno con la situación, se ajusta a lo que en realidad ocurre cuando el estudiante resuelve los problemas; si es, además, la representación más adecuada para entender y llevar a cabo los actos (intencionales) dirigidos al desarrollo sistemático de los estudiantes (Claxton, 1994; Labarrere & Quintanilla, 2002). Así, se han distinguido por ejemplo dos planos: el relativo al *contenido*, vinculado con las representaciones respecto al problema y a las acciones y operaciones que es posible realizar para su solución, y el plano del *sentido*, relacionado con el significado personal que alcanzan dichas acciones y operaciones. Nosotros hemos diferenciado tres planos fundamentales en el abordaje de problemas científicos en el aula: *el instrumental-operativo, el plano personal-significativo y el plano relacional o social, o plano cultural de transferencia* (FONDECYT 1070795).

En un sentido bastante relativizado, puede asumirse que el desplazamiento por alguno de los planos o de un plano a otro, presupone cierta "desconexión" más o menos duradera de los otros planos. Así, cuando un estudiante está tratando de establecer el contenido científico de un problema, sus tramas (o redes) estructurales, y los posibles instrumentos de acceso, entonces al mismo tiempo no podrá situarse en los significados científicos de la actividad, ni tampoco en el plano relacional en el que estos contenidos y significados cobran valor, sobre los supuestos didácticos que estamos sustentando en estas ideas. Podría pensarse que, los casos en que se pide ayuda para solucionar un problema científico, es decir, cuando se busca la solución mediante el soporte del otro (el grupo/el profesor), sean evidencias del desplazamiento, por los planos instrumental operativo y social, a la vez; pero aunque asumiéramos que la ocurrencia de los hechos aquí resulta si-

multánea, debemos recordar que la acción en el plano relacional-cultural, como la hemos definido, requiere de un acceso más o menos consciente, y por tanto, es imposible que ambas finalidades emerjan al unísono en la conciencia, tanto del sujeto que aprende como en el marco lógico del profesor de ciencia. La real y plena formación del sujeto competente implicaría el conocimiento, la capacidad e igualmente la disposición para “desplazarse” por los tres planos, indicando así una aproximación coherente a la solución de problemas y sería, igualmente, un indicador de desarrollo del sujeto.

El centro de nuestra argumentación teórica se basa en el hecho de que, para promover y estimar el desarrollo continuo y progresivo del pensamiento científico y profesional de los estudiantes que aprenden física, química y biología, es necesario tener en cuenta el sentido que cobra su implicación en las situaciones y actividades evaluativas, mediante estrategias dirigidas a favorecer la participación progresiva de los alumnos en los ámbitos evaluativos que realizan la función vinculante con el desarrollo progresivo y complejo del estudiante (Labarrere & Quintanilla, 2002). De esto, no hay estudios en Chile que permitan potenciar las prácticas evaluativas como un proceso de enseñar a pensar a los alumnos con teoría los hechos del mundo, y desarrollar en ellos la motivación y el interés por estudiar ciencias a un nivel profesional. Esto es lo que quisiéramos potenciar en nuestra investigación con los profesores de química y biología. Igualmente, postulamos que la formación de competencias de pensamiento científico para la solución de problemas entraña la necesidad de abordar la tarea con una aproximación genética, que tenga en consideración la configuración personal del sujeto, y los diferentes momentos del desarrollo de la competencia, hasta sus momentos maduros o cristalizados, donde ésta emerge como una formación altamente personalizada, flexible y estable. La evaluación y el sistema pedagógico que la sustenta, deben ser altamente sensibles a estas exigencias.

1.9. Evaluar la actividad científica escolar y desarrollar las CPC: ¿con qué mirada?

Como lo hemos planteado en otros artículos de divulgación y conferencias en la misma materia, en la actualidad existe bastante consenso en las instituciones formadoras de profesores de ciencia respecto a que la enseñanza de la solución de problemas científicos en la escuela, es uno de los medios principales para el desarrollo del ‘pensar teórico’ y para propiciar la formación de una “cultura científica – escolar” en los alumnos, que favorezca así mismo ambientes de aprendizaje creadores y ricos en densidad metacognitiva (Angulo, 2008; Copello, 2001; Labarrere &

Quintanilla, 2002). Nuestra idea original es introducir en la discusión tres procesos fundamentales, a saber: los fundamentos epistemológicos y las concepciones teóricas de la formación científica del profesor, las racionalidades teóricas acerca de la evaluación y la práctica pedagógica en el aula, y el desarrollo de planos de análisis de resolución de problemas científicos en el aula en ambientes intencionados de evaluación. Todos estos ámbitos, ampliamente investigados y documentados por especialistas en la materia, permiten comprender en profundidad y amplitud las lógicas evaluativas de los profesores de ciencia, y contribuir a identificar y caracterizar el tipo de competencias y habilidades científicas que desarrollan en sus estudiantes mediante la resolución de problemas científicos en el aula¹³. Por tanto, el tránsito al pensamiento científico y la cultura en este dominio del conocimiento, como aspectos primarios a atender en la transposición didáctica, marca una toma de conciencia en la que el aprendizaje basado simplemente en la adquisición de conocimientos y el desarrollo de recursos algorítmicos y heurísticos, resultan insuficientes para que el alumno alcance una verdadera competencia en la comprensión de los fenómenos científicos (Cardelhead, 1991). En este sentido, también se reconoce la necesidad de trascender la representación del alumno individual como sujeto del aprendizaje, y se comienza a considerar un “sujeto colectivo”, es decir, el grupo de alumnos que trabaja en equipo y actúa como comunidad generadora de conocimientos y procesos básicos, a partir de los cuales se debe llevar a cabo la educación científica de los alumnos bajo ciertos modelos de realidad, conocimiento y aprendizaje, donde la didáctica de las ciencias establece un dominio propio de significados (Izquierdo, 2005, Labarrere & Quintanilla, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, el principal objetivo de nuestras investigaciones lo constituye la reflexión acerca de cómo favorecer el tránsito, desde una cultura reproductiva de la ciencia escolar, hacia un campo de interacción entre los sujetos que aprenden y los objetos de conocimiento que se ponen en juego de manera problematizadora, para aprender a pensar con modelos las teorías y lenguajes propios de la actividad científica. Nuestro propósito es reflexionar acerca de cómo identificar, caracterizar y evaluar competencias de pensamiento científico que se requieren para un nuevo modelo del conocer y el hacer, y emplear la ciencia al servicio de la sociedad (Coble & Koballa, 1996; Díaz, 2005; Espinte, 1989). Se asume una perspectiva que incorpora la noción de sujeto competente y la evaluación de competencias de pensamiento científico, en correspondencia con las representaciones de las metaciencias como epistemología, de la historia de las

13 Extracto de la Conferencia presentada por el autor de este proyecto en el Foro Nacional de las Competencias Científicas, Bogotá, Colombia (octubre de 2005).

ciencias y la didáctica de las ciencias desde una orientación naturalizada. Este enfoque es relevante, puesto que no hay investigaciones específicas, al menos en Chile, que vinculen el conocimiento epistemológico de los profesores de ciencias naturales con sus prácticas docentes evaluativas a un nivel de formulación de modelos didácticos para el desarrollo de competencias y habilidades científicas en los estudiantes.

1.10. Hacia el desarrollo y caracterización de un modelo de evaluación de CPC

En la configuración de un nuevo marco educativo global, habría que dar un paso adelante en la perspectiva de superar la dependencia de la formación, la enseñanza y el aprendizaje, respecto de los hábitos y modelos “clásicamente académicos” de la evaluación. La actividad que el estudiante desarrolla lo hace consciente de sus errores, y éstos se transforman en un vínculo para acceder y re-construir un conocimiento científico de mayor complejidad, evitando que, en un primer momento, lo que parece comprendido e integrado, sea olvidado, dejando resurgir las representaciones que se creían superadas (Caamaño & Carbonell, 1995). A menudo, es difícil para el profesor profundizar en las ideas que tienen los alumnos, sumado a que habitualmente se dedica poco tiempo a interpretar el significado que tiene para él o para ella una afirmación inesperada que surge en un intercambio de ideas. Por eso, se recomienda recurrir a los instrumentos que se han diseñado desde la investigación en didáctica de las ciencias, y desarrollar competencias y habilidades para la interacción social y asegurar así la regulación de los aprendizajes en un marco estratégico-evaluativo más amplio y significativo para el estudiante que aprende química o biología. Sea cual fuere la metodología usada por el profesor, debe ayudar a identificar obstáculos en la comprensión de los fenómenos científicos y formas de superarlos, a identificar criterios para sistematizar, organizar y comunicar el conocimiento que se aprende, modificar explicaciones, señalar los errores, los razonamientos inconsistentes y los argumentos que se basan en supuestos inaceptables; hacer que el alumno se dé cuenta de que generaliza inadecuadamente o de que no lo hace, ya que constituyen interpretaciones alternativas ante un hecho o fenómeno. Las actividades de aprendizaje y desarrollo deben procurar que el estudiante use los nuevos conceptos en la explicación de hechos, que se formule preguntas, ponga en práctica y potencie su sistema personal de aprendizaje de las ciencias, vinculando sus representaciones con el mundo real y con la propia génesis del conocimiento científico en la historia. Al respecto, hemos adelantado algunas investigaciones que pueden ser útiles en este sentido, y que reportan hallazgos de nuestros tesis de licenciatura, maestría y doctorado

vinculados a los proyectos FONDECYT 1070795 y FONDECYT 7070143 (Camacho & Quintanilla, 2008; Cuéllar y Quintanilla, 2008; Quintanilla et al., 2007; Ravanal & Quintanilla, 2008).

1.11. Síntesis del capítulo

En este capítulo hemos procurado entregar las directrices epistemológicas generales acerca de la complejidad de investigar en la evaluación de CPC. Nos parece que una profundización teórica y empírica con profesores de “verdad”, en aulas “de verdad”, con estudiantado y problemáticas “de verdad”, puede resultar sugerente a la investigación en didáctica de las ciencias, puesto que:

- Entrega un diagnóstico inicial acerca de la noción de evaluación de competencias de pensamiento científico que promueven los profesores de ciencias.
- Mejora los valores de los indicadores sobre aprendizajes significativos en química y biología que arrojan los diagnósticos (TIMMS, PISA, SIMCE, PSU).
- Proporciona nuevos elementos conceptuales y pragmáticos acerca de los instrumentos y estrategias de evaluación de CPC y el sujeto competente.
- Proporciona criterios de análisis teórico-metodológicos para el desarrollo, caracterización y validación de un modelo de evaluación de CPC, que superen los niveles tradicionales, más abiertos y acorde a los requerimientos de una sociedad cada vez más industrializada, y de crecientes avances científicos y tecnológicos.
- Involucra más directamente al profesorado de ciencias con su propio perfeccionamiento continuo, como parte de sus tareas habituales en la escuela. Con esta investigación se avanza a una alternativa sustentable, que entrega a la comunidad científica y educativa propuestas de evaluación de CPC específicas.
- Por su parte, colabora a mejorar las prácticas evaluativas en el aula, yendo más allá de las recomendaciones metodológicas, ya que incluye, además, el clima psicológico-social del aula y las características de la relación profesor-alumno, el pensamiento de los profesores sobre temas de la enseñanza de las ciencias naturales, y de los aprendizajes en su accionar profesional, entre otros.

- Genera una experiencia piloto entre los profesores de ciencia que participan en la investigación, para contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación científica, destacándose la colaboración entre los centros docentes de los profesores y el Grupo de Investigación de la PUC.

Finalmente, resulta importante destacar que muchos de los aspectos que hemos presentado en este capítulo, en la actualidad resultan objeto de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales y de las matemáticas (particularmente en el grupo GRECIA-UC). Nos hemos atrevido a formularlos sobre todo desde una perspectiva polémica, con la esperanza de que puedan incorporarse a la reflexión conjunta de los especialistas en evaluación, profesores de matemática y ciencias, así como de otras disciplinas, e igualmente los profesionales en formación, conscientes de que ésta es una de las vías para generar nuevos y más potentes esquemas referenciales, en nuestra actividad pedagógica y de formación profesional, en el área de las ciencias y las tecnologías en la educación primaria, secundaria y universitaria.

Referencias bibliográficas

- Angulo, F.** (2008). La reflexión de los profesores de biología en el aula. Un estudio de casos. En: *Área y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales*, Merino, C., Gómez., A. & Adúriz-Bravo, A. (Coord.) Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, 2008. ISBN 84-920738-2-9.
- Adúriz-Bravo, A.** (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A.** (2002). Naturaleza de la ciencia y formación epistemológica del profesor. Citado en: *Didáctica y Construcción del Conocimiento Disciplinar en la Escuela*. Vol. 30. pp. 315-330. RPE. Facultad de Educación PUC.
- Angulo, F.** (2002). Formulación de un modelo de autorregulación de los aprendizajes desde la formación profesional del biólogo y del profesor de biología. Tesis Doctoral. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Appleton, K. & Asoko, H.** (1996). A case study of teacher's progress toward using a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science, *Science Education*, 80(2): 165 –180.
- Ávalos, B.** (2002). Profesores para Chile. Historia de un Proyecto. Mineduc. p. 43.
- Blumenfeld, P.** et al. (1998). Teaching for Understanding. En B. Biddle et al. (Eds.). *International Handbook of Teachers and Teaching*, London, Kluwer, p. 819-878.
- Bodner, G. M. & Herron, D.** (2003). "Problem-solving in Chemistry" a Chemical education: Towards a Research-Based Practice. Gilbert I alters (eds). Dordrecht: Kluwer. p.235-261.
- Cardelhead** (1991). Images of teaching: student teachers early and conceptions of classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 7(1), 1-8.
- Caamaño, A. & Carbonell, F.** (1995). Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), p. 198-200.

- Carbonell, F. & Furio, C.** (1987). Opiniones de los adolescentes respecto del cambio sustancial en las reacciones químicas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 3-9.
- Claxton, G.** (1994). *Educación de mentes curiosas*, Editorial Aprendizaje Visor, Madrid.
- Coble, C. & Koballa, T.** (1996). *Science Education*. En Sikula, J., Buttery, T. & Guyton, E. (eds). *Handbook of research on Teacher Education*.
- Copello, M. I.** (2006). Diarios dialógicos reflexivos en la formación inicial del profesorado de biología. En *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo(eds). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p. 187-210, Cap. 9.
- Copello, M. I.** (2001). La interacción maestra-alumnado en el aula: Dilemas sobre acciones favorecedoras del acercamiento entre los significados en relación a contenidos en ciencias naturales (Tesis de Master no publicada). Departamento de Didáctica de las CCCEE y de las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Copello, M. I.** (1997). Formación permanente del profesorado de biología centrada en la reflexión dialógica sobre el trabajo cotidiano en el aula, Barcelona, Tesis Doctoral.
- Camacho, J. & Quintanilla, M.** (2008.) *Enseñar a argumentar en la clase de química*. Actas del VIII Congreso de Historia y Filosofía de la Ciencia del Cono Sur, Montevideo, Uruguay. Publicación FONDECYT 1070795.
- Cuéllar, L. & Quintanilla, M.** (2008.) *La historia de la química en la formación de profesores. Un estudio colectivo de casos*. Actas del VIII Congreso de Historia y Filosofía de la Ciencia del Cono Sur, Montevideo, Uruguay. Publicación FONDECYT 1070795.
- Champagne, A., Gunstone, R. & Klopfer, L.** (1982). A perspective on the differences between expert and novice performance in solving physics problems. *Research in Science Education*, 12(1), 71-77.
- Díaz, L.** (2005.) Representaciones docentes de la matemática del cambio. Proyecto de Investigación Diumce 35/06. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago de Chile.
- Espinet, M.** (1989). *La formación de profesores de ciencia: análisis y obstáculos de un currículo basado en contenidos*. Documento de Trabajo. UAB
- Estaña, J.** (1996). *La importancia de los ejemplos en las explicaciones de los estudiantes de ciencias*. Tesina de Master. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Edwards, V.** (1992). *Hacia la construcción del Perfeccionamiento docente*. Informe del Seminario Cómo aprende y cómo enseña el docente. Santiago de Chile: PIIE.
- Edwards, C.** (1977). Problems and promise of competency-based science teacher preparation. *Science Education*, 61(41), 519-525.

- Gallego, R. et al.** (2006). La formación inicial de profesores de ciencias naturales en Colombia. En *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo (eds.). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p. 211-238, Cap. 10.
- García, P. & Sanmartí, N.** (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo (eds.). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p.279-288, Cap. 13.
- Giere, R.** (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra junio 1999, p 63-69.
- Giere, R.** (1992). Cognitive models of Science, XV-XXVIII. In *Cognitive Models of Science*. Giere, R. (Ed.). Minneapolis: University of Minnesota Pres.
- Giere, R.** (1988). *Explaining Science*. Chicago: Chicago University. (Trad.Cast.: *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*, 1992). México: CONACYT.
- Gore, J. & Zeichner** (1990). Teacher socialization. En *Handbook of Research on Teacher Education*, Editado por W.R. Houston, 329-348. Nueva York: Macmillan.
- Gunstone, R. F. & Northfield, J.** (1994). Metacognition and learning to teach, *International Journal of Science Education*, 16(5), 523-537.
- Hopkins, C., et al.** (1996). Evolving towards education for sustainable development: An international perspective. *Nature & Resources*, 32(3), 2-11
- Hodson, D.** (1988) Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*. 72 (1). p: 19-40.
- Izquierdo, M.** (2005). Comferproblematicels problemas que no en son pro. Noves temàtiques per alsproblemes de química. En: *Resoldre problemes per aprendre Einesd'innovaciódocent en educació superior*. Server de publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona, p. 45-51.
- Izquierdo, M. & Adúriz-Bravo, A.** (2003). Epistemological foundations of schools science. *Science&Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo, M.** (2000). Fundamentos epistemológicos, en Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 35-64. Alcoy: Marfil.
- Izquierdo, M.** (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.
- Izquierdo, M.** (1995). La V de Gowin como instrumento para la negociación de los lenguajes. *Aula*, 43.
- Jickling, B.** (1992). Why I don't want my children to be educated for sustainable development. *Journal of Enviromental Education*, 23 (4), 5-8.

- Khan, P.** (1962). An experimental study to determine the effect of a selected procedure for teaching the scientific attitudes to seventh and eighth grade boys through the use of current events in science. *Science Education*, 46 (2), 115-127.
- Kuhn, D., & Pearsall, S.** (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition & Development*, 1(1), 113-129. Retrieved from Academic <http://search.ebscohost.com.ezproxy.puc.cl/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=3171395&lang=es&site=ehost-live>
- Labarrere, A.** (1997). Inteligencia y Creatividad en la Escuela. Revista Siglo 21. UNAM.
- Labarrere, A.** (1994). Pensamiento, análisis y autorregulación en la actividad cognoscitiva de los alumnos. México: Ángeles Editores.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M.** (2006). La evaluación de los profesores de ciencias desde la profesionalidad emergente. En *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo (Eds). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p.257-278, Cap. 12.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M.** (2005). Evaluación profesional del maestro de ciencia y resignificación del conocimiento científico, en: Actas del VII Congreso Internacional en Enseñanza de las Ciencias, Granada, España. Vol. Especial, p 127.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M.** (2002). La solución de problemas científicos en el aula Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo* Vol. 30, 121 – 138.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M.** (1999). El desarrollo de la creatividad en ambientes restrictivos: ¿Cómo aproximarla en la Ciencia Escolar? *Pensamiento Educativo* V. 24, 249 – 268.
- Marba, A.** et al. (2006). La lectura en el proceso de aprendizaje de los modelos científicos. En: *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. M. Quintanilla & A. Adúriz-Bravo (eds). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p. 137-160. Cap. 7.
- Marcelo, C.** (2002). Aprender a Enseñar Para La Sociedad del Conocimiento. En Education Policy Analysis Archives. Volume 10 Number 35 August 16, 2002 ISSN 1068-2341, <http://epaa.asu.edu>.
- Marcelo, C.** (1987). Introducción a la formación del profesorado. Sevilla. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Martínez, M. & Rué, J.** (2004). Les competències en la revisió dels Plans d'estudis de la UAB en funció dels paràmetres dels ECTS, ICE, UAB, 2004, Barcelona.
- Matthews, M.** (1994). Science teaching: The role of history and philosophy of science. Nueva York: Routledge.

- Mccomas, W. (Eds.)** (1998). The nature of science in science education. Rationales and strategies. Dordrecht: Kluwer.
- Maudsley, G., Strivens, J.** (2000). "Science", "critical thinking" and 'competence' for tomorrow's doctors. A review of terms and concepts. *Med Educ.* 34(1):53-60.
- Norris, S.** (1984) Defining observational competence. *Science Education* 68(2): 129-142.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B.** (1984). *Aprendiendo a Aprender*, Barcelona, Ed. Martínez -Roca.
- OKEY, J. & CAPIE, W.** (1980.) Assessing the competence of science teacher. *Science Education*, 64 (3) 279-287.
- Orellana, I.** (2002). La estrategia pedagógica de la comunidad de aprendizaje, definiendo sus fundamentos, sus prácticas y su pertinencia en educación ambiental. En Sauvé, L., Orellana, I.; Sato, M., *Textos escogidos en Educación Ambiental*. Université du Québec, Montreal.
- Pessoa, A. M.** (2006). Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. En: *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo (eds). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p. 73-90, Cap. 4
- Quintanilla, M.**, (2012) Investigar y Evaluar Competencias Científicas en el Aula de Secundaria. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 2012. Número 70. pp. 66-74.
- Quintanilla, M., Joglar C., Merino, C. & Cuéllar, L.** (en prensa). Scientific Thinking Competencies: What do Inservice Chemistry Teachers Think?
- Quintanilla, M. et al.** (2007). *El inventario de ideas previas (KPSI) como un instrumento de regulación de los procesos de desarrollo profesional de docentes de ciencias naturales en ejercicio*. Revista Pensamiento Educativo 2007, V. 22, N° 1, 97-114. Publicación FONDECYT 1070795.
- Quintanilla, M.** (2007a). Historia de la ciencia. Aportes para la formación del profesorado. V 1 Arrayán Editores., Santiago de Chile. ISBN 956-240-572-0 Publicación FONDECYT1070795.
- Quintanilla, M.** (2007b). Historia de la ciencia. Propuestas para su divulgación y enseñanza. V 2, Arrayán Editores., Santiago de Chile. ISBN 956-240-573-7. Publicación FONDECYT 1070795.
- Quintanilla, M.** (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia En: *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Quintanilla, M. & Adúriz-Bravo (eds). Ediciones PUC, Santiago de Chile, p. 17-42, Cap. 1.
- Quintanilla, M.** (2005). Identificación y caracterización de competencias científicas en el aula. ¿Qué cambia en los nuevos modelos de conocimiento? Conferencia presen-

tada en el Foro Nacional de Competencias Científicas, Ministerio de Educación, Bogotá, Colombia.

- Quintanilla, M.** (2003). Hablar y escribir la didáctica hoy: del modelo ingenuo al modelo crítico productor de conocimiento. Revista REXE Vol. 3, UCSC. Concepción, Chile.
- Quintanilla, M.** (1997). La construcción del experimento escrito y la creatividad en la clase de química. Tesis Doctoral. Publicaciones de la UAB, Barcelona, España.
- Quintanilla, M. Joglar, C., Camacho, J., Raval, E., Laberrere, A., Cuéllar, L., Izquierdo, M., Chamizo, J.** (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio? Enseñanza de las Ciencias. Vol 2. N° 2. 185 - 198.
- Rauch, F.** (2000). Schools – A place of Ecological Learning. Environmental Education Research 6 (3), 245-258.
- Rauch, F.** (2002). The Potential of Education for Sustainable Development for Reform in Schools. Environmental Education Research 8 (1): 43 -51.
- Rauch, F.** (2004). Competence Model for Teachers' Professional Practice. Klagenfurt: IFF
- Raval, M., Quintanilla, M.** (2008). De las actividades curriculares científicas “tradicionales” a las actividades científicas escolares “auténticas”. Aportes para el debate de una “nueva clase de ciencias” XXXIII Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales Almería, España, Septiembre de 2008 (Comunicación, ACEPTADA) Publicación FONDECYT 1070795.
- Reif, F. & Scott, L. A.** (1999). Teaching *scientific thinking skills*: Students and computers coaching each other. *American Journal of Physics*, 67 (9) pp. 819, 13 p.
- Sanmartí, N.** (Coord.) (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Ediciones 62.
- Sanmartí, N. & Izquierdo, M.** (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- Sierpinska, A. & Lerman, S.** (1996). Epistemology of mathematics and of mathematics education. En Bishop, A. et al. (eds), *International handbook of mathematics education* (pp. 827-876) .
- Schoenfeld, A.H.** (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press, NY. P. 409.
- Schön, D.** (1998). El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan. Barcelona, Paidós.
- Spore, L.** (1962). The competences of secondary school Science teachers. Proceedings thirty annual meeting of national Association for research in Science teaching, Chicago Illinois (1962) 319-326.
- Toulmin, S.** (1977). La comprensión humana. Paidós, Barcelona.

- Wertsch, J. V.** (1993) *Voces de la mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*, Madrid, Visor.
- White, M.** (1979). The act of discovery, en *Essays from the left hand*, Harvard, (J. Brunner, 1979, ed.). Cambridge, p.89.
- Zeichner, K. & Liston, P.** (1991). *Formación del profesorado y condiciones sociales de escolarización*, Ed. Morata, Barcelona, España.

Capítulo 2

La solución de problemas, eje del desarrollo del pensamiento y las Competencias de Pensamiento Científico de los estudiantes en matemática y ciencias experimentales¹⁴

Alberto Labarrere S.

2.1. Introducción

El presente capítulo enfoca una de las cuestiones más importantes a que se enfrenta la educación en ciencias hoy día: la necesidad de que la enseñanza se convierta, de una vez por todas, en un verdadero manantial de desarrollo del pensamiento creativo y las competencias de pensamiento de los estudiantes. Parto del criterio de que la solución de problemas (SP) es una de las vías principales que posibilita, a la vez, la formación y evaluación (diagnóstico) del desarrollo de las competencias de pensamiento de los estudiantes; sin embargo, su potencialidad en esta dirección no ha sido plasmada cabalmente.

Entre los obstáculos que se alzan ante la formación de las nuevas generaciones, las dificultades para enfrentar y resolver problemas y, sobre todo, abordarlos de manera adecuada, resulta una de las más notables. El logro de un aprendizaje por parte de los estudiantes, que evidencie el desarrollo de la iniciativa, la autonomía

14 En algunos momentos de la elaboración del documento, he tomado y reelaborado partes de producciones personales anteriores; entre ellas, de artículos que han aparecido recientemente en publicaciones, así como fragmentos de intervenciones y conferencias en congresos y otras actividades de carácter científico.

y la creatividad, no ha pasado de ser una tarea pendiente. En este contexto, la formación de competencias de pensamiento científico de los estudiantes desempeña un papel primordial; de ahí la urgencia y legitimidad de su tratamiento en el contexto de la enseñanza de las ciencias y la matemática. Mucho de la inercia creativa y de las dificultades que se presentan en el pensamiento de los estudiantes, se debe a un insuficiente tratamiento de la solución de problemas en las diversas asignaturas y particularmente en las ciencias, situación que ha prevalecido a través del tiempo y ha tenido por consecuencia un estudiante sumamente pasivo, quien la mayoría de las veces se mantiene trabajando en los márgenes de la receptividad, eludiendo toda situación que pueda significar esfuerzo cognitivo y necesidad de búsqueda individual, incapaz de avanzar más allá de lo que "directamente" ponen en sus manos (le "entregan") sus profesores.

Incluso podría decirse que la enseñanza tiene una buena dosis de culpabilidad en la resistencia y pasividad que se observa en el pensamiento de los alumnos. Tal vez no hemos estimulado el potencial que reside en cada uno de ellos, no hemos sabido organizar la enseñanza de modo que dé lugar a ese monto de desafío necesario para que enfrenten de buen gusto las tareas que les proponemos. Así, respecto al desarrollo del pensamiento de los estudiantes, hemos actuado más como freno que en calidad de factor estimulante. Este efecto de frenado, puede percibirse cuando se observan situaciones donde el aprendizaje no constituye una intencionalidad u objetivo específico que debe alcanzarse; por ejemplo, cuando frente al computador u otros equipos con tecnología de punta, los mismos alumnos se comportan mostrando un ansia de obtener información, una avidez de ella, totalmente inusual en situaciones de clases o casi siempre que ejecutan tareas que emanan de la docencia. En las situaciones cotidianas, los estudiantes no muestran reparos en tomar para sí empresas donde depositan altas dosis de actividad cognitiva; en ellas se enfrentan al desafío una y otra vez, con independencia del riesgo y "costo" cognitivo que entrañe el alcance de los objetivos trazados. Contrariamente, en las situaciones de enseñanza, el grado de motivación hacia la transformación, la experimentación y la búsqueda independiente disminuye; los estudiantes recurren a las pautas, a los caminos trillados, y sobre todo, con rechazo hacia el esfuerzo cognoscitivo que demanda la solución de problemas. Este es un panorama completamente adverso al desarrollo y despliegue de las competencias de pensamiento.

Lo afirmado no se refiere a un sistema educativo en particular, como pudiera ser el caso de Chile, sino que parece ser una impronta de tiempos donde, a pesar de años y años de cognitivismos, constructivismos y otros (acaso demasiados) *ismos*, la enseñanza no ha progresado más allá de las pautas y la preocupación por los

resultados inmediatos, no ha dejado de implementar situaciones evaluativas que se dirigen más a captar la información que tiene el estudiante, que a evidenciar cuánto se ha desarrollado como persona, a poner de manifiesto qué independencia muestra en sus comportamientos, con cuánta creatividad e iniciativa acomete los problemas y tareas a que se enfrenta y, en fin, qué cualidades le asisten como sujeto autónomo y creativo.

Con el paso del tiempo, la situación aludida parece sufrir poca modificación; en los primeros años del siglo XXI lo mismo que en el pasado, la solución de problemas y su enseñanza continúan como un escollo para la docencia. Se observan prácticamente las mismas dificultades; pero también procedimientos de acción pedagógica que en muy poco han variado, a pesar de los avances que se han producido en la concepción del sujeto que aprende matemática y ciencias experimentales (u otra materia), y en los métodos de su enseñanza. Mi exposición es un intento por analizar algunas de las causas y consecuencias que se desprenden de una situación donde el desarrollo de las competencias de pensamiento (CsP, en adelante), y el propio pensamiento de los estudiantes, se encuentran limitados. Intentaré mostrar algunas vías por las que pudiéramos encaminarnos hacia enseñanzas y aprendizajes en la matemática y las denominadas ciencias experimentales que, tomando como eje la solución de problemas, permitan el desarrollo de las CsPC.

2.2. Breve aproximación al pensamiento y sus características principales¹⁵

El término pensamiento puede ser y es aplicado a diversas y múltiples manifestaciones de la conducta del hombre. Es común que bajo esta denominación, se consideren comportamientos diferentes tales como la “simple” ensoñación, el acto de meditación de un científico que durante años ha tratado de conocer las propiedades de una sustancia, el trabajo que realiza un estudiante que se enfrenta a un problema de relativa dificultad; o que medita en torno a la manera de prepararse para un examen hasta incluso la reflexión de un profesor acerca de qué vía debe utilizar para que los alumnos asimilen conocimientos, a la vez que desarrollan las competencias cognitivas.

En buena medida, la causa, el por qué de que sean incluidas bajo una misma denominación formas de actividad aparentemente diversas, radica en que resulta muy difícil trazar en el contexto del funcionamiento psíquico del hombre, las

15 Buena parte de este epígrafe es una reelaboración de lo expresado por el autor en una publicación anterior dedicada al pensamiento (Labarrere, 2000).

fronteras que las limitan; el pensamiento no constituye, una excepción. Múltiples definiciones del pensamiento han sido ofrecidas en la Psicología, la Lógica y otras ciencias que de él se ocupan, a través de los tiempos y en los más diversos sistemas, escuelas y direcciones teóricas. Como una primera aproximación al pensamiento, nosotros asumimos que por su función, el pensamiento es un proceso sumamente complejo que le permite al hombre profundizar en el conocimiento del mundo y de él mismo como sujeto. Al pensar, el hombre penetra en capas ocultas de la realidad, establece relaciones no sólo superficiales entre las cosas; sino aquellas que no son accesibles en la inspección primaria y elemental de las cosas; y que para ser evidenciadas, requieren del despliegue de una intensa actividad no sólo mental (cognitiva); sino también práctica y emocional, pues al pensamiento le es consustancial la emoción y el sentimiento, no constituye un proceso meramente "cognitivo".

Pero además, tal como hace bastante tiempo afirmó S.L. Rubinstein:

"El pensamiento, en el auténtico sentido de la palabra, consiste en una penetración en nuevas capas de lo existente, de modo que se excava y se saca a la luz del día algo hasta en ignotas profundidades; consiste en plantear y resolver problemas del ser y de la vida: consiste en buscar y hallar respuesta a la pregunta de cómo es en realidad lo que se ha hallado, qué hace falta para saber cómo vivir y qué hacer." (1979, p. 95).

La peculiaridad del pensamiento reside en manifestarse principalmente como, en y a través de la solución de problemas. La posibilidad de considerar que el pensamiento tiene lugar predominantemente a través de la solución de problemas, se aclara cuando se analiza la cuestión relativa a sus fuentes. En la literatura psicológica existe consenso, acerca de que el acto o el proceso del pensar parte de una situación problémica. El hombre experimenta la necesidad de pensar, de organizar y dirigir su actividad cognoscitiva, cuando en el curso de su interacción con el medio se alza, como barrera, el desconocimiento que le entorpece o impide el alcance de determinados fines y productos. Esta es, expresada de manera general, la situación problémica que subjetivamente se presenta como sensación de desconocimiento, como necesidad de adquirir nueva información sobre algo; también, como desajuste motivacional. En determinado momento de su desarrollo, la situación problémica deviene problema a partir del cual tiene lugar la búsqueda más o menos organizada y dirigida del conocimiento y la información necesarios. Ciertamente, la división entre situación problémica y problema, presenta carácter relativo; pues en el pensamiento no existe de manera tajante, la separación a que ella apunta; pero, desde el punto de vista metodológico en el tratamiento y estudio de la solución y formulación de problemas, adquiere valor.

El pensamiento se manifiesta así como proceso de búsqueda, elaboración de hipótesis, razonamientos, emisión de juicios, etc. La vía fundamental para la obtención de nuevos conocimientos es la inclusión del *objeto de conocimiento* en diferentes sistemas de relaciones, a fin de ir desgajando de él nuevas propiedades. Esta actividad de inclusión progresiva en diversos sistemas de relaciones, es peculiar en toda la actividad humana orientada a la extracción de significados diferentes de los objetos y situaciones; pero es en el quehacer científico donde ella toma cuerpo de la manera más notoria. La actividad de búsqueda que realiza cualquier científico al explorar nuevos confines de un proceso, la que pone en juego cuando realiza una entrevista o trata de comprobar una hipótesis que ha elaborado, son ejemplos palmarios de este introducir al objeto en nuevos y cada vez más lejanos y relevantes sistemas de relaciones que pueden llevar de mano a la actividad creativa que, en su camino de novedad y alejamiento de lo cotidiano y lo rutinario, requiere atravesar dimensiones diferentes de las cosas. Estamos en presencia, entonces, de la solución de problemas.

Más adelante enfocaremos con cierto detalle esta compleja actividad; por ahora, a fin de revelar cómo el pensamiento aparece allí donde se enfrenta, resuelve (o bien formula) un problema, sólo dirigimos la atención hacia lo siguiente. Si uno se imagina cómo opera el hombre al resolver un verdadero problema, inmediatamente se da cuenta de que la aproximación progresiva; e incluso repentina a la solución, se produce como un acto de inclusión de los elementos conocidos en nuevos sistemas de relaciones. La muestra más eficaz de lo dicho, está en la elaboración de hipótesis que resulta común en la solución de la mayor parte de los problemas. La formulación de hipótesis muchas veces toma esta forma: "si el elemento x se incluye en A, entonces resulta posible observar z"; la aparición de z, al ser incluido x en A, nos dice que teníamos razón; de suceder lo contrario por lo común concebimos otra hipótesis. Entonces surge claramente la relación entre pensamiento y solución de problemas que conduce buena parte de este capítulo.

Que el pensamiento se manifieste predominantemente como solución de problemas, nos ofrece la clave para comprender cómo una de sus particularidades más relevantes radica en ser un proceso dirigido u orientado. En este caso por dirección, se comprende sobre todo que el pensamiento tiene lugar, la mayoría de las veces, como un acto propositivo; es decir, realizado con la intención de alcanzar determinado fin, objeto o resultado al que sólo se tiene acceso a través de la solución del problema.

Ahora bien, concebir el pensamiento como proceso dirigido, permite representárnoslo como algo que puede ser regulado por el hombre. En algún momento, S.L. Rubinstein afirmó que no es el pensamiento quien piensa, sino la propia persona. Esta idea fue expresada, fundamentalmente para destacar que en el estudio y la consideración del pensar, es un requisito tener en cuenta al hombre (que piensa) como un todo, con sus necesidades, vivencias, motivos, actitudes, etc. Y así ha sido comprendida dicha idea. De lo anterior se colige, que el pensamiento –y una vez más recordamos su función principal– puede ser regulado por el propio sujeto, ya sea consciente o inconscientemente. La regulación que el sujeto puede ejercer sobre el curso del pensamiento, en esencia no es diferente a la que se ejerce sobre otra actividad. Dos formas de regulación son posibles: La primera, es la que se ejerce a partir de la contrastación o comparación de las acciones realizadas y los productos obtenidos, con presentaciones (modelos), de lo que debe hacerse y lo que debe obtenerse en cada momento. Así, el alumno que resuelve un problema va analizando paulatinamente los resultados parciales que obtiene; y modifica, o no, su actividad (hipótesis, operaciones, etc.) en la medida en que obtenga o no, los resultados previstos. En la segunda forma de regulación –y al mismo tiempo dirección– del pensamiento, el objeto de regulación no es la actividad en la cual éste se manifiesta, sino el propio pensamiento, el sujeto regulando sus propios procesos mentales, esta es la denominada actividad metacognitiva que tan importante resulta al concebir los hechos del pensar humano. En la formación y estudio del pensamiento el acceso a la metacognición representa un momento de suma importancia. El pensamiento desarrollado presenta un alto nivel de densidad en actos cognitivos, ya sea desde el conocimiento, autoconocimiento o desde los procesos regulatorios de la actividad.

La utilización de la solución de problemas, como medio de investigación y desarrollo del pensamiento, exige ante todo un conocimiento de esta actividad y de cuáles son las características, en un sentido normativo general, de la manifestación del pensamiento en ella. Veamos detenidamente esta cuestión.

2.3. Problema y solución de problemas

Algunas aproximaciones conceptuales

Todo, o la mayor parte del desarrollo que experimentamos como sujetos culturales, en tanto personas convivientes en sociedades y grupos humanos, se produce gracias a que enfrentamos y solucionamos eficazmente problemas de índole muy diversa. Algunos tienen carácter vital y otros no, pero todos contribuyen a impulsar nuestro desarrollo. Pienso que buena porción de lo que podría designarse como

ese vivir cultural humano, se refiere a nuestra constante actividad de identificación, enfrentamiento y solución de problemas.

En la educación resulta un hecho, que no requiere argumentación adicional, como las diferentes disciplinas o materias de enseñanza recurren a los problemas, en un intento por favorecer el desarrollo de los estudiantes. En este sentido, al argumentar la importancia de la solución de problemas, la matemática y las ciencias denominadas experimentales, llevan un plus. Efectivamente, cuando en la enseñanza se hace referencia a *problemas* y *solución de problemas*, la imagen más a mano resulta la que ofrecen Matemática, Física, Química, Biología y otras materias que, de una u otra manera, suelen relacionarse con “la ciencia”. En particular la matemática resulta privilegiada, porque tal vez las primeras imágenes de problemas y de nosotros como resolutores de problemas, las tenemos asociadas a esa materia. Como veremos esa impresión es real, pero se trata de que cuando dábamos nuestros primeros pasos por la escuela, no únicamente nos enfrentamos a problemas en matemáticas, o un poco después en física y química; sino también y acaso antes, en situaciones que tenían que ver con el aprendizaje de la lectura y la escritura. Sin embargo, el enfrentamiento a problemas en materias no consideradas como “de ciencia”, resulta invisible tanto para los estudiantes como para los mismos profesores.

La invisibilidad en cuanto a *problema*, que acompaña a las asignaturas de humanidades, ciencias sociales, etc., se debe a cierta concepción que privilegia lo que denomino, ahora no sé con cuánta razón, naturaleza objetiva de los problemas¹⁶, consistente en que se define e identifica un problema, a partir de las relaciones que caracterizan al área disciplinar en cuestión. La mayoría de las veces el término “problema” se asocia en la enseñanza con determinada especificación, oral o escrita, que sitúa determinados requerimientos y que presenta ausencia de información relevante para satisfacer dichos requerimientos. Es posible identificar tales situaciones en los libros de textos, por ejemplo, bajo los acápites de *problemas para resolver*, o como ilustración para la introducción de determinada materia. En estos casos se asume que un problema presenta una estructura general, pero a la vez una específica, caracterizada esta última por el tipo de relaciones que transmiten cierta singularidad disciplinar; así, los problemas matemáticos incluyen relaciones cuantitativas, estructurales, geométricas, etc. Desde luego, como afirmo en la nota correspondiente, hoy creo que la cosa es más compleja y la noción de estructura específica, conformada por determinadas relaciones, merece cierta reconsideración.

16 Esta idea la desarrollé inicialmente en *Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas matemáticos en la escuela primaria*. Pueblo y Educación (1987 y 1990).

Retomando lo relativo a la invisibilidad de problemas en las ciencias sociales, las humanidades, lenguaje, etc., ella aparece porque no se concibe un problema como “necesidad de hacer esfuerzo cognitivo”, o sea, de generar hipótesis, hacer conjeturas, realizar deducciones, etc. Esto es lo que denomino carácter subjetivo, (y aquí vale la misma reserva hecha ante el carácter objetivo), de la solución de problemas, definiendo éste cual momento subjetivo de la persona, que suele aparecer como sentimiento de carencia, como necesidad más o menos estable y sostenida, de lograr determinada finalidad con el empleo de ciertos medios. La necesidad de realizar esfuerzo mental y a veces físico, que caracteriza el enfoque de la solución de problemas, con énfasis en el sujeto que lo enfrenta y no en la situación objetivamente descrita, se debe a que dicho sujeto no tiene acceso inmediato y directo al alcance de la finalidad u objetivo, lo cual determina la realización de acciones para alcanzarlos.

Así, puede entenderse que estamos ante un problema siempre que **el acceso a determinadas finalidades u objetivos que nos hemos trazado se haya bloqueado, o sea, que estos no son accesibles de forma directa, recuperando de forma directa y automática información accesible en estructuras mentales, o cognitivas, y se hace necesario un esfuerzo sostenido para tratar de alcanzarlos.** Por lo común, ese esfuerzo se revierte o materializa en planes, inferencias, hipótesis, etc. Pero también en bloqueos, valoraciones acerca de sí mismo como resolutor; en torno a los propios problemas y a la solución en general; todo lo cual da origen, como ha mostrado Schoenfeld (1985), a creencias que alcanzan arraigo en la persona y la acompañan a todo lo largo de la vida, no únicamente académica.¹⁷ La tentativa de aproximarse a las finalidades deseadas, determina algo así como un flujo del pensar dirigido, que arranca desde la percepción y el sentimiento de estar en presencia de una situación problémica, hasta la definición y especificación del problema que debemos enfrentar y resolver.

Más allá de la viabilidad que le consideremos, la diferencia entre la aproximación a problema desde el sujeto y desde la disciplina, tiene importancia metodológica. A partir de lo expresado más arriba, se hace evidente que no siempre resulta cierta la suposición de que se está ante un **verdadero problema**. Como señalan muchos autores, decir que estamos ante un problema, implica poder especificar que en nosotros se establece cierto compromiso cognitivo y afectivo; requiere asimismo localizar cierta intencionalidad o direccionalidad sostenida, donde nuestro interés se ve involucrado con mayor o menor fortaleza, en aras de acceder a algo con

17 Al respecto también puede consultarse nuestro trabajo con Quintanilla sobre los planos de acción y formación a través de la solución de problemas (2002).

que no contamos en ese momento y que se constituye como contradicción, incongruencia, desazón cognitiva, etc. No debe pensarse que hago referencia a la carencia meramente instrumental, sino que ésta puede situarse en cualquiera de las dimensiones que tradicionalmente han sido reconocidas como afectivas o cognitivas, acaso en las dos.

Muestra de que no siempre nos encontramos ante problemas, aunque exista alguno de los aspectos señalados, el caso de los estudiantes que ante determinada situación reconocen la carencia de información, la ausencia de recursos para llegar a determinada finalidad u objetivo y, sin embargo, no experimentan necesidad alguna de emprender acciones mediante las cuales podrían trascender tal situación o estado cognitivo. Claramente, nadie diría que en este caso se está en presencia de verdaderos problemas, simplemente porque los déficits o carencias que se experimentan, no resultan un acicate de acciones y comportamientos orientados en una dirección y que se sostienen durante cierto intervalo temporal. Desde el punto de vista subjetivo, la situación no puede ser considerada como problema, porque no genera implicación, no compromete la intencionalidad y la motivación de la persona, o en todo caso la compromete en un sentido contrario, de escape, rechazo, o simplemente negación más o menos consciente. Así, un verdadero problema existe allí donde el sujeto (individual o colectivo), experimenta la necesidad de movilizar sus recursos para alcanzar determinadas finalidades, no siempre claramente configuradas desde el inicio, en función de resolver la situación: eliminar las contradicciones o incongruencias, obtener conocimientos, transformar estados y situaciones, etc.

La connotación subjetiva permite reconocer casos donde supuestamente los profesores “colocan” o “ponen” a los estudiantes ante problemas, pero como consecuencia de la ausencia de compromiso o implicación en la situación, en realidad ni el profesor ni el estudiante se las ven con verdaderos problemas. Además, ella permite otorgar un carácter totalmente relativo a la tradicional, aunque no plenamente justificada, dicotomía entre *ejercicio* y *problema*, que sólo se legitima si se asume cierta rigidez cognitiva, sujetos abstractos, cuyo estado subjetivo permanece inalterable ante las situaciones que enfrentan. De tal manera, puede afirmarse que cualquier situación con cierto grado de complejidad, constituye un real problema para el sujeto sólo en el caso de que éste no disponga de los conocimientos, recursos cognitivos, etc., necesarios al caso, y donde se haga necesario el comienzo de un proceso de búsqueda gradual y progresiva; es decir, que se vean ante la necesidad de movilizar sus conocimientos estratégicos, pero además, que en el enfrentamiento con la situación esos recursos experimenten resistencia y se vean obligados a reestructurarse en el mismo proceso. Así,

supuestamente ante un problema, habría una notable diferencia entre quienes reconozcan la situación como perteneciente a determinada clase ya abordada anteriormente y avancen directamente hacia la solución, y aquellos que de inicio, no puedan reconocerla y se vean obligados a comenzar un proceso de búsqueda, de elaboración de hipótesis y conjeturas.

La distinción que acabo de efectuar respecto a la caracterización de "problema" desde la dimensión estructuro-disciplinar, y la que resulta de traer a primer plano al sujeto que lo asume y se aplica en la solución, tiene importancia e implicación metodológica. En primer lugar, resulta claro que ella nos informa de cuándo hemos logrado que ante los estudiantes emerjan verdaderos problemas y no pseudo-problemas; es decir, cuando verdaderamente hemos creado situaciones que requieren del esfuerzo mental, la implicación emocional y volitiva de los estudiantes, que son características del comportamiento creativo y las CsP, o solamente los hemos situado ante situaciones trilladas y relativamente inertes, para lograr verdadera movilización cognitiva y compromiso personal. Esto es importante sobre todo para situaciones de evaluación. Entender el problema desde el punto de vista del sujeto, permite también concebir diverso grado de problematicidad o dificultad asociada que puede presentar una situación, susceptible de variar de un estudiante a otro. Nos permite tomar cuenta de que los denominados ejercicios pueden ser tales para unos estudiantes, pero para otros pueden abrirse como verdaderos problemas, como resultado de la cuota de creatividad y esfuerzo cognitivo que demanden; constituyéndose en tales siempre que lancen al sujeto tras búsquedas que trasciendan el simple empleo de procedimientos conocidos.

Conjuntamente con lo anterior, la dimensión subjetiva de los problemas, se constituye en una herramienta con una importante función. En primer lugar porque opera, como expresamos, a modo de instrumento de diagnóstico del desarrollo del pensamiento, y no sólo de la posesión de procedimientos de acción propios de la disciplina; igualmente, permite recabar información acerca del nivel en que se hallan las CsP de quien enfrenta el problema. Desde el punto de vista práctico, el tener en consideración el carácter subjetivo de los problemas (y con ello del proceso de resolución), nos protege contra un error sumamente habitual en la enseñanza de las ciencias y la matemática, que consiste en lo que llamé *ayuda prematura* (Labarrere, 1989) relacionado con introducir pistas o andamiajes extemporáneos (por parte del profesor u otro alumno) dirigidos a auxiliar a aquel que presenta dificultades en la solución.

La ayuda prematura es tal, porque no tiene en cuenta la trama cognitiva, o el curso del pensamiento en el momento en que ella se introduce, resultando extemporánea y perjudicial a los efectos de la solución de los problemas y, sobre todo, del desarrollo de las competencias de los estudiantes. La ayuda que denomino como prematura, se orienta por las características externas del comportamiento que exhiben quienes solucionan problemas, y no trata de acceder al estado interno de estos, hace omisión casi total de referentes cognitivos, afectivos, etc.. que no resultan directa e inmediatamente derivables de su comportamiento externo.

Volvamos a la definición de problema desde el punto de vista del resolutor, para reafirmar que ella tiene importancia cuando se trata de aproximarse a la actuación de los profesores en las clases y otras situaciones de enseñanza. Asumamos que ante los estudiantes, un profesor logra hacer emerger verdaderos problemas que como tales los comprometen cognitiva y afectivamente, determinando en ellos la necesidad de realizar acciones y esfuerzos mentales sostenidos. Dado el caso, es muy habitual encontrar que los profesores, transcurrido un lapso sumamente breve de tiempo, ya les estén exigiendo las respuestas. En tales circunstancias se produce un contrasentido, o como suelo decir, una traición al espíritu de los problemas y una limitación al desarrollo de sus competencias.

Efectivamente, la exigencia asociada a los verdaderos problemas, o sea que el sujeto no tenga los medios de solución al alcance directo e inmediato, imposibilita que la solución del problema esté disponible inmediatamente. En los casos en que el estudiante sí tiene accesible una respuesta inmediata, dos cosas pueden haber ocurrido: 1) o bien se está en presencia de un sujeto con habilidades y un nivel de actuación competente, (muy) por encima del promedio, como ocurre cuando se trata de los talentos, superdotados, etc., lo cual no resulta habitual y por tanto, elimina la posibilidad de ocurrencia general o masiva; 2) la situación no era un problema real para el estudiante que inmediatamente tiene accesible la respuesta.

Por otro lado, al exigir de forma inmediata la respuesta correcta, se contradice, para mal, el hecho de que al actuar en espacios de solución de problemas, nos movemos en ámbitos preñados de error, o sea, en espacios donde la no disposición directa de medios de solución hace que la inmensa mayoría de las respuestas sean incorrectas y eso impulsa hacia adelante la actitud de búsqueda, “gatilla” la actuación competente, genera la necesidad y posibilidad de trabajar al borde de la ambigüedad y la incertidumbre; asimismo requiere la persistencia, la tolerancia y la proclividad a asumir riesgos, con lo cual estamos en presencia de

un espacio por excelencia formativo de las CsP, y las cualidades características del buen solucionador de problemas¹⁸.

O sea, que al traicionar el verdadero espíritu de lo que es un problema y su solución, se está impidiendo la formación de un sujeto verdaderamente activo, la emergencia de aprendizajes y competencias sustanciales, y se está dotando a los problemas de buena parte de la carga de negatividad con que suelen percibirlos los estudiantes.

Como mostré en otros lugares (Labarrere, 1996; 2006; 2008), no atenerse a la noción de problema como requerimiento de esfuerzo cognitivo sostenido, y el exigir respuestas inmediatas, repercute negativamente en la educación científica de los estudiantes, porque cuando el profesor exige respuestas inmediatas y casi siempre “las correctas”, está transmitiendo la noción de que “un problema” es algo para resolver rápido, inmediatamente; además que lo que se busca son respuestas o soluciones, y que los problemas como instrumento de aprendizaje” son para aquellos que los resuelven bien y rápido, y no para quienes experimentan (gran) dificultad al tratar de resolverlos, con lo cual se arriba al contrasentido antes mencionado. Asumo que es fundamentalmente a partir de la situación descrita, cuando se originan no sólo las representaciones distorsionadas de lo que es un problema y solucionar problemas, sino además, de que la solución de problemas es para una élite de estudiantes privilegiados o más dotados, o sea, que muestran alto grado de ejecución competente. Así volvemos nuevamente a la esfera de las creencias, disposiciones y afectos negativos que muchas veces acompañan a las materias de ciencias, a la Matemática en particular, y a los estudiantes a lo largo de su vida como tales y luego en su desempeño como profesionales.

Obviamente, de lo descrito se concluye que desde el accionar pedagógico se está estampando en los estudiantes un comportamiento muy conocido. Comportamiento que puede caracterizarse brevemente como pasividad cognitiva, falta de iniciativa, rechazo a los problemas, temor al fracaso y así por el estilo, con lo cual se cierran muchas de las puertas que dan acceso a un aprendizaje de calidad y, fundamentalmente, al desarrollo de las CsP de los estudiantes en las diferentes materias de ciencias y en la matemática, que es el caso que nos ocupa. Para ser más radical, comportamientos y actitudes que cierran el camino para una verdadera educación en la ciencia y por la ciencia.

18 Hago notar de pasada que éstas son las cualidades a que suele aludirse como exigencias de la educación en la denominada sociedad de la información, el conocimiento, la globalización y así por el estilo.

2.4. La solución de problemas en ciencias y matemáticas

De las propias representaciones de “problema” que he tratado, pueden derivarse las definiciones de lo que significa *solucionar problemas*. Dos son bastante habituales y señalan la aproximación que he continuado denominando objetiva. En correspondencia con esta visión, solucionar un problema es hallar la respuesta o las respuestas correspondientes. En lo anterior se señala hacia cierto momento final de un proceso; la solución se puede hallar en un rango que va desde valores que satisfagan las condiciones del problema, hasta los procedimientos plausibles en el caso en que se trate de determinar cómo proceder, de qué medios valerse, etc. Asimismo, puede entenderse como respuesta hallar las explicaciones que requieren las situaciones, por ejemplo en el caso de problemas cualitativos¹⁹. En estas aproximaciones, para asegurarse de que se ha hallado la respuesta basta preguntar al estudiante, o echar una mirada a los productos de su actividad.

La otra noción de solución de problema, se corresponde con la determinación de cierto sistema de relaciones, procesos, etc. Por ejemplo, ante un problema determinado se podría afirmar que el estudiante lo ha solucionado si “comprende lo que hay que hacer”, si logra establecer cuáles son las relaciones y los valores implicados en determinada relación, y cuáles las transformaciones o acciones que podrían hacer progresar la situación A hacia B, constituyendo esta última el estado deseable. A tenor de la comprensión, no sería un requisito avanzar u ofrecer efectivamente la respuesta, que puede estar bloqueada o no ser accesible no por factores atribuibles a la comprensión de lo que ocurre y el sentido de las cosas, sino a determinadas manipulaciones u operaciones. Es en este caso cuando *solución* resulta asimilable a *comprensión*.²⁰

Ya desde las diferentes disciplinas y teniendo en consideración la peculiaridad asociada con los conocimientos, procedimientos, etc. que resultan propios de las diversas áreas del conocimiento humano, puede decirse que la solución de un problema radica es poner en práctica o construir los conocimientos de la disciplina en cuestión, para obtener determinadas finalidades. Así hablaremos de que se está solucionando un problema de la matemática si están en juego conocimientos,

19 Un problemas cualitativo es aquel “donde se requiere una explicación adecuada para una pregunta cualitativa y para el cual hay información insuficiente para obtener una respuesta cuantitativa, originalmente” (García, J., 2003, p. 53).

20 En la investigación realizada en el contexto del Proyecto FONDECYT en el cual se enmarca el presente capítulo, se obtuvieron resultados que indican que buena parte de los profesores con quienes se trabajó asumen que la solución de problemas se corresponde con el momento donde se logra establecer las relaciones implicadas en la situación que se presenta.

habilidades, procedimientos, etc., propios de la ciencia; un problema físico si los conocimientos, procedimientos, etc., resultan los propios de la física, ídem en biología, química y así por el estilo.²¹ No perdamos de vista, que lo anteriormente referido como conocimientos, habilidades, creencias, procedimientos, etc., puede leerse como perteneciente al ámbito de las competencias, sobre todo si se asume el grado de ambigüedad y “borrosidad” con que éstas habitualmente se definen, haciéndolas, para muchos, palabras nuevas, ropajes distintos, para añejas construcciones.

Lo que acabo de afirmar, entraña la dificultad de determinar si cuando se está solucionando un problema que por el contenido corresponde a cierta disciplina, pero en el camino se emplean, o parece plausible emplear, conocimientos y procedimientos de otra: ¿ante problema de cuál disciplina se está?, ¿qué problema se está solucionando? La respuesta no es simple; no obstante una aproximación a ella puede ser que uno transita entre diversas situaciones, y el tipo de situación está definido por el sentido que adquieran los conocimientos, los objetos y los procesos; la manera en que intervengan en la actividad de solución, así como los sistemas de relaciones en que progresivamente sean incluidos. De forma tal que nos estaremos moviendo en subproblemas o problemas derivados dentro de un problema más amplio o matriz problémica, como por ejemplo, al resolver un problema de física uno puede enfrentar un subproblema de matemática, de química, etc., pero eso no significa que se deje de solucionar el matemático²². Ahora bien, la diferenciación de qué constituye un “problema amplio o matriz” y qué un subproblema o problema derivado, es lo suficientemente relativa como para hacer que los últimos, aunque se hayan generado en un momento intermedio de la solución, alcancen la suficiente amplitud y autonomía, por los esfuerzos que requieren, como para comprometer la mayor parte de los recursos cognitivos, motivacionales, etc.

Aunque he planteado dos posibles interpretaciones de lo que es solucionar un problema, debo introducir la reserva acerca de que en la enseñanza de la matemática y la ciencia, es deseable operar con ambas.

Otro aspecto que quisiera señalar, es la necesidad de que cuando se hable de la solución de problemas se reconozcan ciertas etapas o momentos. Así, suele

21 Desde el punto de vista de la SP, esta división puede ser sumamente relativa si se tiene en consideración el carácter subjetivo de la SP a que ya se hizo alusión.

22 No debe perderse de vista que este es, en buena medida, el acceso a la solución de problemas desde la multidisciplinaria.

decirse que la solución comienza con el análisis de la situación, luego se produce la búsqueda de la vía de solución, después se pone en práctica lo encontrado y, por último, se llevan a cabo las comprobaciones acerca de la adecuación de la respuesta y la visión retrospectiva del proceso de solución como una totalidad. En el caso de la solución de problemas matemáticos sobre todo, ese es un legado de Polya (1976). Hoy comprendemos que tal aproximación a la solución, planteada como buena parte del procedimiento heurístico aplicable a la solución de problemas, resulta sumamente rígida para describir y explicar lo que verdaderamente ocurre.

Sin negar que durante la solución haya momentos donde se producen análisis de la situación, otros donde la atención está centrada en las técnicas de solución, etc., en realidad todo esto está imbricado en una actividad sumamente compleja, híbrida, recurrente y recursiva, que hace imposible enmarcar claramente momentos o etapas, sobre todo desde el punto de vista de quien resuelve el problema. Así, debemos avanzar por otro camino, aunque ello no significa despojar totalmente de validez la aproximación más tradicional.

García (2003) nos dice que la solución puede definirse *“como el rango total de procedimientos y actividades cognitivas que realiza el individuo, desde el reconocimiento del problema hasta la solución del mismo... siendo... la solución del problema el último acto de esta serie de procedimientos cognitivos”*; y luego continúa exponiendo y complementando con criterios de su propia cosecha, *“...procedimientos cognitivos como identificar, comparar, clasificar, resumir, representar, relacionar variables y elaborar conclusiones que requieren del uso de las más altas capacidades cognitivas de análisis, síntesis, evaluación y creatividad”* (p. 47).

La definición anterior es interesante porque a pesar del sesgo cognitivo que contiene al dejar fuera los aspectos afectivos y valorativos que indudablemente presenta todo proceso de solución, introduce la solución como conjunto o sistema de procedimientos y acciones que evidencian tanto el aspecto objetivo como subjetivo. Este encuentro de lo objetivo y lo subjetivo resulta pertinente, sobre todo si se tiene en consideración que todo “procedimiento de solución, emergente o definible desde el arsenal de conocimiento de la disciplina, siempre resulta personalizado. El análisis muestra además la lógica de que el proceso termina con la respuesta o solución; pienso que hay casos donde la respuesta no emerge al final, sino en otro momento, lo cual no implica que se haya dado solución al problema por más de una razón.²³ No obstante la ambigüedad de la definición

23 Precisamente éste es uno de los aspectos al cual ha dirigido su atención el proyecto FONDECYT en el que se inserta el presente capítulo.

ofrecida por el autor, ella resulta atractiva porque elude el recurso a las etapas y la presenta como actividad global que incorpora múltiples factores, entre ellos el componente creativo.

Como he afirmado en otro lugar (Labarrere, 2006), la solución transcurre en un espacio de interacción y mutuo engendramiento del problema y las CsP del sujeto que lo resuelve; de ese mutuo engendramiento surgen diferentes significados que nutren los conocimientos y procedimientos de quien está solucionando el problema. Según se va avanzando en la solución y se logran accesos de mayor profundidad, resultan propiedades diferentes de los objetos y relaciones disciplinares, y se genera mayor amplitud en el conocimiento y los significados del contenido (disciplinar) del problema. No menos importante resulta que es precisamente en este complejo proceso, donde paulatinamente van emergiendo conocimientos más profundos del sujeto acerca de sí mismo como más o menos competente. Depende del plano de solución²⁴ en que se coloque y sobre todo, de la densidad metacognitiva que se imponga al proceso de solución.

La solución aparece así como un trenzado de acciones sumamente rico, a partir de las cuales se van conformando significados diversos sobre el sujeto, los objetos con que interactúa y las interrelaciones que mantiene y construye.²⁵ Este proceso de reestructuraciones, de querer y saber; de ser y poder, aparece como un continuum de acciones dirigidas a situar los objetos, las relaciones y al propio sujeto, en sistemas diversos de relaciones durante la solución; lo veo como esencial a los efectos de la educación en ciencias y, sobre todo para el desarrollo de la CsPC

Desde mi punto de vista, resolver un problema implica *desplegar recursos para extraer significados diversos de determinada situación que al inicio parecía plana, irrelevante; situación donde los objetos, relaciones, etc., van adquiriendo nuevas propiedades*. En la dimensión disciplinar, *resolver problemas es extraer significados para los conocimientos disciplinares mediante su ubicación en ámbitos referenciales diversos. Es el tránsito de conocimientos de una disciplina hacia conocimientos de otra, reconvertir los conocimientos desde y hacia matrices disciplinares diversas, lo cual solo puede lograrse mediante una actividad sostenida, profunda y amplia, que involucra las connotaciones clásicamente denominadas afectivas y cognitivas*.

La definición, acaso sumamente laxa que acabo de ofrecer, tiene importancia porque en ella se entrelazan la solución de problemas, las CsPC y la creatividad.

24 Tengo en mente los planos trabajados por Labarrere y Quintanilla (2002).

25 En este sentido estoy trabajando con las ideas de S. L. Rubinstein (1966).

Igualmente, es el paso para entender el papel que desempeñan tres actividades básicas: la formulación de problemas, la reformulación y la posibilidad de elaborar representaciones y modelos en diferentes registros semióticos, que operan a la vez como modelo de la situación y como forma de exploración de la misma, para construir significados diversos. Como veremos, los aprendizajes que puedan producirse a través de la solución de problemas, así como el desarrollo del pensamiento de los estudiantes, dependen en buena medida de la profundidad y la conciencia con que se enfrente el complejo proceso que acabo de describir.

De hecho, la solución de problemas se presenta con carácter multidimensional; en ello reside su potencialidad formativa, la cual puede expresarse como la conjugación de diversas posibilidades de las cuales destaco:

1. Es una posibilidad para la construcción de conocimientos científicos en las diversas disciplinas.
2. Permite la apropiación por parte de los estudiantes de procedimientos y modos de actuar en la ciencia.
3. Funciona como eje del desarrollo del pensamiento y las CsPC.
4. Es un medio para el desarrollo de cualidades personales de los sujetos (estudiantes), solidarias al desarrollo de su competencia.

La siguiente figura resume los cuatro aspectos señalados:

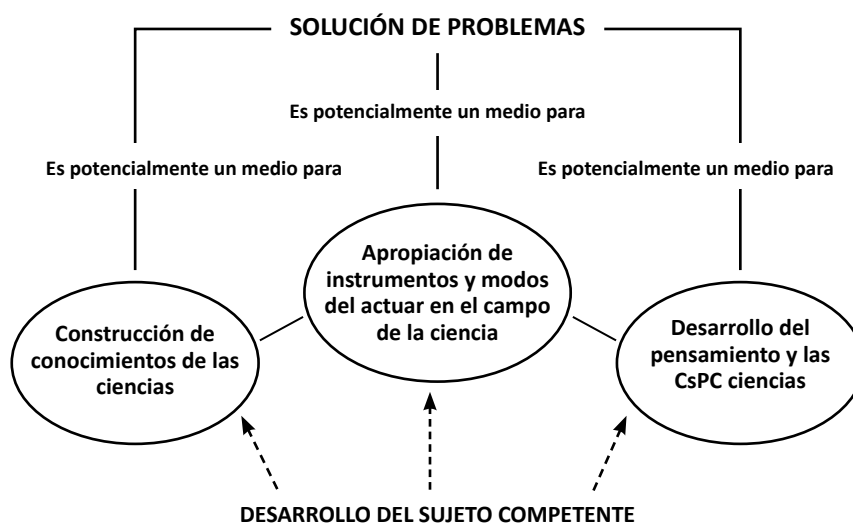


Fig.1. Potencialidades de la SP para el desarrollo del sujeto competente

2.5. Tres nodos generadores de significados durante la solución de problemas en ciencias y matemáticas²⁶.

La solución de problemas puede enfocarse como un proceso, en que el estudiante moviliza sus recursos disciplinares en lo que podría denominarse **espacio de solución de problemas –desarrollo de competencias (SP-DC)**. La consideración del espacio como de desarrollo, implica que más allá o más acá de la simple solución de los problemas, todo lo que allí ocurre acontece bajo la intencionalidad (del profesor y también del propio estudiante) de producir desarrollo. Debe tenerse en cuenta que con lo anterior estoy reconociendo la validez e importancia de aquello que el estudiante puede hacer en aras de su desarrollo como sujeto competente, lo cual no siempre es cabalmente considerado cuando se parte de una concepción donde el desarrollo del estudiante se produce principalmente por el ejercicio de influencias formativas provenientes del exterior, desde el currículo, los profesores, etc.

Identifico al menos tres nodos de acción en los cuales se puede producir el desarrollo: 1) el instrumental operativo, en el cual se construyen significados acerca de la naturaleza de la solución de problemas como actividad; 2) el de representaciones personales o autorreferenciales, donde se elaboran significados relativos a la propia persona que soluciona el problema, o al sujeto colectivo, y 3) el nodo generador de significados institucionales²⁷, o sea, los relativos a la organización o instancia social donde se postulan las normas culturalmente válidas para la realización de determinadas actividades, en este caso, en el ámbito de las matemáticas, las ciencias y los propios sujetos.

La siguiente figura ilustra los tres nodos a que he hecho alusión.



Fig. 2. Nodos generadores de significado en el espacio solución de problemas desarrollo de competencias.

26 Buena parte de este epígrafe lo he tomado de un artículo publicado en la revista RECHIM (Labarrere, 2006).

27 La identificación de un plano institucional, la realizamos originalmente junto con Ilizástigui y Vargas, en una obra referente a la formación de profesionales psicólogos.

Asumo que buena parte de la formación de los estudiantes en ciencia y matemática tiene relación con los significados que pueden construirse en cada uno de esos nodos. Como puede verse, la solución de problemas es la piedra angular para catalizar los procesos formativos. Según nuestra concepción, durante la solución de problemas debería tratarse de que los estudiantes construyeran significados en correspondencia con los tres nodos consignados. Nuestras investigaciones muestran (Quintanilla, Labarrere y Araya, 2000; Labarrere, 1998; Labarrere, Ilizástigui y Vargas, 2003), que por lo común para diferentes tipos de actividades, en ciencias y matemáticas, pero también en otras disciplinas, existe una marcada tendencia a generar significados desde los nodos instrumental operativo y autorreferente, con marcada predominancia del primero y menoscabo ostensible de la dimensión institucional. El significado institucional de los objetos y problemas remite a:

1. Prácticas consensuadas de sujetos que realizan su actividad de formulación y solución de problemas con referentes comunes, y que construyen determinadas comprensiones y formas de comprender no sólo los problemas en cuestión, sino además su propia práctica.
2. La manera en que las instituciones, concebidas como instancias generadoras de conocimiento, estiman el desempeño de los sujetos, dentro de los límites que sitúan los intereses, aspiraciones, metas, etc., de esa institución.

En el plano de las competencias, ambas aproximaciones al significado constituyen el escenario donde, desde el punto de vista de los sujetos involucrados en la formulación y solución de problemas, y de las normas institucionales para determinar el ajuste a determinados desempeños, se valoran y evalúan dichas competencias y el propio sujeto como competente ante el enfrentamiento y solución de problemas.

Respecto a la matemática y las ciencias experimentales, el relativo privilegio del nodo instrumental operativo tiene, al parecer, su explicación en que la enseñanza desde sus representaciones y normas del quehacer matemático, ha puesto excesivo énfasis en el trabajo con estrategias y procedimientos, en detrimento de la autorreferencia y del análisis de las situaciones culturales de aprendizaje y enseñanza. Se ha evidenciado (Labarrere, Ilizástigui y Vargas, 2003) que, por ejemplo, para el enfrentamiento y solución de problemas surgidos en el contexto de otras disciplinas, sea el caso de la Psicología, el nodo personal cobra cierta relevancia, aunque permanecen a la zaga los significados elaborados desde el instrumental y el institucional.

Es factible pensar que en el caso de la enseñanza de la matemática, lo mismo que otras materias principalmente de ciencias, hay énfasis velados y la mayoría de las veces inconscientes, que inclinan a los estudiantes a dar relevancia a significados

emergentes del nodo instrumental operativo. Por ejemplo, desde muy temprano en la formación matemática de los estudiantes, y particularmente durante su preparación para enfrentar y resolver problemas, se les trata de proveer de recursos heurísticos y estrategias. En este sentido, la referencia habitual a las etapas de la solución de problemas (análisis de la situación, búsqueda e implementación de solución, respuesta y comprobación²⁸) fomenta la emergencia de significados instrumentales operativos y sitúa a los estudiantes en el nodo correspondiente. Pudiera ser adecuada la entrada a la enseñanza de la solución desde otro nódulo, por ejemplo desde el esfuerzo personal, la persistencia, e incluso desde la trascendencia institucional, para la clase sea el caso. Una didáctica de la solución de problemas, desde este ángulo, pudiera ser de utilidad.

Acaso por lo anterior, es que cuando se pregunta a los estudiantes qué es solucionar un problema, por lo común se obtienen respuestas que aluden a la búsqueda de respuestas plausibles, los procedimientos mediante los cuales aquellas se obtienen o a ambos. Es bastante raro que un estudiante conciba la solución de problemas como necesidad de realizar un esfuerzo cognoscitivo fuerte y sostenido. La investigación anteriormente citada, también muestra que muchos docentes atribuyen a la solución de problemas un significado meramente instrumental, no considerando suficientemente las dimensiones autorreferenciales en la formación y evaluación de las competencias, y menos aún, toman en consideración lo relativo al nodo generador de significados institucionales. Esto indica hacia la referida predominancia del nodo instrumental operativo. Más raro aún, es que los estudiantes perciban la solución de problemas como un medio para alcanzar el desarrollo, y más bien la ven como un medio para alcanzar determinada respuesta, lo cual está claramente conectado con la predominancia instrumental u operativa anteriormente referida.

Los últimos comentarios que he hecho tienen que ver con el grado en que se trabaja la metacognición durante la solución de problemas.

2.6. La metacognición como factor de desarrollo en el espacio SPD-DC

A la actividad humana le es consustancial la reflexión, mediante ella el hombre ejecuta acciones que tienen como referencia el objeto percibido, pero también a sí mismo como sujeto reflexivo. Flavell (1976), introdujo el término metacognición,

28 He simplificado intencionalmente las etapas del procedimiento; sin embargo, pienso que por lo común las recomendaciones sobre los recursos heurísticos y las estrategias al uso, son variantes, a veces más complejas de estas etapas.

para referirse al conocimiento de los sujetos sobre sus propios procesos (memoria, pensamiento, atención, lenguaje...) y las actividades que le son asociadas (lectura, escritura, aprendizaje, etc.), y apuntó a que su abarque se extendía hasta los procesos de regulación del propio comportamiento o ejecución; lo cual fue sistematizado como control ejecutivo.

Hay acuerdo en considerar que la metacognición puede extenderse al conocimiento de los otros, de tareas y situaciones, etc., lo cual, en opinión de algunos abre excesivamente su alcance y, según otros (yo entre ellos), es indispensable para captar el espectro, significado y función de la actividad metacognitiva humana.

Desde hace tiempo se viene enfatizando que la metacognición es un componente de la actividad de solución de problemas o del pensamiento dirigido. Esto fue retomado por Schoenfeld e introducido explícitamente como uno de los componentes del pensamiento, junto con los recursos cognitivos y la base de conocimientos, las estrategias heurísticas y las algorítmicas y, por último, las creencias que los estudiantes desarrollan en las áreas de matemática y ciencias (1985). Sin lugar a dudas, la consideración de que al pensamiento le resultan inherentes los elementos señalados, constituye un hecho importante para la aproximación más holística al pensamiento desde la dimensión psicológica y formativa, sobre todo, la remisión a las creencias resulta cardinal para el tratamiento de las dimensiones afectivas y valorativas del aprendizaje.

Sin embargo, en el marco de las aproximaciones al pensamiento del estudiante en matemática y ciencias, destacando el ángulo metacognitivo, han concurrido algunas limitaciones. Entre ellas, quisiera señalar una restricción de la metacognición al dominio estratégico; es decir percibir el despliegue metacognitivo del alumno, sólo en la medida en que interviene para regular la selección, ejecución y evaluación de las estrategias que pone en práctica, y no extendiéndolo hasta abarcar la regulación del proceso de solución desde una dimensión más amplia. Como puede verse, esta limitación está asociada a la prevalencia de significados construidos desde el nodo instrumental operativo, y se halla en correspondencia con la fuerte orientación hacia la sobrevaloración de los resultados y respuestas. Este énfasis exagerado en el nodo instrumental operativo tiene profundas repercusiones a la hora de concebir el desarrollo del pensamiento del estudiante, específicamente constriñéndolo a valorar los recursos estratégicos que es capaz de poner en práctica cuando enfrenta determinado problema. Hagamos algunas reflexiones en torno al desarrollo de los estudiantes y la manera de estimarlo.

Cuando hablamos de desarrollo del estudiante, estamos implícita o explícitamente reconociendo que tiene lugar bajo los efectos de determinadas acciones con inten-

cionalidad "formativa" y en un determinado contexto. A partir de la orientación instrumentalista, es usual que la estimación del desarrollo del alumno y de su capacidad para enfrentar y resolver problemas en matemática y ciencias se haga mediante la comparación de su ejecutoria en dos o más momentos. Se compara, por ejemplo, su posibilidad actual de resolver un problema o familia de ellos, con la que fue establecida para un momento anterior, y se establece el aumento o no de la "potencia" del estudiante. A partir de qué se infiere el aumento, varía según la orientación teórica de quien lo estime; ese es un asunto que no nos interesa abordar a profundidad aquí. Sólo quisiera señalar algunos aspectos directamente relacionados con nuestra propia aproximación.

Para estimar el desarrollo del pensamiento del estudiante y de sus CsPC, es usual que se asuma el criterio de la **transferencia lejana**, o sea el aumento de la capacidad de aplicar el conocimiento en áreas alejadas de la original o inicial, o sea, de resolver problemas que cada vez se alejan más de los iniciales. Puede incluso suponerse que dicho aumento ha implicado transformaciones en estructuras cognitivas o de otra índole; pero el criterio de la transferencia permanece incólume; lo que es evidente incluso cuando se opera con enfoques como el de la zona de desarrollo próximo de Vigotsky (Labarrere, 2000).

Desde nuestro punto de vista, la visión del desarrollo, centrada en la transferencia lejana, significa un estrechamiento del desarrollo deseable en la enseñanza de la ciencia, por varias razones. En primer lugar porque el desarrollo, visto de esta manera, se refiere sólo al aumento de la competencia para solucionar problemas, los hace equivalentes y desestima la posibilidad de considerar que en el proceso enseñanza aprendizaje, el alumno debe hacer algo más que solucionar problemas.

Por otro lado, al tratamiento del desarrollo como CPC, se añade el hecho de que su estimación se produce sólo a partir de la interacción del alumno con el contenido del problema, y con los recursos y estrategias que pone en práctica para la solución. Con tal proceder, el pensamiento se está reduciendo a la aplicación de procedimientos de solución; y nosotros sabemos que esto no es suficiente para caracterizarlo. Estoy asumiendo que en condiciones pedagógicas, que tienen objetivos y finalidades específicas y que diferencian la solución de problemas en estas condiciones de otras, el desarrollo del pensamiento del alumno debe estimarse a través de criterios como *el aumento de la capacidad para producir desarrollo en el propio pensamiento*. Resultan importantes, así, la toma de conciencia de las características del propio pensamiento y la posibilidad de actuar sobre ellas; es decir, intervenir de alguna forma en el proceso formativo; o sea, que la metacognición y la formación que en ese sentido posea el estudiante, se convierte en un factor de desarrollo de primera importancia.

Este criterio está en correspondencia con la idea que he expresado en otros lugares (Labarrere, 1996; 2000; 2000a) según la cual el objetivo fundamental de la enseñanza, respecto al desarrollo del alumno y en particular de sus CsPC, es enseñarlo a producir su propio desarrollo y el de sus compañeros. Lo que acabo de expresar, se halla en correspondencia con nuestro criterio de despliegue metacognitivo; a sea, que la metacognición debe verse aplicada no sólo al plano instrumental operativo (estrategias, contenidos, procedimientos, etc.), sino extendida hacia otras zonas de la solución de problemas. Por otro lado, es imprescindible destacar que originalmente (Flavell, 1976) concibió la metacognición como un hecho de pensamiento que recubre ámbitos de la actividad del sujeto, no sólo limitados al control ejecutivo, es decir, aquellas estrategias orientadas a fijar y modificar el curso de la acción (monitoreo de la actividad y la ejecución respecto a ella) sino también, abiertas hacia las condiciones de la actividad, las personas intervinientes y las circunstancias en que dicha actividad se realiza; la habitual limitación de la metacognición al terreno ejecutivo, constituye una reducción de su aplicación y alcance muy consecuente con la mentalidad instrumental aún imperante hasta los años sesenta del siglo pasado. Llevada al campo didáctico pedagógico, tal reducción, a mi juicio, constituye unas de las fuentes de la fuerte tendencia hacia la sobrevaloración de la acción ejecutiva que se observa no sólo en el pensamiento de los estudiantes; sino también en el proceder de los profesores al conducir sus clases.

Como vimos, en el curso de la solución de problemas, el desarrollo CsPC tiene lugar no sólo respecto a los instrumentos de solución que conectan al alumno y su pensamiento con el problema que enfrenta, sino también consigo mismo, como resolutor de problemas y como sujeto competente generador de procesos de desarrollo y, lo que es más importante, con los otros sujetos que participan de los procesos de solución; o sea, que lo introducen en el ámbito de las relaciones sociales, los roles respectivos, que se revelan en el discurso y la interacción verbal entre ellos.

Un elemento importante que entonces se añade, es que la metacognición y la conciencia reflexiva deben ser instrumentos que permitan a los alumnos extraer consecuencias personales de los actos de solución, e igualmente de sus competencias, de las condiciones de acción y obviamente, de la manera en que estas competencias pueden acrecentarse; es decir, la manera en que un fragmento o episodio específico de solución de un problema, repercute sobre la transformación de dichos alumnos como sujetos que resuelven problemas y que piensan acerca del problema y de sí mismos; en tanto que sujetos que se desarrollan al enfrentar y solucionar problemas. Las consecuencias personales se

refieren no sólo al sujeto individualmente concebido; sino también al grupo como sujeto colectivo.

La manera de representarnos el desarrollo que acabamos de describir, nos ha llevado a concebir que la solución de problemas y el desarrollo de CsPC en condiciones pedagógicas, tiene lugar en el **espacio solución de problema–desarrollo de competencias**. Asumimos que en el espacio SP-DC el estudiante comparte con el profesor la intencionalidad de generar desarrollo; y por tanto, las peculiaridades del desarrollo por él alcanzado, deben estimarse también por el aumento de su capacidad para intervenir en ese espacio y mezclarse con las finalidades pedagógicas que lo caracterizan, (Labarrere y Vargas, 1999; Labarrere, 1999). Al tener el alumno acceso a los procesos formativos, la metacognición desempeña un papel relevante y se proyecta más allá de la solución de problemas. En realidad, lo que ocurre es que en el espacio SP-DC el estudiante se halla ante dos tipos de finalidades que suelen alternarse: de una parte la de solucionar determinados problemas, y por otra, propiciar su propio desarrollo y el de los compañeros. Un tratamiento pedagógico de la solución de problemas y de las respectivas competencias de los estudiantes debe, a nuestro juicio, ser consecuente con lo que acabamos de afirmar.

2.7. Breve aproximación a las CsPC

Aunque un poco avanzado en el capítulo, es necesario que hagamos una breve exposición en torno a las competencias, y en particular aquellas que se refieren al pensamiento científico; el lector sabrá extraer retroactivamente, y en adelante, las implicaciones necesarias .

Uno de los conceptos de la Psicología que más se ha puesto de moda, sobre todo en el campo laboral, aunque se extiende gradualmente a otros espacios, es el de *competencia*. Lo que en la actualidad se conoce como tal, se relaciona con la puesta en práctica de aptitudes, rasgos de personalidad y conocimientos adquiridos, que se orientan en pos del cumplimiento de cierto tipo de tareas. Para llevar a cabo de forma satisfactoria determinada tarea, debemos tener cierto desarrollo de las competencias que esa tarea implica. En otras palabras, por “competencia” suele entenderse la capacidad para hacer determinada cosa, y hacerla bien. Poseer una competencia, implica tener a disposición un conjunto de saberes y modos de actuar, que se expresan en el desempeño del sujeto.

Para algunos autores, y con la aproximación a la competencia hasta aquí referida, éstas, en tanto implican la capacidad de hacer, involucran procesos cognitivos y

afectivos, y se relacionan con las características de personalidad del sujeto. Una peculiaridad relevante de las competencias es que, al ser expresables en términos de conocimientos procesales, se desarrollan sólo si interviene una práctica sistemática; de hecho la acción es, a la vez, mecanismo de expresión y de formación o desarrollo de la competencia.

A continuación, realizaremos una incursión breve y directa por algunas definiciones de competencia, con el ánimo de ayudar a formarse una idea más precisa de lo que hasta aquí se ha dicho. La competencia ha sido vista como:

“La capacidad real del individuo para dominar el conjunto de tareas que configuran la función en concreto. Los cambios tecnológicos y organizativos, así como la modernización de las condiciones de vida en el trabajo, nos obligan a centrarnos más en las **posibilidades** del individuo, en su capacidad para movilizar y desarrollar esas posibilidades en situaciones de trabajo concretas y evolutivas, lo que nos aleja de las descripciones clásicas de puestos de trabajo” (Reiss, citado por Mertens, 2010)

“La capacidad real del individuo para abordar todas las tareas que componen un lugar de trabajo (*workplace*). Los cambios... nos obligan a focalizar más en las potencialidades del individuo para movilizar sus capacidades y desarrollar su potencial en concreto y desarrollar situaciones laborales”. La competencia laboral es la habilidad para desempeñarse conforme a los estándares requeridos en el empleo, a través de un rango amplio de circunstancias y para responder a demandas cambiantes”. (IHCD, en Irigoín y Vargas, 2010: 45)

“Capacidad objetiva de un individuo para resolver problemas, cumplir actos definidos y circunscriptos. El hecho de disponer conocimientos y aptitudes o de emplearlas con un propósito para expresar una capacidad que manifiesta un dominio exitoso sobre determinadas tareas o situaciones problemáticas.” (Fröhlich, en Cocca, 2010:2)

“Las competencias aluden a las capacidades adquiridas (conocimientos, actitudes, aptitudes, perspectivas, habilidades) mediante procesos sistemáticos de aprendizajes que posibilitan, en el marco del campo elegido adecuados abordajes de sus problemáticas específicas, y el manejo idóneo de procedimientos y métodos para operar eficazmente ante los requerimientos que se planteen.” (Lafourcade, en Cocca, 2010:2)

En este documento no hay espacio para realizar un análisis profundo de cada definición, y extraer paulatinamente argumentos para sustentar nuestra propia

postura al respecto. De manera breve, haremos notar que las aproximaciones a la competencia, por lo común, se hacen desde la óptica de las exigencias que determinado contexto o ámbito de actuación (profesional) le sitúa al sujeto. Al parecer, desde esta aproximación se trasluce que el sujeto o la persona competente debe ajustarse a los requerimientos que hace el contexto en un momento determinado. Debe prestarse atención, a que en esta manera de concebir la interacción entre competencia, la competencia desarrollada o en desarrollo, y el contexto, nos devuelve a una manera de ver las cosas que mucho recuerda las posiciones del conductismo.

Dado lo anterior, parece adecuado comprender la competencia, no únicamente a partir de las exigencias que el contexto o ámbito de desempeño (industria, empresa, aula, etc.) le plantea a la persona; sino abordada desde una posición más explícitamente interaccionista, donde se enfatiza el poder transformador del sujeto, y se apela menos al resultado, (aunque también lo consideramos), que *a los procesos de ajuste, reestructuración y significado que la persona es capaz de realizar durante su desempeño en la situación, el problema o la tarea que ejecuta y más extendidamente en el contexto de actuación, destacando el papel activo del sujeto competente en la transformación del contexto, a la vez que de sus propias competencias*. Este es un intento de aproximarnos al sujeto competente, desde una postura que lo considere e involucre más fuertemente. (Ver fig. 3).

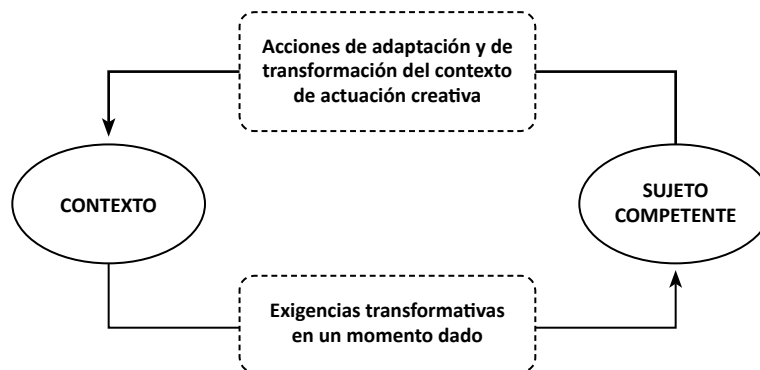


Fig. 3. Interacción del sujeto competente y el contexto de actuación

De hecho, estamos introduciendo una representación del desarrollo de las competencias y del sujeto competente, que formula la interacción en términos de procesos continuos y progresivos, de demandas y condiciones que plantea el contexto, por una parte, y por otra, de intentos conscientes e inconscientes por parte del sujeto, para adaptarse y transformar el contexto. Así, el sujeto

competente es también, un sujeto que actúa inteligentemente respecto al contexto y respecto a sí mismo; es aquí donde adquieren relieve las acciones de orientación y transformación hacia sí mismo, con lo cual se introducen los procesos de autotransformación del propio sujeto.

Tal como la hemos referido, el desarrollo de la competencia y del sujeto competente, como un proceso de interacción compleja involucra tanto estados o condiciones del contexto de actuación creativa, como del sujeto, especialmente aquellos que reflejan **su capacidad para movilizar y reestructurar recursos personales, de una manera flexible y orientada, ante tareas y problemas complejos que implican un nivel alto de dificultad**. Con esta definición, no estamos excluyendo del ámbito de las competencias que nos interesan, la ejecución de tareas rutinarias, que pueden acometerse a partir de lo que podrían denominarse clásicamente hábitos y habilidades, las cuales concebimos en calidad de instancias integradas en la configuración de competencias que caracterizan al sujeto en un momento dado. Así las cosas, la competencia debe estimarse y evaluarse por la flexibilidad y la capacidad para administrar y reestructurar los recursos personales ante tareas complejas.

*Las **competencias** se conciben, así, como un sistema amplio, flexible y movilizable de atributos y cualidades, significados y sentidos personales, que las personas movilizan en consonancia con el contexto de actuación y consigo mismas, para asegurar un desempeño exitoso en situaciones que requieren apertura a la novedad y producción original.* Constituyen una compleja combinación de creencias, conocimientos, disposiciones, actitudes, valores y habilidades, que permiten a la persona enfrentar los problemas y tareas con una postura abierta hacia la producción de novedad, (inventiva, innovación); con fuerte dosis de implicación y perspectiva personal; y sobre todo, orientados por significados de desarrollo de la propia persona y de los contextos de participación (Labarrere, 2000, 2006; Labarrere, Ilizástigui y Vargas 2002).

Específicamente, la CPC se corresponde con una formación personal referida al desempeño del sujeto en contextos de actuación que demandan el pensamiento y la acción científica. Desde luego, aquí es importante concebir el quehacer científico en toda su amplitud y complejidad; y no únicamente limitado a la aplicación del método científico. Si entendemos la CPC únicamente como el manejo del método científico y su aplicación a situaciones cuyo contenido se corresponde con determinadas áreas de la ciencia, estamos provocando un estrechamiento en el concepto de competencia y en el de sujeto competente. Sobre todo, si se tiene en consideración que el concepto tradicional de ciencia, asentado en

una mentalidad y orientación de experimentación, y en suma, positivista, va cediendo en su hegemonía para dar paso a una concepción más holística y en cierta medida “real”, que incorpora incluso, matices de disciplinas que hasta hace cierto tiempo no se consideraban científicas; como son las tradicionalmente denominadas humanidades, artes, etc. La ciencia se expresa hoy con atributos de mayor complejidad e incorpora aspectos del pensamiento cotidiano. Por tanto, se entenderá la CPC de una manera más amplia y de manera similar, lo que consideramos por sujeto competente en el área de las ciencias. A la anterior reflexión debemos añadir que nos estamos refiriendo a un sujeto competente en formación; es decir, a situaciones donde la adquisición de la competencia de pensamiento deviene en tarea formativa. Desde luego, sin perder de vista que la formación del sujeto se lleva a cabo a partir de los modelos de actuación que ofrecen aquellas personas que presentan CsPC en un grado que podríamos calificar como de madurez.

Es importante tomar en cuenta que cuando hablamos de competencia, si bien podemos definirla de manera general, tal definición es una construcción sumamente abstracta, que al ser trabajada requiere “corporeizarse”, es decir encarnarse en sujetos o personas específicas. Tomando una máxima, podría decirse que no es competente la competencia, sino la persona o el sujeto; con lo cual, aparte de la necesaria posesión y dominio de los conocimientos declarativos disciplinares, es necesario contar con recursos, instrumentos o medios propios de la ciencia en cuestión, susceptibles de ser movilizados y administrados en correspondencia con las exigencias de la tarea o problema que se resuelve y de las condiciones en que se efectúa la solución. Además, deben tenerse en cuenta un conjunto de cualidades personales necesarias para enfrentar adecuadamente situaciones de alta complejidad y no accesibles de forma directa e inmediata. Entre ellas, las cuatro siguientes que considero cardinales:

1. Tolerancia a la ambigüedad. Se refiere a la capacidad de la persona para tolerar la desestructuración; la ambigüedad que está presente en toda situación problémica, y constituye el punto de partida del pensamiento. La tolerancia a la ambigüedad y el dominio de la ansiedad que suele acompañarla es una característica, que si bien generalmente no es atribuida al pensamiento, sino al dominio emocional, desempeña un papel crucial en el despliegue de la CP.
2. Voluntad para superar obstáculos y perseverar. El enfrentamiento y la solución de problemas intrínsecamente sitúan al individuo ante la necesidad de avanzar más allá de los obstáculos que continuamente se

presentan, requiere de la perseverancia, la tenacidad para no abandonar el espacio de solución; un pensamiento bueno, pero que no se acompañe de una buena dosis de tenacidad, no alcanza objetivos ni genera productos; es un pensamiento a la larga inerte e improductivo. El sujeto competente, suele integrar los obstáculos al proceso de solución que tiene lugar, los toma como parte consustancial del mismo, y los asimila como agujijón para seguir adelante en la tarea.

3. Asunción de situaciones que implican riesgo. La persona competente suele asumir e incluso ser proclive a la acción en situaciones que ponen a prueba su pensamiento y que entrañan costo, no solamente cognitivo; sino en muchos casos, también físicos e igualmente afectivos y emocionales.
4. Concepciones y creencias favorables. A Partir de Schönfeld (1985) se sabe la importancia que tienen las concepciones y creencias en la solución de problemas; antes Bandura (1977) y Bandura y Schunk, (1981) trabajando la autoeficacia, mostraron que un sentimiento de seguridad y confianza en sus propias fuerzas, tiene un lugar muy importante en el desempeño del sujeto ante tareas que lo ponen a prueba; de ahí que la persona que muestra competencia de pensamiento, sobre todo en sus estadios de madurez (de la competencia), suele tener confianza (creencias) respecto a sí misma como resolutora y enfoca la solución de problemas como actividad que la sitúa en óptima posición para cumplimentar exitosamente las demandas del problema, la tarea o la situación en general.

De todo lo anterior emerge el perfil de la CPC como una formación compleja, multidimensional, que al ser abordada en los procesos de formación y evaluación, requiere de instrumentos que sean lo más sensibles a esta peculiaridad y que busquen aprehenderla de manera holística, no quedándose puramente en el desempeño o rendimiento del sujeto.

Un aspecto muy importante que debe mencionarse y que tiene que ver con la formación y la evaluación de las CsPC, radica en que por su complejidad, ninguna competencia está aislada de otras. Desde el punto de vista formativo, ello implica que cuando se está presumiblemente influyendo sobre una de ellas, realmente se están movilizando todas o al menos, un conjunto de las mismas, que conforman un todo estructural y funcional; de esta peculiaridad deben tomar cuenta las metodologías formativas, al diseñar sistemas de influencias.- Al mismo tiempo, para la evaluación, dicha peculiaridad entraña la necesidad de diseñar situaciones y dispositivos de evaluación lo suficientemente finos, como poder captar esta peculiaridad en la medida que sea posible.

2.8. Solución de problemas, ZDP y desarrollo de CsPC

Cierta alusión o vinculación de la SP y zona de desarrollo próximo (ZDP), puede hallarse en la definición que Toulmin ofrece de problema. Para este eminente autor, un problema puede caracterizarse por la relación entre las finalidades o ideales explicativos que se plantea ya sea la sociedad en su conjunto (en un momento dado), o un sujeto que se halla en un momento particular de conocimiento y desarrollo cognitivo. Como plantea Chamizo (2010), para Toulmin un problema puede expresarse de la siguiente manera:

“Problema = ideales explicativos - capacidades corrientes”
(Toulmin, 1972, en Chamizo, 2010).

La expresión introducida por Toulmin para caracterizar o definir un problema, recuerda bastante la de ZDP expuesta por Vigotsky. Recordemos que para este autor, la ZDP se definía como la distancia que existe entre el problema que el sujeto es capaz de resolver independientemente, y aquel que puede resolver con la guía, la ayuda, la colaboración de una persona más capaz. Es bueno señalar que existen otras definiciones de ZDP, que la asocian al factor social, de una manera más cercana a la de Toulmin para caracterizar un problema; así por ejemplo, Davidov y Markova (referidos por Corral, 1999) consideran ZDP como la distancia que existe entre la potencialidad aceptable para un contexto cultural específico, y la ejecución que alcanza un individuo específico en esa cultura; también, otros intentos que van en el sentido de recortar ZDP contra un contexto cultural más amplio, que funciona con ciertas reservas de conocimientos y aquellos que posee el individuo, tal cual lo ha considerado por ejemplo Engeström, que la ve como *“la distancia entre las acciones cotidianas de los individuos y las formas históricamente nuevas de actividad social que pueden ser generadas colectivamente como solución al doble vínculo potencialmente incluido en las acciones cotidianas”* (Engeström, en Corral 1999).

Como puede verse, la formulación de Toulmin es bastante próxima a las anteriormente ofrecidas. Al caracterizar el problema como distancia entre conocimientos explicativos poseídos y aquellos que son requeridos, este autor introduce fuertemente la posibilidad de que la SP pueda ser considerada en la génesis de competencias deseadas o deseables, y aquellos elementos de esta competencia que se hallan ya presentes en el sujeto, y que sólo son posibles de devenir reales en el contexto de, y mediante, la ayuda, la guía, la colaboración, etc., de los otros en la cultura. Situar la competencia en el contexto de la potencialidad realizable con la cultura, en la interacción con el otro, abre la

posibilidad de tener en cuenta tres aspectos sumamente importantes: 1) la génesis de la competencia misma, apuntando hacia aquellos factores culturales, que la hacen devenir tal; 2) los criterios evaluativos de la competencia, que provienen del marco de deseabilidad social para un momento determinado de la cultura y 3) el desarrollo y la formación de la competencia a través de la solución de problemas, expresado en términos de la capacidad potencial que sólo es factible desarrollar en contextos de ayuda, guía, cooperación y colaboración. Tener en cuenta los aspectos evolutivos de la competencia, y no verla como algo ya cristalizado, entendida desde los estadios tardíos de su desarrollo como ocurre habitualmente, parece ser una necesidad ineludible tanto en la formación como en el proceso evaluativo.

Igualmente significa poner la competencia y su desarrollo, en el trenzado de las interacciones que se establecen entre los grupos, con lo cual ella aparece como un producto que alcanza significado en la acción y representaciones colectivas que elaboran los sujetos, y que sirven como criterios de evaluación contextualmente situados.

2.9. La evaluación de CsPC mediante la SP

Desde nuestro punto de vista, la evaluación de competencias debe concebirse como un proceso donde se realiza una descripción densa del funcionamiento general del estudiante ante tareas o series de ellas, y su comparación con determinados estándares válidos para un momento dado; por tal razón, no puede verse únicamente orientada a conocer si el estudiante cumple o no, ciertos estándares o exigencias ante determinada tarea o situación. Tal punto de vista, sostenido fundamentalmente por aquellos que se alinean con una postura tecnocrática e instrumentalista, no resulta adecuado para el trabajo de formación de sujetos competentes ante la ciencia.

Evaluar competencias, sobre todo de pensamiento científico, sólo puede realizarse plenamente mediante un trabajo y situaciones adecuadas, dirigidas a conocer la manera en que el sujeto se enfrenta con determinada situación, tarea o problema, y como activa, organiza y administra sus recursos personales; es, en términos de Monereo (2010), una evaluación auténtica de competencias de pensamiento. Pero tampoco puede verse como un conjunto integrado de estrategias, tal cual opina el autor antes citado; realmente, la competencia no son las estrategias, por muy integradas que éstas puedan estar, sino que es una propiedad de los sujetos, expresada al administrar su arsenal de recursos personales como un todo. De hecho, tal como planteamos anteriormente, la evaluación de CsPC, sólo es accesible a través

de descripciones densas de los modos de funcionamiento del sujeto ante tareas y problemas.

Precisamente por lo anterior es que la SP constituye un medio muy apropiado para la realización de la evaluación de las competencias de los estudiantes. La SPes, al mismo tiempo, un medio de formación y evaluación de las CsPC. Desde la relatividad de la separación, puede afirmarse que la evaluación constituye el mecanismo de la formación y viceversa.

Una característica de los modelos tradicionales de evaluación de competencias relativas al pensamiento, es que estos continúan tomando como eje, las acciones encaminadas a obtener determinados resultados, y los resultados mismos, con lo cual, el pensamiento y los procesos que lo caracterizan quedan fuera del foco de atención. Al evaluar las CsPC, debe atenderse, en primer lugar, a la manera en que los sujetos administran sus recursos en torno a procesos como el análisis, la inferencia, la generalización de procedimientos, las estrategias que emplean, etc. Pero también debe tenerse en cuenta aspectos como los que señalamos en epígrafes anteriores, y otros como el grado de flexibilidad de su pensamiento que no les son fácilmente accesibles. Desde luego, los resultados en el actuar constituyen elementos necesarios de registrar; no obstante, del lado de la formación, muchas veces deben quedar en segundo lugar. Así, desde nuestro punto de vista, han de ser tomados en consideración aspectos o procesos intrínsecamente ligados al pensamiento, como son la capacidad de análisis y síntesis, la potencialidad generalizadora del estudiante. Igualmente importante, resulta tener acceso a la conciencia y el conocimiento metacognitivo sobre situaciones, personas, etc. y sobre sí mismo, como sujeto competente a que hicimos alusión en partes anteriores de este capítulo. De hecho, las rúbricas de evaluación no pueden únicamente limitarse al encuentro del sujeto con el problema, sino también, al encuentro del sujeto consigo mismo, como más o menos competente y con los otros como co-constructores de la competencia y del actuar competente; este triple encuentro marca, a nuestro juicio, el punto de partida formativo y evaluativo de la competencia en general, y de la CPC en particular.

Dado que la CPC constituye una formación altamente compleja, que describe la capacidad del sujeto para enfrentar situaciones, tareas y problemas administrando su recursos óptimamente, la evaluación del nivel de desarrollo que alcanza dicha competencia en un sujeto (sujeto competente), sólo es accesible a partir de instrumentos que, de la manera más simple, capte plenamente su complejidad. Evaluar la competencia, desde una perspectiva holística y compleja demanda, en primer lugar, apartarse de la noción de que la competencia puede y debe evaluarse únicamente por el producto, es decir, por el ajuste del estudiante a las exigencias

instrumentales y resultantes de la producción; avanzar hacia una representación que, luego de esclarecer en qué consiste la competencia, fije aquellos elementos principales que han sido objeto de formación, desde los componentes de la competencia definida.

Si tenemos en consideración todo lo hasta aquí expresado sobre la relación CPC-SP, de manera general puede decirse que una buena situación evaluativa, y a la vez promotora del desarrollo de la CPC, debe reunir las siguientes características.

1. Ser lo suficientemente compleja como poder devenir problema o serie de ellos asumido(s) por el sujeto, situándolo ante la necesidad de realizar un profundo y sostenido esfuerzo cognitivo, en ocasiones asociado a esfuerzo físico.
2. Tener la capacidad potencial de situar al sujeto en tres dimensiones básicas: **el problema** que se resuelve, **él mismo** como sujeto que enfrenta y resuelve el problema y **el sistema de relaciones sociales** que se generan durante el enfrentamiento y la solución (o la formulación) del problema, o de una serie de ellos.
3. Ser sensible al desarrollo evolutivo de la competencia, captar su génesis o historia de constitución en el sujeto, y tener la capacidad de proyectarlo en el correspondiente proceso formativo.

Como hemos afirmado, la solución de problemas constituye no sólo un medio fundamental para lograr el desarrollo o formación de las CsPC; sino también para diagnosticar su desarrollo. En este sentido, pensamos que todo instrumento que se ocupe de la evaluación de la competencia, que al mismo tiempo la asuma con un carácter formativo, debe ser capaz, tener la potencialidad, de “desplazarse” por los tres nodos de diagnóstico y formación a que se hizo referencia anterior: el generador de significados instrumentales, el autorreferencial o personal significativo y el institucional o de consenso social; o sea, tener la posibilidad de actuar en el espacio de SP-DC.

La evaluación de la competencia exige hacer transparente el proceso evaluativo. El estudiante debe tener la posibilidad de valorar cuánto ha avanzado en la competencia, por lo cual se requiere tener criterios; debe llegar incluso, a dominar en la medida de lo posible, la lógica y dinámica del instrumento evaluativo; tener la posibilidad de construirlo o introducir reestructuraciones ajustadas a su desempeño, con lo cual se alcanza una participación al máximo activa del estudiante en el proceso evaluativo. Por último, diremos que a partir de la función dual o multidimensional

de la evaluación de competencias (su función diagnóstica y su función formativa), cuando el estudiante domina los mecanismos íntimos de la evaluación, no sólo se abre la puerta para hacerlo participar profundamente en la propia evaluación, sino también, y acaso más importante, en un proceso que pudiera denominarse como de autoformación de la CPC.

Referencias bibliográficas

- Bandura, A.** (1977). Self-efficacy: toward unifying theory of behavior change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Bandura, A., & Schunk, D. H.** (1981). Cultivating competence, self-efficacy, and intrinsic interest through proximal self-motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41, 586-598.
- Cocca, J.** (2010). Las Competencias profesionales. En Internet : http://www.fceia.unr.edu.ar/labinfo/facultad/decanato/secretarias/desarr_institucional/visitas_tematicas_guiadas/visitas_archivos_pdf/b_Competencias%20profesionales_Cocca.pdf. Extraído 10.05.2010.
- Corral, R.** (1999). Las “lecturas” de la zona de desarrollo próximo. En. *Revista cubana de psicología*. Vol. 16, Nº 3, 200-2004.
- Chamizo, A.** (2010). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. En Internet http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/0201_59.pdf Extraído mayo 2010.
- Flavell, J. H.** (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En L.B. Resnick (Ed) *The nature of intelligence*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey-EE.UU.
- García, J.** (2003). Didáctica de las ciencias. Bogotá, Magisterio Eds.
- Irigoin, M. y Vargas, F.** (2010). Competencia laboral. Manual de conceptos, métodos y aplicaciones en el Sector Salud. En Internet: <http://www.bvsops.org.uy/presenta.pdf>. Extraído 15.05.2010.
- Labarrere, A.** (1990). Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas matemáticos en la escuela. La Habana. Pueblo y Educación.
- Labarrere, A.** (1989). La ayuda prematura: causas y consecuencias de un error pedagógico. En: *Psicología para maestros*. La Habana. Pueblo y Educación.
- Labarrere, A.** (1996). Inteligencia y Creatividad en la escuela, *Rev. Educación* N° 88, La Habana.
- Labarrere, A.** (2000). Inteligencia y creatividad en la escuela: Repensar algunos fundamentos. San Luis de Potosí, México.

- Labarrere, A.** (2000a). Aprendizaje para el Desarrollo, *Rev. Cubana de Psicología*, N° 1, 10-18.
- Labarrere, A.** (2006). Solución de problemas, construcción de objetos matemáticos y desarrollo del pensamiento del estudiante. En: *RECHIEM*, Vol. 2, 44-60.
- Labarrere, A.** (2008). Bases Conceptuales de la Mediación y su Importancia actual en la práctica Pedagógica. En: *Summa Psicológica UST*, Vol. 5, N° 2, 87- 96.
- Labarrere, A. y Vargas, A.** (1999). La escuela desde una perspectiva cultural. Implicaciones para los procesos de desarrollo. Material Curso pre reunión Pedagogía 99, La Habana.
- Labarrere, A. y Quintanilla, M.** (2002). La solución de problemas en el aula. Reflexiones sobre los planos de análisis y desarrollo. *Revista Pensamiento Educativo*, Vol. 30, 2002, Págs., 121-138.
- Labarrere, A. Ilizástigui, L. y Vargas, A.** (2003). La formación del psicólogo. Contribuciones desde una concepción tridimensional. En: Toro y Marassi Eds. *Problemas centrales para la formación académica y el entrenamiento profesional del psicólogo en las Américas*. SIP.
- Mertens, L.** (2010). Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos. En Internet: <http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/mertens/index.htm>. Extraído 22.05.2010.
- Polya, G.** (1976). *Cómo plantear y resolver problemas*. México. Trillas.
- Quintanilla, M., Labarrere, A. y Araya, S.** (2000). Análisis de textos producidos por profesores de ciencia en ejercicio, en un espacio teórico reflexivo de perfeccionamiento continuo. En: *Boletín de Investigación Educativa*, Facultad de Educación, Universidad Católica de Chile, Vol. 15, 369-387.
- Rubinstein, S.** (1979). *El ser y la conciencia*. Pueblo y educación, La Habana.
- Schoenfeld, A.** (1985). *Mathematical problem solving*. New York Academic Press.

Capítulo 3

Promoviendo sujetos competentes ante la ciencia y sus problemas Análisis de microdiseños docentes de evaluación

Leonora Díaz M., Mario Quintanilla G., Alberto Labarrere S.

3.1. Introducción

En este capítulo se presenta un análisis de dos elaboraciones docentes llevadas a cabo en el marco del curso “Taller de Evaluación de Competencias de Pensamiento Científico”, una de las actividades del proyecto Fondecyt 1095149. En esas elaboraciones se invitó a los docentes a trabajar en el diseño de un dispositivo, en la modalidad de situación evaluativa, examen u otro, orientado a valorar una competencia de pensamiento científico en los estudiantes. Se trató de ejercicios previos a la elaboración de modelos más complejos y completos, procurando focalizar la praxis docente en seleccionar elementos principales de la evaluación de Competencias de Pensamiento Científico así como desplegar esfuerzos iniciales por valorar desarrollo de sujetos competentes, en un diseño de evaluación.

Nuestro Proyecto Fondecyt 1095149 postula que la enseñanza basada en el enfrentamiento a la solución de problemas científicos en la escuela, es uno de los principales medios para el desarrollo del ‘pensar teórico’ y el desarrollo de competencias, promoviendo a la vez, “ambientes de aprendizaje creadores y ricos en densidad metacognitiva”, para de esta manera, superar una enseñanza restringida a la adquisición de conocimientos. Si bien este espíritu se expresa en documentos curriculares oficiales de distintos países de la región, la enseñanza en las aulas dista de concretarlo, (véanse por ejemplo, los documentos Objetivos Fundamentales de Matemáticas que rigen desde 1998 en Chile, así como los

Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas, vigentes en Colombia desde 2006). Desde el punto de vista que se sostiene por los autores del presente capítulo, debe ser una finalidad primordial de la enseñanza en ciencias y matemáticas de los estudiantes, el desarrollo de un pensamiento de alto orden, que les permita enfrentar y solucionar problemas y tareas de diferente naturaleza, y en diversos contextos. Ello está inextricablemente asociado con la posesión de recursos personales generales, junto a unos algorítmicos y heurísticos, que aumenten su poder de actuación y de desempeño.

No menos importante resulta pasar, de una enseñanza de la ciencia y la matemática extremadamente frontal, centrada en estudiantes aislados ocupados únicamente en la adquisición de conocimientos, hacia una modalidad que ofrezca cabida al trabajo en grupos y equipos, como forma de avanzar hacia “comunidades de pensamiento y actuación”, donde el grupo actúa como comunidad generadora de conocimientos, y realiza actividades científicas escolares, tendientes a la conformación de Competencias de Pensamiento Científico (CPC) estudiantiles. El Proyecto configura conceptualmente a la competencia científica, como *una combinación dinámica de atributos en relación a conocimientos, habilidades, actitudes, valores y responsabilidades. Ésta se expresa en los resultados de aprendizaje, evidenciando que los estudiantes han aprendido a comprender la ciencia, por medio de las actividades de leer, escribir, pensar, explorar, captar, formular, percibir, atender, manipular, comunicar y transferir conocimiento científico, de una manera ágil y productiva, cuando abordan situaciones problemáticas.* Es en este sentido donde se conceptualiza la actividad que llevan a cabo, en diferentes dominios de la ciencia escolar (Matemática, Biología, Química y Física), cada una de las cuales mantiene aspectos generales relativos al pensamiento y las competencias que reclaman de los estudiantes, pero a la vez, conservan sus especificidades que determinan, no sólo la manera de operar en el ámbito correspondiente, sino también, los procesos y condiciones que habrán de ponerse a punto, para una buena formación.

Por ejemplo, la actividad matemática dice relación al trabajo con cantidades, magnitudes, formas, cambios y regularidades. La investigación en matemática educativa reporta, como características a la construcción de saberes matemáticos, entre otras, a las prácticas sociales de anticipación, predicción y formalización; las actividades de anticipación, con base en las acciones de comparar, aproximar y medir; las actividades de predicción, con base en las acciones de medir, calcular y modelar. Algo similar ocurre en los ámbitos de las otras ciencias, donde rigurosidad y precisión, así como modelar, comprobar, pronosticar, entre otras, resultan competencias cruciales para formar y evaluar.

3.2. Aproximaciones teóricas del capítulo

Distintas escuelas de investigación en educación científica, se orientan a la preocupación por hacer conscientes en la formación, los procesos de construcción de conocimientos, desmontándolos y resignificándolos por sujetos individuales y colectivos, en dirección a la formación de una “conciencia teórica”. El marco del enfrentamiento a la resolución de problemas, favorece procesos de esta amplitud y profundidad, a la vez que contribuye al levantamiento de explicaciones científicas escolares autorreguladas. Lográndose una elaboración de saberes, “activa, racional, emocional y pragmática”, constituyendo al estudiante “como un pensador activo, que construye significados personales y desarrolla su sistema de pensamiento, a través de un ejercicio intelectual individual y social que le permite plantearse preguntas y explicaciones, discutir sus ideas, cometer errores y encontrar sus propias soluciones al problema, en diferentes planos de análisis de la situación problematizadora que propone el profesor”, (Labarrere & Quintanilla, 2002; Zeichner & Liston, 1991).

3.3. Competencia de pensamiento científico y sujeto competente

A una evaluación de competencias de pensamiento científico (ECPC), corresponde estimar tanto la naturaleza de la competencia, (que incluirá, entre otros, procesos estratégicos e instrumentales de solución de problemas científicos), como reportar procesos vinculados al desarrollo de los sujetos; la asunción de base es que no es competente la competencia, sino el sujeto, con lo cual esta noción, aunque reconociendo su estatuto sumamente controversial en la actualidad, posee un inestimable valor, sobre todo de carácter metodológico, para la formación de los estudiantes. Dicha noción remite, en el terreno de la CPC y en general, al hecho de que el actuar competente debe ser estimado, no desde una representación abstracta de la persona, sino considerando el carácter personalizado de la competencia, su configuración extremadamente personal, que hace que dos personas, aún alcanzando el “mismo” nivel de desempeño ante las exigencias de una tarea específica, no logren éste, movilizándolo exactamente los mismos recursos personales, por similares que puedan parecer en procesos identificatorios o evaluativos. De hecho, se impone considerar el grado de variabilidad entre sujetos que aporta el elemento personal, el cual debería ser tomado en cuenta en la evaluación de competencias, como en los procesos formativos.

En sintonía con una modalidad evaluativa de CPC, que tome en cuenta la peculiaridad personal, es que se hace necesario diseñar e implementar sistemas o modelos de evaluación de CPC, que trasciendan la relativa rigidez que está presente en la mayor parte de las variantes de propuestas, que se han hecho hasta el momento, las cuales suelen responder al sesgo instrumental, que se ha colocado en la formación de las competencias de los estudiantes. Por ello es que se hace necesario precisamente, considerar la dimensión sujeto, como un aspecto cardinal en los ámbitos de su formación y evaluación, si cupiera la diferenciación.

3.4. Hacia una formación de sujetos competentes

Más allá de la aproximación conceptual, y del reconocimiento del valor de introducir la noción de sujeto competente en el discurso, y el quehacer próximo de la formación y evaluación de competencias, es necesario adentrarse en algunos aspectos en torno a los atributos que pudieran hacer visible, la aproximación al devenir de sujetos competentes, en el orden teórico y práctico-metodológico. A continuación se presentan algunos de esos aspectos para tener presentes al respecto (Labarrere, 2007):

- Asumir como intencionalidad fundamental, el desarrollo de los sujetos;
- Atender a la configuración idiosincrática de los sujetos (competentes), y a unos momentos o estadios de sus desarrollos;
- Abordar la noción de ciencia y sus actores, así como la noción de sujeto competente, desde una concepción emergente que revisa sus bases epistemológicas, teóricas, metodológicas y pragmáticas;
- Incorporar la participación y responsabilidad de los estudiantes, ante sus propias competencias y las "ajenas".
- Propiciar a la creatividad como eje transversal y anclaje horizontal, del desarrollo de los sujetos individuales y colectivos.
- Favorecer el desarrollo y despliegue de la orientación pluri o multi-dimensional, de los sujetos ante situaciones, tareas y problemas.
- Dominio progresivo del comportamiento a través de elaboración de puntos de vista; análisis de historias y ocurrencias, textos científicos y de la vida cotidiana; e identificación de modelos y de situaciones.

Una formación concurrente al devenir de sujetos competentes, que se hace cargo de los aspectos antedichos, atendería, al decir de los autores Labarrere, Quintanilla, Ilizástigui y Vargas (citados en Labarrere, 2007), a una estrategia formativa que se configura a través de cinco ámbitos de preocupación curricular, a modo de atributos que la definen y la describen, siéndole esenciales, a saber:

- Desarrollar tanto maneras de pensar como puntos de vista estudiantiles, sobre la acción y el actuar competente en la actividad científica escolar;
- Propiciar la actividad científica estudiantil con modelos y situaciones, (orientación en contextos);
- Dar paso a la autorreferencia y a monitorizar el comportamiento, en la actividad científica escolar;
- Desplegar actividad científica escolar en ambientes de desarrollo intencional, (diseño de situaciones de desarrollo, por los propios estudiantes);
- Proponer tareas y problemas, en la actividad científica escolar, que favorezcan la creación, la comunicación y la gestión, como ejes transversales y anclajes horizontales, al desarrollo de los sujetos tanto individuales como colectivos.

3.5. Los microdiseños de evaluación

En sintonía con los elementos antedichos, a continuación se levantan análisis de dos medios de evaluación de los docentes del estudio, realizados en calidad de ejercicios para objetivar, en diseños de evaluación, estimaciones de Competencias de Pensamiento Científico, así como valoraciones de desarrollo de Sujetos Competentes.

Se trató de ejercicios previos a la elaboración de modelos de evaluación más complejos y completos, procurando focalizar la praxis docente, en seleccionar elementos principales de la evaluación de Competencias de Pensamiento Científico, así como desplegar esfuerzos iniciales para valorar desarrollo de sujetos competentes, en un diseño de evaluación.

En la 3ª Sesión del Taller de Formación Docente (TFD-S03201009), los profesores trabajan en dos equipos. Entre otras, construyen una representación consensuada de “evaluación de competencia de pensamiento, mediante el enfrentamiento a la resolución de problemas”, fase teórica dirigida al plano cognitivo del desarrollo de competencias de pensamiento de los docentes, con soporte teórico conceptual en

las lecturas²⁹ de Quintanilla (2006) y Ospina (2009), y orientada a la reestructuración de conocimientos y representaciones de CPC, y evaluación de éstas. En la fase de instrumentación, dirigida al desarrollo de competencias docentes de elaboración y diseño de situaciones evaluativas en CPC, elaboran un microdiseño de situación evaluativa, tomando como base las definiciones elaboradas en consenso en la sesión anterior, y actualizada en esta sesión.

Por medio de las dos fases mencionadas, en esta tercera sesión del taller se procuró que los docentes desarrollasen habilidades para la producción, en tiempo breve, de instrumentos evaluativos a partir de una toma de posición teórica. Cada equipo trabajó en el diseño de un dispositivo, (situación evaluativa, examen, u otra modalidad), orientado a evaluar una competencia de pensamiento científico en los estudiantes.

Esta actividad de elaboración de un dispositivo destinado a la evaluación de CsPC, fue denominada como "Microdiseño" de situación evaluativa. La denominación de Microdiseño, se debió a que su elaboración debía realizarse en un tiempo sumamente breve y con inclusión, de forma condensada, de aquellos elementos esenciales que, a criterio de los miembros del equipo, permitieran evaluar la existencia y el desarrollo de las CsPC en los estudiantes.

El diseño del instrumento evaluativo, debía poner en evidencia el progreso de los profesores, en el diseño de situaciones evaluativas de CsPC, hasta ese momento, mostrando además de la orientación evaluativa, las dimensiones en que se centraba su atención en el acto de diseñarla.

Así, la actividad tuvo el propósito de poner de manifiesto, y trabajar la habilidad de diseño de mediaciones evaluativas, por lo cual se constituye en un medio para consolidar los conocimientos desarrollados en la fase anterior, y al mismo tiempo, actuar en calidad de ejercicio previo a la elaboración de modelos más complejos y completos. Cada equipo presentó y fundamentó su elaboración, desde dónde se generaron variadas conclusiones.

29 Quintanilla M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias de científicas, desde una imagen naturalizada de ciencias. En: Quintanilla Adúriz-Bravo (ed). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio*, Ediciones PUC. pp. 17-42.
Ospina, P. (2009). Competencias en ciencias. http://www.imaginar.org/esquel/info/competencias_en_ciencias.pdf

3.6. Acepciones operacionales de competencias, competencias de pensamiento científico, y sujetos competentes para el análisis de los microdiseños

Se aborda el análisis de los diseños, fijando una acepción específica para la noción de competencia, noción a la que concurren hoy activamente muchas voces y discursos. Remitimos su acepción, a aquella que se configura de considerar su planteo inicial por el lingüista Noam Chomsky, a inicios de los años setenta del siglo pasado. Este introduce la noción de competencia, como herramienta interpretativa “para llegar a entender como el lenguaje se usa o se adquiere”. Señala que es menester abstraer “un sistema cognitivo, un sistema de conocimientos y creencias que opera en concurrencia recíproca, con muchos otros factores, determinando los tipos de comportamientos lingüísticos accesibles a la observación” (1971; citado por Chona y otros; p. 6). Parafraseamos al dominio que nos ocupa, de visualizar una suerte de “saberes en acto”, en tanto que determinantes de comportamientos científicos escolares, asequibles por la observación, por lo que esta acepción de competencia estaría más bien ligada a un saber hacer específico.

Por su parte, se atiende a la noción de competencia de pensamiento científico (CPC), que sustenta nuestro Proyecto, y que nos remite a despliegue de saberes, de capacidades para afrontar una situación, de un cierto grado de dominio de habilidades y recursos, atributos sustentados en las acciones de “captar, pensar, explorar, atender, percibir, formular, manipular e introducir cambios que permitan realizar una interacción competente, en un medio dado o específico”, (Quintanilla, M.; 2006, p. 27).

Tal noción de CPC, se hace ostensible en su despliegue por los planos instrumental-operativo, personal-significativo y relacional-social, (Labarrere, A. y Quintanilla, M., 2002). El primero se muestra en la actividad de los sujetos, y refiere al saber hacer específico. En el plano personal significativo, se hacen patentes los por qué y para qué de la actividad; también desempeñan un papel importante los puntos de vista, las representaciones y creencias que sobre la actividad y ellos mismos, tienen los sujetos, aunque en muchos casos éstos sean inestables o poco coherentes, desde la lógica de los saberes eruditos, sus métodos y su naturaleza. Por su parte, el plano social-relacional lo configura el espacio generado en la solución grupal de la actividad escolar, o en la interacción netamente pedagógica. Refiere no sólo a las relaciones que constituyen la trama que se teje en los procesos comunicativos, sino también y acaso sobre todo, al conocimiento y la representación que los sujetos tienen de esas interacciones, así como al dominio y la conciencia que ellos

alcanzan respecto a la producción de relaciones deseables, ya sea para la solución de los problemas en cuestión, o para los propios procesos formativos en los cuales están involucrados.

Al sujeto competente lo comprendemos siendo configurado por cinco dimensiones, (Labarrere y otros; 2007); esto es, los estudiantes devienen sujetos competentes en tanto que: desarrollan tanto maneras de pensar como puntos de vista propios sobre la acción, y el actuar competente en la actividad científica escolar; desarrollan la actividad científica estudiantil con modelos y situaciones, (orientación en contextos); despliegan autorreferencia y monitoreo de su comportamiento, en la actividad científica escolar; llevan a cabo actividad científica escolar en ambientes de desarrollo intencional, (diseño de situaciones de desarrollo, por los propios estudiantes); y, tanto tareas como problemas que realiza el estudiantado en la actividad científica escolar, ostentan desarrollos en las dimensiones de creación, comunicación, gestión, y en los órdenes de los sujetos tanto individuales como colectivos.

3.7. Análisis de los microdiseños

En la actividad de microdiseño y durante este proceso, las representaciones docentes tendieron, en términos generales, a visualizar acciones competentes más que a sujetos competentes:

“...bueno ellos... (los estudiantes), ya asumimos (nosotros, los profesores), que tienen el paso previo, es decir, ya saben lo que es... carbohidratos”

(Docente, 32.54' - TD03201009)

Es decir, cuando los profesores sostienen que los estudiantes “ya saben lo que es”, ponen el acento no en la forma como ellos llegaron a “saber algo”, sino más bien aluden al saber como una competencia aislada del sujeto, vacua de contexto y sentido de configuración, que nacen desde el desempeño puesto en escena, en una actividad científica estudiantil.

En este sentido, sujeto competente y el desarrollo de competencias científicas, son dos caras de una misma moneda: insolubles. Por ende, las representaciones de los profesores “deberían” desplazarse de modo reversible en ambos sentidos, a fin de no sobrevalorar las competencias como aspectos externos y unívocos, sino como despliegues personales que a su vez, se imbrican con situaciones colectivas y situacionales.

De las competencias puestas en escena, si bien uno de los equipos tiende a privilegiar dimensiones individuales, ambos las combinan con momentos de elaboración más colectivos, aunque no queda claro en qué medida esto último se corresponda con los modos de acción, que suelen observarse cuando los profesores trabajan según protocolos de acción típicos, (“Informe de la actividad experimental”).

Por ejemplo, el siguiente fragmento asociado al grupo 1, cuyo Microdiseño “Cómo reconocemos carbohidratos en los alimentos”, ilustra lo que se acaba de afirmar:

“... resolución de problemas... esa es la competencia que nosotros queremos evaluar a través de todas esas habilidades... esta recopilación de información también incluye algún método, algún diseño experimental que permita... la medición de carbohidratos en los alimentos... Verificar la existencia de materiales en el laboratorio; con eso queremos nosotros ponernos en el plano de que los alumnos no vayan a llegar con un diseño experimental, que sea imposible de tener en el colegio... porque los chicos TIENEN que realizar la experimentación... luego viene la hipótesis...sigue el procedimiento enseñado a elección y luego análisis de datos –...recopilación de datos, interpretación de datos, análisis de datos...– elaboración de informe, comunicación de información...”

(Docente, 1h 15min a 1h 18min - TD03201009)

Este grupo privilegia evaluar competencias finales o cristalizadas, tanto en su diseño global como en particular, en la rúbrica con la que evaluarían el informe que solicitan a los estudiantes en su diseño. Para reconocer carbohidratos en los alimentos, los docentes valorizan las dimensiones de información, hipótesis, manipulación de materiales e instrumentos y análisis de datos; a saber, valoran el despliegue de unas competencias estandarizadas, para informes de la actividad estudiantil de laboratorio, (cfr. Anexo Microdiseño Grupo 1). Cabe señalar, que estas dimensiones guardan espacios para el despliegue de aspectos no triviales de estas competencias, aunque no alcanzan a explicitar indicadores específicos de la competencia de resolución de problemas, mismos que quedan implícitos atendido a este propósito original del grupo de docentes. Representamos esquemáticamente estos análisis en la Tabla 1.

Mientras el grupo 2, cuyo Microdiseño es “El CO₂ ¿ángel o demonio?”, procura evaluar fundamentalmente la competencia de argumentar, teniendo en cuenta que se despliegan a partir de esta, otras competencias también, en la cuestión de si el CO₂ es ángel o demonio, poniendo en situación de disyuntiva al estudiantado y obligándolo a la vez a tomar partido de manera justificada, (primera hipótesis).

Luego, con datos, información y análisis provenientes de una indagación, se elaborará una segunda hipótesis, para después contrastarla con la primera, a fin de validar la mejor argumentada. El dispositivo de evaluación que diseña este grupo, supone una actividad científica escolar que se despliega en dos sesiones. Considera valorar el “despliegue” de argumentaciones estudiantiles, concurrentes a cada una de las hipótesis sucesivas, a la defensa de sus posturas, luego de argumentar su segunda hipótesis y a propósito de su postura final, fruto del contraste de hipótesis. Este diseño da un paso más allá en la actividad científica escolar que propone, misma que ya incorpora una investigación estudiantil, por lo que conlleva un saber hacer concomitante. De lo presentado por el grupo, se infiere un modo de presencia de competencias como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Competencias. Indicadores en los microdiseños de evaluación

1: No aparece**2:** Aparece vagamente**3:** Facetas del indicador presentes**4:** Indicador ampliamente presente

INDICADORES	Presencia de Competencias en MICRODISEÑOS							
	<i>El CO₂ ¿ángel o demonio?</i>				<i>¿Cómo reconocemos carbohidratos en los alimentos?</i>			
Dimensiones del actuar competente	1	2	3	4	1	2	3	4
Individuales		X				X		
Colectivas		X				X		
Competencias finales/en desarrollo	1	2	3	4	1	2	3	4
Cristalizadas			X				X	
Génesis y momentos de desarrollo		X			X			

De modo análogo, y en lo que refiere a competencias de pensamiento científico que procuran activar los microdiseños, los grupos se diferencian en las construcciones de pensamiento que consideran. El grupo uno, si bien procurará individuales y colectivas, no son concebidas como formaciones en desarrollo; más bien, refieren a configuraciones institucionalizadas por la ciencia escolar. Por su parte, el grupo dos abre opciones tanto a configuraciones personales como a instituidas, considerándolas a la vez desde la perspectiva de su desarrollo, y en sus dimensiones individual y colectiva, (cfr. Tabla 2). Respecto de los planos

de despliegue, el diseño del primer grupo focaliza en el instrumental operativo, aunque también se infiere despliegue en los otros dos planos, en el personal significativo, cuando la respuesta a la cuestión planteada será vehiculada por un informe, que debe responder a un protocolo que incorpora entre otras acciones elaborar hipótesis, interpretar y analizar, movilizandoo recursos de significado del estudiantado, y en el plano relacional social, cuando atiende a un trabajo en equipo y a la comunicación de resultados al colectivo. El segundo grupo levanta un diseño que potencialmente, permitiría el despliegue del estudiantado en los tres planos antedichos, según se ha comentado antes, (cfr. Tabla 2).

Debe hacerse notar que en ninguno de los microdiseños, se explicita el contexto de la ciencia o los espacios culturales más amplios, en que tiene lugar la acción científica de los estudiantes, lo cual es considerado como una limitación de los mismos. Sin embargo, es pertinente señalar que posiblemente, este hecho se debe a las mismas características y condiciones en que se realizan los microdiseños.

Tabla 2

Competencias de pensamiento científico. Indicadores en los microdiseños de evaluación

- 1: No aparece
- 2: Aparece vagamente
- 3: Facetas del indicador presentes
- 4: Indicador ampliamente presente

INDICADORES	Presencia de Competencias de Pensamiento Científico en MICRODISEÑOS							
	<i>El CO₂ ¿ángel o demonio?</i>				<i>¿Cómo reconocemos carbohidratos en los alimentos?</i>			
Construcciones de pensamiento	1	2	3	4	1	2	3	4
Individuales			X			X		
Colectivas			X		X			
Acabadas			X				X	
En desarrollo			X			X		
Configuraciones personales/preestablecidas			X			X		
Planos de despliegue de la CPC	1	2	3	4	1	2	3	4
Instrumental-operativo				X				X
Personal-significativo				X			X	
Relacional-social				X			X	

En cuanto a las mediaciones evaluativas, el grupo 2 alude a una dimensión afectivo valorativa en el decurso de su elaboración, cuando uno de los participantes lidera la discusión preguntando:

“¿Qué evaluación piensan que les atrae más a los chicos?”

(Docente, 18.22' - TD03201009)

Este grupo aborda los contenidos desde una aproximación más bien problematizadora, los instrumentos implícitos de pesquisa de argumentos en el proceso y al cierre, favorecen conductas flexibles y creativas, así como se acercan al desarrollo de densidad metacognitiva.

“...y finalmente una reflexión...cómo fue este proceso de (desplazarse) de la hipótesis uno a la dos... que ellos hagan la contrastación de las hipótesis”

(Docente, 1h25min a 1h26min TD03201009)

Por su parte, el microdiseño del grupo uno privilegia evaluar explícitamente más bien modos algorítmicos, conductas estereotipadas y sin visualizar, a las dimensiones metacognitivas y emocional valorativas, (cfr. textualidad a 1h 15min).

Siendo el propósito del diseño del grupo 2, poner al estudiantado en una situación que le permita debatir a través de conocimiento científico, su particular configuración lleva a éste al despliegue de la competencia de la argumentación, en el marco de una actividad de investigación, a la vez como herramienta coadyuvante al desarrollo de sus competencias de pensamiento científico, y como portadora de indicios de unos atributos de sujetos competentes. Esta configuración de actividad formadora y dispositivo de evaluación, hace plausible reportar génesis y momentos de desarrollo de la competencia de argumentación científica. De modo particular, el diseño aporta a que monitoricen sus modos de entender, y abordar la actividad científica escolar cuando pide responder, concluyendo el contraste de conjeturas:

“¿Con qué respuesta me quedo después de todo el proceso?”

(Anexo Microdiseño Grupo 2)

Conduce a la vez al estudiantado a aprender de su propia práctica indagativa, en marcos de gestión tanto individuales como colectivos, (cfr. Tabla 3).

Tabla 3

Al sujeto competente. Indicadores en los microdiseños de evaluación

- 1: No aparece
- 2: Aparece vagamente
- 3: Facetas del indicador presentes
- 4: Indicador ampliamente presente

INDICADORES	Trazas de Sujeto Competente en MICRODISEÑOS							
	<i>El CO₂ ¿ángel o demonio?</i>				<i>¿Cómo reconocemos carbohidratos en los alimentos?</i>			
Evaluación en el horizonte de Sujetos Competentes	1	2	3	4	1	2	3	4
Estima el desarrollo tanto de maneras de pensar como de puntos de vista estudiantiles, sobre la acción y el actuar competente en la actividad científica escolar;				X		X		
Aprecia la actividad científica estudiantil con modelos y situaciones, (orientación en contextos);				X				X
Pondera el paso a la autorreferencia y a monitorizar el comportamiento, en la actividad científica escolar;				X			X	
Valora la actividad científica escolar en ambientes de desarrollo intencional, (diseño de situaciones de desarrollo, por los propios estudiantes);				X		X		
Evalúa tareas y problemas desarrollados en la actividad científica escolar, en sus dimensiones de creación, comunicación, gestión, y en los órdenes de desarrollo de los sujetos tanto individuales como colectivos.				X			X	

3.8. A modo de cierre

Bajo el enfoque de formación del pensamiento científico, y la evaluación de competencias de pensamiento científico, como un proceso de desarrollo continuo y dinámico, los docentes diseñaron dispositivos de evaluación para valorar, en un caso la competencia científica de la resolución de problemas, y en el otro, la competencia científica de la argumentación; ambos dispositivos en el marco de dos actividades científicas escolares, esbozadas por ellos. Sus microdiseños ponen en evidencia, interesantes procesos de configuración de competencias de pensamiento docente en evaluación, no obstante que se trataran de ejercicios previos a la elaboración de modelos más complejos y completos.

Los diseños ilustran la selección de competencias de pensamiento científico principales para su evaluación. Para el diseño con foco en la competencia científica de resolución de problemas, quedan implícitos indicadores de su despliegue, y se los remite a un protocolo de evaluación estandarizado, mostrando con ello que los docentes se internan en un camino nuevo que desean transitar. Para el dispositivo centrado en el desarrollo de la argumentación científica, los docentes hacen jugar a ésta un rol complejo y abarcador, a saber, validar internamente la actividad científica estudiantil, al tensionar sus epistemes previas a la experiencia –hipótesis I– con aquellos nuevos entendimientos configurados con base en esa experiencia –hipótesis II . Así, el rol de la argumentación científica en este diseño formativo logra un alcance mayor, potenciando el desarrollo de sujetos competentes en la actividad científica escolar, si bien el grupo no alcanza a reparar en ello en el acto de su elaboración y por ende, tampoco avanzan indicadores a este respecto.

Constatamos, con base en tal diseño, la relevancia central de la configuración en una propuesta formativo-evaluativa, en vistas a propiciar sujetos competentes, la absoluta importancia de la disposición e interrelación de sus partes componentes, mismas que le dan su peculiar forma y propiedades agregadas. Estos componentes se pueden corresponder con instrumentos muy usuales a las prácticas docentes, en aulas de ciencia y de matemáticas, pero que responden a configuraciones que podríamos adjetivar ya sea de retroactivas, (la hipótesis I se vuelve a revisar con base en antecedentes de una acción investigativa), de sistémicas, (la competencia argumentativa aborda a un quehacer científico escolar en su conjunto), y/o de complejas, (configuración formativo-evaluadora que responde a una diversidad de elementos, mismos que se juegan en distintos planos y tiempos). Son atributos que pudiesen constituirse en condiciones necesarias, por lo que exigibles, a modelos de evaluación que promuevan el desarrollo de sujetos competentes.

Anexos

• **Microdiseño de Evaluación Grupo 1**

Rúbrica que evalúa despliegue de competencias para reconocer carbohidratos en los alimentos.

Información

1. Es pertinente.
2. Complete medición de distintos tipos de carbohidratos.
3. Verifique existencia de materiales en el laboratorio.

Hipótesis

1. Formulación de hipótesis de trabajo.

Manipulación de materiales e instrumentos

1. Orden.
2. Cuidado y limpieza.
3. Siga un procedimiento diseñado previamente.

Análisis de datos

1. Recopilación de datos.
2. Interpretación de datos.
3. Análisis de datos.
4. Elaboración de información.
5. Comunicación de información.

¿Cómo reconocemos carbohidratos en los alimentos?

Habilidades

- Recopilación de información
- Elaboración de hipótesis
- Manipulación de instrumentos
- Recopilación de datos
- Interpretación de datos
- Análisis
- Elaboración de informe
- Comunicación de resultados

Competencia

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Característica de (la) evaluación

- | | |
|-----------------|-------|
| a. Debe mejorar | (40%) |
| b. Suficiente | (60%) |
| c. Bueno | (70%) |
| d. Muy bueno | (85%) |

• Microdiseño de Evaluación Grupo 2

DISPOSITIVO para evaluar la competencia de argumentar a la cuestión de si el CO_2 es ángel o demonio.

1º Medio Química: El CO_2 : ¿ángel o demonio?

1ª Hipótesis:

Argumentos: →
→
→

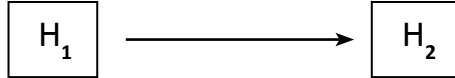
INVESTIGACIÓN + ANÁLISIS DE DATOS → Pauta

2ª Hipótesis:

Argumentos: →
→
→

DEFENSA DE SU POSTURA → Argumentos
→
→

Reflexión final: Contrastar



1. ¿Cómo fue el proceso de ir de H_1 a H_2 ?
2. ¿Con qué respuesta me quedo después de todo el proceso?

EVALUACIÓN

Referencias bibliográficas

- Chona, G.; Arteta, J.; Fonseca, G.; Martínez, S.** (s/f). Formas de apropiación del discurso sobre competencias de los profesores de ciencias naturales. Un estudio sobre el pensamiento de los profesores. Informe Proyecto Investigación. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de Biología y Doctorado en Educación. Santa Fe de Bogotá. Colombia. Tomado el 100510 de: http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted09_11arti.pdf.
- Labarrere, A. y Quintanilla, M.** (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, Facultad de Educación, PUC. Revista Pensamiento Educativo Vol. 30.
- Labarrere, A. y Quintanilla, M.** (1999). La generalización de procedimientos de solución de problemas, y la autorregulación de la actividad cognoscitiva de los estudiantes. Documento de circulación restringida.
- Labarrere, A.** (2007). De la competencia al sujeto competente y más allá. Presentación realizada por el autor en la Facultad de Educación. PUC. Chile.
- Liston, D., & Zeichner, K.** (1991). *Teacher education and the social conditions of schooling*. New York: Routledge.
- Ministerio de Educación**, (2003). Currículum de la Educación Media: Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios. Actualización 2003, MINEDUC, Chile.
- Ministerio de Educación Nacional**, (2005). ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS EN MATEMÁTICAS. Potenciar el pensamiento matemático: ¡un reto escolar! Extraído el 20 de julio de 2008 desde: http://menweb.mineducacion.gov.co/saber/estandares_matematicas.pdf
- Ospina, P.** (2009). Competencias en ciencias. Tomado el 080310 de: http://www.imaginar.org/esquel/info/competencias_en_ciencias.pdf
- Quintanilla, M.** (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias de científicas desde una imagen naturalizada de ciencias. En: Quintanilla y Adúriz-Bravo (eds). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio*. Ediciones PUC. pp. 17-42.

Capítulo 4

La noción de metabolismo, como dispositivo epistemológico y didáctico para promover Competencias de Pensamiento Científico

Eduardo Ravanal M.

4.1. Introducción

Enseñar biología en la escuela es, incuestionablemente, una invitación a resignificar nuestra práctica pedagógica; es comprender y asumir un compromiso con los tiempos en que los jóvenes de nuestro país se, desarrollan personal y profesionalmente. Estos propósitos, en gran medida, nos llevan a ajustar la mira telescópica hacia una enseñanza provocadora y promotora de espacios democráticos diversos, dialógicos y, profundamente reflexivos.

Estamos convencidos de que la enseñanza y aprendizaje de la biología escolar hoy, debe estar ligada al desarrollo de competencias de pensamiento científico con el objeto de suscitar la participación de las personas sobre los temas socio científicos propios de una sociedad en permanente cambio, junto con saber afrontar desafíos, conflictos o problemas. En este contexto, es urgente discutir sobre las visiones epistemológicas presentes en los docentes de biología, y cómo éstas condicionan el diseño de la enseñanza para la formación de un sujeto competente en ciencias; consideraciones importantes para promover adaptaciones fundamentadas en el diseño didáctico del profesor/a.

Desde este marco de discusión, deseo compartir algunas ideas derivadas del estudio con profesores de biología en activo, sobre la noción de *metabolismo* y la enseñanza en la escuela.

4.2. Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología escolar

En 1987, Hewson y Hewson publican un artículo que plantea que los docentes al igual que los estudiantes, poseen preconcepciones, ideas y comportamientos intuitivos, que interfieren en la adquisición de conocimientos científicos; para el caso de los profesores, en la enseñanza de la biología escolar. Ahora bien, las visiones epistemológicas “matizadas” y espontáneas del profesorado (Fernández, et al., 2002), que constituyen el sistemas de ideas de un profesor (Perafán, 2005), sin duda, deben ser consideradas a la hora de enseñar, como también deben ser identificadas y caracterizada por los docentes, para orientar sus diseños de enseñanza. En cuanto al aprendizaje, Jiménez (2003), presenta un análisis didáctico, e identifica algunos ejemplos de dificultades de biología en secundaria obligatoria, que se muestran en la tabla 1 tipificadas como: conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Tabla 1

Algunos ejemplos de dificultades de biología en secundaria.
Tomado de Jiménez (2003:131).

Tema	Dificultades de aprendizaje
Los seres vivos	Confusión entre atributos de vivo y de animal; presencia no universal de células, “vivo” restringido a “animal”; creencia en generación espontánea, (microorganismos). Clasificación siguiendo criterios de semejanza morfológica; dificultades en la identificación con claves. Insuficiente respaldo conceptual al mantenimiento de diversidad; identificación de microorganismo con “perjudicial”.
Plantas y fotosíntesis	Atribución de presencia de flores y frutos sólo en plantas que los tienen conspicuos; confusión entre fruto y fruta; las plantas se “alimentan” del agua, la tierra. Dificultades en la identificación de plantas del entorno. Falta de interés por la conservación de las plantas; no inclusión de conocimientos sobre árboles en la “cultura general”.
Animales	“Animal” restringido a vertebrados mamíferos; antropomorfismo. Dificultades en la identificación de animales comunes del entorno. Desinterés por la conservación de insectos.

Ecología	Ecosistema restringido a seres vivos; percepción lineal de las relaciones (cadena, no redes); concepción estática. Dificultades en la interpretación de redes alimentarias en la escala del tiempo, atribución causal. “Problema ambiental” restringido a contaminación, escasa atención a recursos, sobre todo abióticos; dificultades para aceptar la propia responsabilidad personal.
El ser humano y la salud	Confusión entre nutrición y alimentación; papel de la nutrición restringido a aporte de energía, ignorando nutrientes plásticos; confusión entre excreción y defecar; creencias inadecuadas sobre dieta equilibrada; insuficiente conocimiento sobre reproducción, embarazo, enfermedades de transmisión sexual; estereotipos sobre contagio. Dificultades para la interpretación del etiquetado de alimentos. Falta de disposición a seguir dieta equilibrada de forma continuada; estereotipos sobre sexualidad y roles de género”.

Podemos agregar a estos antecedentes, las serías dificultades que existen en la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis y la respiración. Estudios realizados por Charrier et al., (2006), corroboran que estos conceptos son difíciles de enseñar y aprender por su **complejidad**, como también por la forma cómo se enseñan. Por ejemplo, se tiende a enseñar juntos y como ejemplos de procesos anabólicos y catabólicos, situación que lleva a los estudiantes a pensar que son procesos químicos inversos, aspecto que lleva a concepciones alternativas que dificultan el aprendizaje de procesos biológicos más complejos.

4.3. ¿Qué piensan los profesores sobre qué y cómo enseñar la noción de metabolismo?

Con el propósito de identificar y caracterizar las concepciones del profesorado, desde la selección y análisis de materiales curriculares, para la enseñanza de la noción de metabolismo, es que cada profesor/a prepara una mochila didáctica y, luego de revisar, comparar y analizarla, discutimos al respecto. El análisis de la información nos lleva a afirmar que:

- a. Los profesores conciben los recursos de una mochila didáctica, tales como libro de textos, guías y pruebas desde niveles de comprensión conceptual o instrumental operativo (Labarrere y Quintanilla, 2002), es decir, cada uno de ellos se utiliza para enseñar-aprender un concepto científico, como para el desarrollo de ciertas habilidades, entre ellas: relacionar, aplicar, interpretar, inferir, definir, lo que sugiere una noción de competencia general en un plano más bien conceptual.

Algunas textualidades, cuando los docentes abordan las posibilidades que ofrece la mochila didáctica, para la enseñanza del metabolismo, plantean:

“Los alumnos podrán conocer el concepto de metabolismo basal, relacionar conceptos previos con reacciones químicas en las células; luego relacionan, aplican e interpretan resultados... Luego presentan las respuestas, desarrollan ejercicios. Cálculo de los requerimientos energéticos mínimos”.

(Profesor de biología)

“Los esquemas ayudan a los alumnos a relacionar el concepto de metabolismo con las ideas previas que ellos tienen. Se espera que al entregar dos fenómenos cotidianos sean capaces de definir metabolismo y asociar con necesidad energética del organismo... Se entregan tablas para calcular su tasa metabólica basal y la comparan con sus compañeros... se les enseña a calcular”.

(Profesor de biología)

- b. Los profesores sostienen que las ideas previas, son importantes para ayudar a **relacionar** conceptos. Esta representación emerge de una noción de aprendizaje que los docentes eventualmente comparten, aprendizaje significativo. La existencia de ideas previas o ideas de anclaje según Ausubel (1976), citado en Gutiérrez (1989), se vinculan con la nueva información para dar sentido a los hechos o situaciones en discusión, al mismo tiempo cómo se transforman las ideas constitutivas de la estructura cognoscitiva. Desde esta perspectiva, creemos que la noción de aprendizaje significativo en el profesorado, sigue siendo “*ingenua*” y se ajusta más a una “moda” del paradigma vigente, constructivista, que a una concepción que constituya parte de su conocimiento didáctico del contenido.

Aparentemente, la **relación** entre conceptos mediada por ideas previas, es “espontáneo”, imagen de aprendizaje significativo *ingenua*, dado que, las ideas previas son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente por medio de la enseñanza, incluso cuanto la instrucción es reiterada (Mora y Herrera, 2009), lo que podría significar un obstáculo para “relacionar conceptos” si es que son contradictorios; así como por su carácter indiferenciado, puede llevar a confusiones a la hora de ser aplicado (Chamizo et al., 2005), y que Vigotsky (1996) describe: “*cuando un niño opera con conceptos espontáneos (ideas previas), no tiene conciencia de ello, puesto que su atención está siempre centrada en el objeto al cual se refiere el concepto, nunca en el acto de pensamiento mismo*”.

Nuestras investigaciones (Ravanal 2009; Ravanal y Quintanilla, 2010; Ravanal y Quintanilla, 2012) revelan que el profesor de biología manifiesta una visión epistemológica tradicional caracterizada por la reproducción y simplificación del contenido, desde método tecnicista determinado por secuencia de actividades cerradas, con matices interpretativos.

4.4. Secuencia de enseñanza del metabolismo para promover competencias de pensamiento científico (CPC)

En una sesión de trabajo, los profesores proponen una secuencia de enseñanza de la noción de metabolismo. Para ello, utilizan como referencia seis fichas con propuestas de actividades (Tabla 2). El propósito, identificar el modelo didáctico personal, teoría de aprendizaje implícito, imagen de ciencia y su relación con el desarrollo de CPC, que comparten las docentes

De las seis fichas que se entregaron, dos de ellas (ficha 2 y 5) fueron construidas desde una visión epistemológica propia del modelo cognitivo de ciencia de Giere (1992), o biología escolar (Izquierdo et al., 1999). A continuación, se describen las fichas de trabajo.

Tabla 2

Descripción de las fichas de actividades propuestas a los profesores participantes del taller docente.

Ficha	Descripción de la Ficha
1	Propone actividades que se enmarcan en un plano instrumental operativo. Solicita a los estudiantes definiciones operacionales de metabolismo, energía química y nutriente. Se representa con una imagen, la noción operacional de catabolismo y anabolismo. Finalmente, se solicita un mapa conceptual con los conceptos que se han definido.
2	Se presenta una consigna bajo la denominación de “metáfora”: “Si en la casa algo falta, esta no funciona bien”. Se solicita identificar elementos vinculados con el buen funcionamiento de la casa, y proponer situaciones problemáticas. Finalmente, establecer una comparación entre la casa y la célula, usando la misma consigna, (actividad que surge desde los modelos didácticos analógicos).

3	Se muestra un esquema de una célula, con una mitocondria central. En el esquema se muestra un resumen del metabolismo intermedio. Se muestran grafismos que apuntan a distintas moléculas. La ficha dice que el profesor explica el esquema con sus palabras, con el propósito de dejar clara la noción de metabolismo. La propuesta es extraída de los planes y programas vigentes.
4	Propone un diálogo entre un extraterrestre y ET. La ficha describe la situación, en la que el ET muestra al joven, musgo, pan, un auto, un clavo, luego de eso, el ET pregunta ¿Qué de estas cosas tiene metabolismo? ¿Qué dirías? ¿Cómo puedes demostrar al ET que lo que dices es correcto?
5	Muestra una tabla con distintas actividades físicas, y el gasto de energía que cada una de ellas demanda. Los estudiantes deben calcular el gasto energético en kilocalorías.
6	Sostiene que a partir de una lectura sobre el metabolismo, el estudiante debe abordar las siguientes tareas: extraer tres ideas principales sobre el tema; realizar un cuadro comparativo entre catabolismo y anabolismo; mencionar tres enfermedades metabólicas y caracterizar cada una de ellas y Finalmente realizar un esquema que resuma el texto leído.

Cada docente revisa y analiza las fichas individualmente y en silencio. Posteriormente, debe elegir tres de ellas que permitan enseñar y evaluar competencias de pensamiento científico³⁰, y argumentar sobre la decisión tomada. Los registros docentes se muestran en la tabla 3 y la secuencia posible se aprecia en la tabla 4.

30 Esta fue la consigna original, sin embargo, los profesores al momento de abordar la tarea lo hacen pensando en la enseñanza del metabolismo.

Tabla 3

Una aproximación a la enseñanza del metabolismo a partir de la selección de actividades propuestas en 6 fichas de trabajo.

Profesor	<i>Secuencia de Fichas de trabajo. Espontáneo Siete días después</i>		<i>Objetivos de la secuencia de fichas elegida (Espontáneas)</i>	Lo que el estudiante debe hacer para abordar la ficha de trabajo (Siete días después)
<p>PROFESOR 1</p> <p>11 años de servicio.</p> <p>Trabaja en colegio municipalizado</p>	2	6	<p>Recoger datos, comparar, clasificar, relacionar, sintetizar, transferencia de conocimiento a situaciones similares y formular preguntas a partir de observaciones.</p>	<p>Debe leer comprensivamente para extraer ideas principales, (entender lo que lee). Buscar vocabulario, significados, subrayar ideas principales. Describir anabolismo y catabolismo (en que consisten). Relacionar problemas de metabolismo: Enfermedades</p>
	4	4		<p>Explicar el concepto de metabolismo; relacionar, comparar y situaciones nuevas para el alumno.</p>
	6	2		<p>Aplicar conocimientos científicos, relacionando lo que sucede en “casa” para transferir a la célula</p>

<p>PROFESOR 2</p> <p>8 años de experiencia</p> <p>Trabaja en colegio particular subvencionado</p>	3	3	<p>Con la 3 daría la explicación, luego la ficha 2 se usó para la comprensión de ellos y la 1 para la aplicación.</p>	<p>El alumno debe saber los componentes de cada una de las macromoléculas dadas; tener clara la función de la mitocondria (identificarla como organelo celular). Finalidades de las reacciones químicas (anabolismo y catabolismo).</p>
	2	6		<p>Debe poder extraer las ideas principales de un texto. Redactar y comparar (leer); identificarlas. Tener la capacidad de resumir. Organizar las ideas en un esquema</p>
	1	1		<p>Tendrá que tener la capacidad de relacionar los conceptos que incluye el aprendizaje de metabolismo (catabolismo) anabolismo, ATP, nutrientes, etc).</p>

Tabla 4

Secuencia de enseñanza propuesta por los profesores de biología para el contenido de *Metabolismo* considerando el set de fichas propuesto.

Clase	Profesor 1	Profesor 2
1	<p>a. Se inicia la clase con un reforzamiento de los conceptos que relacionan la estructura y actividad celular.</p> <p>b. Se forman grupos de trabajo de 5 a 6 alumnos, se les entrega la ficha Nº 2. Los alumnos leen y analizan la metáfora presentada, y responden las preguntas planteadas en la ficha.</p> <p>c. El jefe de grupo presenta sus reflexiones al resto del curso.</p> <p>d. Se les entrega ficha Nº 4 y se les solicita que en el grupo discutan las preguntas planteadas y proponen sus respuestas al resto del curso.</p> <p>e. Los alumnos definen con sus palabras el concepto “metabolismo”; escriben en su cuaderno.</p>	<p>a. El objetivo es conocer cómo las células obtienen su energía.</p> <p>b. Se propone a los alumnos la siguiente situación: Ficha 4. Tiempo estimado: 15 minutos.</p> <p>c. Utilizando la ficha 3. Explicación del esquema como apoyo para entender el proceso de metabolismo celular.</p> <p>d. Responde nuevamente las preguntas de la ficha 4. Retroalimentación.</p>

2	<p>a. Se inicia la clase con la lectura por parte de algunos alumnos, de sus definiciones de metabolismo.</p> <p>b. Se les entrega a los grupos de trabajo un texto sobre metabolismo, y algunas enfermedades asociadas a él (ficha Nº 6), los alumnos desarrollan las actividades planteadas en la ficha.</p> <p>c. Se consolida los conceptos de metabolismo, anabolismo y catabolismo con el esquema de la ficha Nº 3.</p>	<p>a. El objetivo: conocer cómo las células obtienen su energía.</p> <p>b. Se retoma el contenido visto en la clase anterior, y se le entrega a cada uno la ficha 1; utilizamos las preguntas de la primera parte para recordar y contestar en forma abierta. Tiempo estimado 10 minutos. Luego, cada alumno desarrolla en su cuaderno las preguntas 2 y 3. Transcriben las preguntas a su cuaderno. Revisión y retroalimentación.</p>
3	<p>a. Se inicia la clase solicitando a un alumno que explique el esquema de la ficha Nº 3.</p> <p>b. Se les entrega a los alumnos la ficha Nº 1; desarrollan las preguntas en su cuaderno.</p> <p>c. Dos alumnos presentan sus mapas conceptuales al resto del curso.</p> <p>d. Cálculos de TMB (libro de la asignatura) y gasto energético (ficha Nº 5)</p>	<p>a. Se le propone a los estudiantes trabajar en grupos de 4 personas. Se les entrega lecturas que traten sobre metabolismo y algunas enfermedades asociadas.</p> <p>b. Se entregarán 4 lecturas diferentes. Cada grupo trabajará su tema y responderá 4 preguntas. Elegirán un representante que expondrá al curso. Sus respuestas similares a la ficha 6. Tiempo estimado: 50 minutos.</p> <p>c. Se redondea la clase con las respuestas obtenidas de los alumnos; luego se comienza con "tasa metabólica basal". Se trabaja con ficha 5. Cuarta clase prueba.</p>

De las propuestas docentes podemos comentar que:

- a. Los docentes manifiestan una noción de competencia a nivel conceptual; no como procesos de pensamiento que configuren un sistema de competencias, sino desde niveles de comprensión procedimental, característicos de modos de construcción de conocimiento tradicional fuertemente ligado al contenido disciplinar. Este aspecto dificulta la enseñanza de la biología hacia un sujeto que sabe, sabe enfrentar situaciones, propone, y sabe disponer de modos de acción para aprender.

Cuando los profesores durante el taller de reflexión, fueron consultados sobre qué CPC enfatizamos en la interactividad profesor-alumno que quiere aprender metabolismo, ellos plantearon lo siguiente:

Profesor 1	Profesor 2
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Entender ♦ Relacionar ♦ Describir ♦ Comparar 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Definir fenómenos científicos ♦ Comparar y clasificar información científica ♦ Relacionar ♦ Argumentar - explicar

- b. Las propuestas docentes están muy condicionadas por la propuesta ministerial, especialmente en su carácter indagatorio y en la enseñanza de los contenidos, a pesar de que, el marco curricular vigente (2009) advierte que la construcción del conocimiento es una empresa humana y los docentes participantes no dan cuenta claramente de ello.
- c. Se aprecia un rol docente asumido, que limita cambios en la práctica docente y en el desarrollo profesional, hacia un saber didáctico robusto que promueve el desarrollo de competencias de pensamiento en los estudiantes. Se insiste en el tratamiento del contenido disciplinar instrumental y memorístico. Cualquier matiz de cambio se ve opacado por las políticas propias de cada unidad educativa, y que alinean sus acciones según las pruebas estandarizadas existentes, que eventualmente pueden, quizás, ser el censor para evaluar un profesor. Este aspecto puede llevar a los docentes a manifestar una brecha, entre **lo que se debe hacer** y **lo que se hace** (*o me piden que haga*).

- d. Creemos que las docentes no están conscientes de la complejidad que exige la construcción de una noción científica en particular, como de las múltiples representaciones que un sujeto o los sujetos elaboran de un concepto en discusión. Sin embargo, a la hora de enseñar, prevalecen del sistema de ideas de un profesor las rutinas y guiones – teorías implícitas que limitan y obstaculizan la capacidad de reconocer el conocimiento didáctico, del contenido disciplinar como parte de su conocimiento profesional. **Una noción fragmentada de nuestro conocimiento profesional, nos lleva a asumir un rol pasivo con atenuado valor de cambio.**
- e. Las finalidades de la enseñanza se sitúan en la apropiación y acumulación del contenido, por sobre el desarrollo del pensamiento, es decir, prima un modelo tradicional con una concepción acientífica de los sistemas de enseñanza y aprendizaje (Demuth et al., 2006) para una noción de aprendizaje por apropiación de significados.

4.5. Concepciones epistemológicas y didácticas sobre la enseñanza del metabolismo

Con el propósito de conocer modos de abordar la enseñanza del metabolismo en la escuela, es que invitamos a los profesores a abordar la siguiente interrogante: **¿Cómo enseñar la noción de metabolismo a los estudiantes de primer año medio?** El análisis se realiza desde los *habla* docentes tomando como referente la propuesta de Porlán y Martín del Pozo (2004) sobre concepciones docentes. El registro y tipificación de las textualidades se muestra en la tabla 5.

Tabla 5
Representaciones docentes y su relación con la enseñanza y aprendizaje de la noción de metabolismo.

<i>Plano de análisis</i>	<i>Modelo de enseñanza</i>	<i>Teoría de aprendizaje</i>	<i>Elementos del currículo</i>		<i>Evaluación</i>
			<i>Contenido</i>	<i>Método</i>	
<p>El video para nosotros igual está bueno, incluso hay cosas que tampoco las podemos lograr explicar. El ojo de los chiquillos, para primero medio, no sé si está así como tan preparado. (Profesor 2:59)</p> <p>Si comparamos los libros en general casi todos dicen lo mismo, pero con otras palabras y es bastante sencilla la explicación que da (profesor 2:64)...</p>	<p>“Cuando uno les habla a los jóvenes de eso, también tiene que decir que no es algo estático, que es dinámico”. (Profesor 3:58). “Es que no pueden entender como nosotros. Es que de repente se van a quedar con una imagen contraria de lo que nosotros queríamos”. (Profesor 2: 61). “A lo mejor lo que quieren es eso, que a lo mejor el alumno en la medida que vaya pasando el tiempo, porque si nosotros le explicamos a un alumno de 4º medio, le volvemos a pasar todo el metabolismo, lo va a poder entender más. (Profesora 3:81).</p>	<p>“A lo mejor no todo lo que dice el alumno su idea, no todo está malo”. (Profesora 3: 101). Para referirse a la realidad según el niño... “No hay intermedias”. (Profesora 1:103). “Yo creo que con tus alumnas no habría ningún problema. Tus alumnas están acostumbrados a pensar así”. (Daniela: 254).</p>	<p>“Cuando se divide el material y se van a formar dos células nuevas”. (Profesora 3: 16). “Yo miré cuando hacen en los planes y programas... Eso lo saque yo de la inscripción del marco curricular”. (Profesor 1:40). “Vamos a probar si efectivamente funciona más entregarles lo que es principalmente metabolismo, y no pasarlo en una sola clase y en 3 clases ampliar más eso que era que calculara el índice de masa corporal”. (Profesor 2: 81).</p>	<p>“La mayoría de los profesores no nos basamos 100% en los textos”. (Profesor 2:71) Los objetivos. “Uno pone los objetivos de la clase en algún momento”. (Profesor 2: 96). “Podría ser una experiencia de laboratorio, una simulación”. (profesor 3: 109)”.</p>	<p>“La prueba va a ser la misma también”. (Profesor 2: 6).</p>

De la información recogida, evidenciamos que el profesor de biología da cuenta de un nivel epistemológico tradicional, caracterizado por un modelo de enseñanza tradicional-dogmático, centrado en los contenidos disciplinares (Ravanal y Quintanilla, 2010). La imagen de aprendizaje es conservativa, muy próxima a una apropiación de significados que deja entre ver que el estudiante que aprende, **lo hace por que no lo sabe, o lo que sabe es incorrecto.**

No aparece explícita una enseñanza para el desarrollo de competencias de pensamiento científico. La noción de evaluación para aprender no está presente; en un momento muy temprano de la discusión, aparece una expresión de una profesora que dice: *"la prueba va a ser la misma también"* apelando a los tipos de estudiantes con los que trabajará cada una. Emerge una noción de evaluación ligada a calificación muy propia de un modelo tradicional.

En las textualidades docentes, no aparece la noción de competencia de pensamiento o competencias cognitivo-lingüísticas, dado que, los profesores orientan su discusión **siempre**, desde y para la enseñanza de un contenido disciplinar. Ahora bien, la enseñanza de un contenido científico demanda orientación, regulación para re-construir un 'modelo científico escolar' en desarrollo; sin embargo, mientras el docente no comprenda que la enseñanza que promueve, tiene propósitos conectados a un **cómo se enseña a pensar, para hacer de hechos o situación un modelo que permita al estudiante interpretar y participar del mundo**, seguiremos en una enseñanza tradicional que limita potencialidades en los estudiantes para un razonar profundo e intenso.

Nuestra preocupación, es la concepción de una **enseñanza de la biología que se "adquiere" por transmisión, y que no pretende enseñar a "hablar" de y sobre ciencia en el mundo.** Estamos convencidos de que un niño/a o joven en su cumpleaños no tendrá en mente el modelo de célula, pero **hablará** con sus amigos, tomará decisiones antes, durante y después de y sobre su cumpleaños, defenderá sus ideales e intentará convencer a otros que tiene razón. La enseñanza de la biología para los docentes encuestados y con los que hemos trabajado, no considera esta dimensión. Para que los estudiantes aprendan a explicar hechos del mundo, deben **construir modelos** de ellos; esto obliga cambios profundos a nivel curricular y metodológico (García, 2005), por ello, se exige una enseñanza de la ciencia sustentada y fundamentada en un conocimiento basado en modelos teóricos (Gieryn, 1992) que permita caracterizar las actividades científicas escolares y el diseño de materiales didácticos, fundamentados teóricamente (Izquierdo et al., 1999b) que atiendan a un plano de desarrollo personal y social (Labarrere y Quintanilla, 2002).

4.6. ¿Qué concepción sobre la enseñanza de la biología comparte el profesorado de esta asignatura en la sala de clases?

Algunos autores (Moreno y Azcarate, 2005; Friedrichsen y Dana, 2005; Van Driel et als., 2005 citados en Contreras, 2009), afirman que el profesorado piensa en diversos contenidos, y su discusión está centrada siempre en la terminología científica y en la comprensión sólida de los conceptos científicos; este aspecto se evidencia en los casos que fueron observados y analizados por nuestro grupo de investigación, cuando observamos al menos nueve clases de biología que “ponen en marcha” la enseñanza del metabolismo. Al respecto, podemos afirmar que en promedio, el 35% de los dominios discursivos del profesor, está referido a un concepto biológico explícito, y un 7% a un contenido biológico implícito. Los estudiantes manifiestan una tendencia similar, con dominios discursivos preferentemente situados desde el contenido biológico, con un carácter implícito o explícito (promedio de 20%). No se aprecia una enseñanza de la biología que favorezca el desarrollo de competencias de pensamiento científico, entendido como un sistema integrado y dinámico de habilidades y destrezas relacionadas con:

- Disponer de protocolos o **modos de acción** para abordar una tarea³¹ (aspecto vinculado con el método).
- Mecanismos de **planificación** y **verificación** de una tarea (aspecto vinculado con evaluación).
- Capacidad de **representar** y **representarse** el conocimiento científico escolar desde la problematización, comunicación y toma de decisiones debidamente argumentadas (Aspecto vinculado con las finalidades de la enseñanza de la biología).

31 Hemos usado la noción de tarea para referirnos a cualquier instancia curricular diseñada desde un marco de actividad científica escolar que favorezca espacios de construcción personal o social.

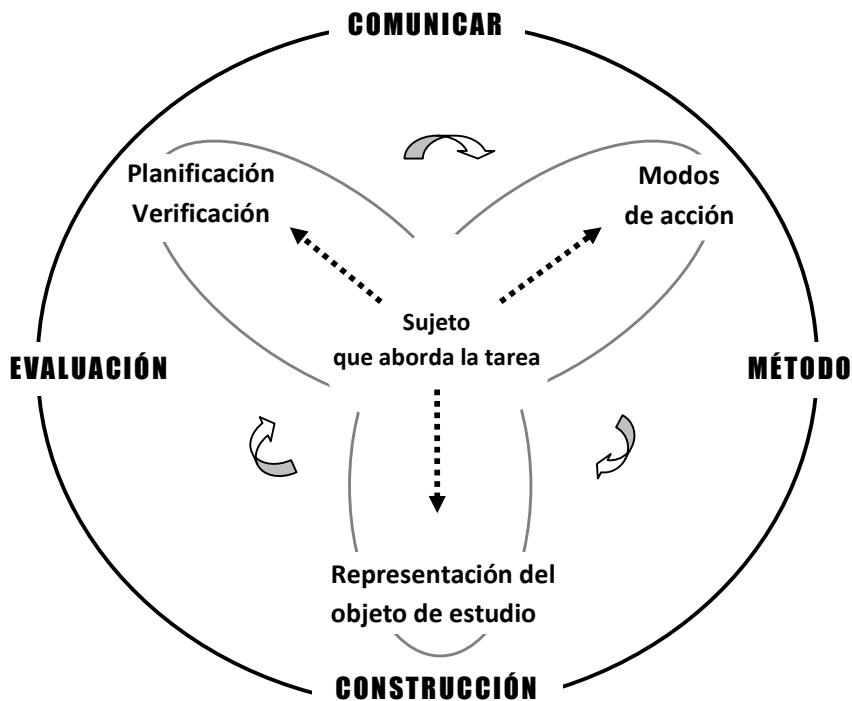


Figura 1. Ámbitos de una competencia de pensamiento científico, implícito en el abordaje de una tarea en el marco de una actividad científica escolar.

Estas aportaciones de alguna manera se vinculan con la formación del profesorado, dado que, un profesor **aprende a enseñar** orientando, ejecutando y regulando la acción (Angulo, 2002). Cuando un profesor diseña una actividad –acción– también está planificando las condiciones para que tenga lugar la actividad (Beltrán y González, 1997 citado en Angulo, 2002).

De los análisis de observación de clase podemos afirmar que la enseñanza es:

- a. Aproblémica.
- b. Se orienta desde la propuesta ministerial, y los propósitos ponen énfasis en el enciclopedismo, lo que autores han denominado comprensión sólida de los conceptos científicos (Contreras, 2009).
- c. Comparte un modelo de enseñanza tradicional - tecnicista, con una teoría de aprendizaje dado por apropiación o asimilación de conceptos (Porlán y Martín del Pozo, 2004).

- d. El contenido disciplinar propuesto, es simplificado o adaptado a partir de un método de transmisión verbal, preferentemente o de secuencia de actividades cerradas.

Con el propósito de graficar las conclusiones propuestas, presentamos a continuación la transcripción de un episodio de clase, en que los estudiantes comparten con la profesora una producción escolar, un papelógrafo.

Se destacan algunos dominios discursivos que justifican nuestras conclusiones.

- A 1. // *Lee papelógrafo*// **¿Qué entiendes por metabolismo?** Sin el metabolismo la célula moriría.

Prof. Levante y muestre el papelógrafo... es muy interesante lo que plantearon.

- A 1. // *Vuelve a repetir*// Sin el metabolismo la célula moriría el conjunto de reacciones químicas que ocurre dentro de la célula; el metabolismo transforma las proteínas de los alimentos, y el metabolismo nos ayuda al buen funcionamiento del cuerpo.

Prof. // *Solicita a otro grupo que exponga*//

- A 2. Por lo que aprendimos, **el metabolismo son todas las reacciones que ocurren dentro de una célula**, como por ejemplo, la célula convierte la glucosa en energía produciendo las demás reacciones químicas dentro de la célula y permite la respiración celular.

Prof. // *Solicita a otro grupo su respuesta*//

- A 3. **El metabolismo, según lo que hemos visto, son las reacciones físicas y químicas.** En el caso de la ruptura celular es física porque se rompen los fosfolípidos y se produce una reacción en cadena que rompe la proteína y esto conlleva a la destrucción total de la membrana, y es químico porque la glucosa la célula la convierte en energía y el oxígeno es el elemento primordial para ello, los lípidos y proteínas como parte del citoesqueleto.

Prof. Ya... Tome asiento.

- A 4. **El metabolismo es el conjunto de procesos físicos y químicos que ocurren dentro de una de la célula y que sirve para que la célula se reproduzca, crezca y se desarrolle y, mantener su estructura y genere estímulos.** El metabolismo se divide en dos procesos: el catabolismo y el anabolismo. Las reacciones catabólicas liberan energía y las anabólicas utilizan esta energía para descomponer enlaces químicos y reconstruir.

Prof. Bastante completa la definición. Ya se han visto bastantes definiciones. Dentro de la reparación que han hecho de la membrana, ¿cuál sería catabolismo?

Als. // El grupo no responde y algunos alumnos gritan// ¡Hasta ahí llegaron!

Prof. // Solicita a otro grupo que pase adelante// Explique la pregunta que acabo de hacer.

Abiertamente, el profesor declara una visión racionalista, empirista y positivista sobre la enseñanza de la biología, en la que su interés no está centrado en **cómo se construye el conocimiento**, sino en justificarlo. Ahora bien, el estudio interpretativo con estudio de caso que hemos desarrollado a partir de los mapas cognitivos, reafirman la idea de **justificar el conocimiento** desde la visión tecnicista de la enseñanza, como también, revela contradicciones teóricas sobre **el modo de justificarlo y su componente ideológico** (Ravanal, 2009).

Creemos que la enseñanza de la biología no es fundamentada; no considera un análisis del contenido por enseñar, y de las dificultades de su aprendizaje. Estas restricciones u omisiones pueden ser explicadas por la escasa implicación del profesorado en procesos de reflexión sobre el conocimiento científico (Sánchez y Valcárcel, 2000), y el conocimiento didáctico del contenido biológico. Esto nos lleva a compartir la propuesta planteada por Martínez et al., (2001), quienes plantean la necesidad de incorporar problemas relativos al diseño, que permitan **avanzar hacia un profesor autónomo, reflexivo, crítico e investigador, con el propósito de facilitar el aprendizaje de la ciencia escolar** y revelador de los procesos de enseñanza - aprendizaje - evaluación, que suceden en la sala de clases.

4.7. ¿Qué noción sobre aprendizaje de la ciencia comparte el profesorado de biología en la sala de clases?

El aprendizaje de la ciencia, particularmente de la noción de metabolismo, se orienta hacia la **adquisición de definiciones** y atributos de procesos involucrados en el estudio del metabolismo, con un fuerte componente enciclopédico. A modo de ejemplo, algunas intervenciones docentes:

¿Cómo podrían hacer una definición de metabolismo?... Fíjense que catabolismo es la degradación de moléculas, y ¿anabolismo?... //lee definición//; el metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que ocurre dentro de la célula, y que conduce a la transformación de energía, la reproducción celular y a la mantención de su identidad (Profesora 2).

Aprender **biología escolar**, significa aprender a reconocer espacios de construcción personal y social; proponer y valorar las ideas en un marco de discusión, así como cuestionar, problematizar, demostrar, comunicar, negociar, consensuar, asumir compromisos sociales con y desde la ciencia escolar. No obstante, el profesorado no ha podido ser consciente de que enseñar-aprender biología, es más que “sumar conocimiento”, ya que exige del estudiante protagonismo cognitivo, que deriva en un **aprender a aprender**; esto implica entonces, identificar obstáculos y potencialidades, evaluar y evaluarse para la toma de decisiones, saber comunicar y comunicarse, y teorizar para interpretar los hechos del mundo. Quizás sea ésta, otra arista de un sujeto competente en ciencias, que el profesorado no ha podido aún visualizar.

La construcción de la biología escolar, presenta una fuerte visión acumulativa y lineal del conocimiento según el profesorado, que no responde a identificar polémicas, controversias, reconstrucciones propias de la actividad científica que restringen en el estudiantado, **formas de mirar y construir el conocimiento científico en la escuela**. Al respecto, Fernández et al. (2002:482) afirma: “...la visión acumulativa es una interpretación de la evolución de los conocimientos científicos, a la que la enseñanza suele contribuir al presentar los conocimientos hoy aceptados sin mostrar cómo dichos conocimientos han sido alcanzados, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio”.

Estas visiones deformadas, llevan a aprender una ciencia sin sentido y valor para los estudiantes, carente de componente ideológico y, sin representatividad en el mundo real. Por ello, creemos que debemos intensificar la discusión sobre **qué deben aprender** los niños/as y jóvenes de nuestro país, **de y sobre la biología escolar**. Al respecto es interesante la propuesta de Izquierdo (2005) sobre “Una teoría de los contenidos”, en la que se problematiza qué enseñar, y los aportes de la didáctica de las ciencias al respecto.

4.8. La enseñanza del metabolismo y su vínculo con el desarrollo de competencias de pensamiento científico

Los análisis revelan que el profesorado plantea una **noción de competencia de pensamiento científico genérica**, que surge desde las **actividades experimentales** que se proponen a los estudiantes, y que en ocasiones **prescinden de la teoría**. Hemos evidenciado que la noción de competencia transita, desde el **plano genérico**, hacia nociones de competencia vinculada con **disposición** o de **solución de problemas**. Existe insuficiente representación en torno a la competencia, y

particularmente sobre la noción de sujeto competente; principalmente la noción de CPC está situada en el plano individual, descartando los componentes sociales y colectivos propios del actuar competente. El profesorado no concibe la enseñanza de la biología, hacia el desarrollo de competencias de pensamiento científico; esto nos lleva a reafirmar que el diseño de la enseñanza de una noción científica, no se diseña en función del desarrollo del pensamiento, por lo tanto, **el pensar con teoría** está aún alejado de nuestras actuales pretensiones sobre la enseñanza de la biología que debemos promover, es decir, una enseñanza de la biología que promueva la formación de un sujeto competente en ciencias, capaz de armonizar consciente e intencionadamente valores, actitudes, procedimientos, habilidades y emociones que permita *convertir* un hecho del mundo, en modelo científico escolar para participar de las cosas del mundo.

Todo lo anterior, exige del profesorado un conocimiento didáctico del conocimiento biológico, de y sobre la biología escolar que se enseña para el desarrollo de CPC; lo que exige actualmente intensificar la discusión sobre los propósitos de la biología y su enseñanza, como de la evaluación de los aprendizajes científicos escolares considerando estas finalidades.

Definitivamente, la enseñanza de la biología no está pensada desde y hacia el desarrollo de CPC, sino fuertemente centrada en el contenido disciplinar que descuida la enseñanza en este ámbito. Por otra parte, creemos que **no existe una representación** en el profesorado, sobre la noción de competencia de pensamiento, lo que impide u obstaculiza el diseño de la enseñanza al respecto. Actualmente, nuestra preocupación es promover una enseñanza de la biología con sentido y valor, que permita pensar, comunicar, y participar activamente de las cosas del mundo a los niños, niñas y jóvenes de nuestro país, lo que exige un *explicar para comprender*; aspecto que en la práctica docente no se observan, o están invisibilizados por el sistema de ideas que configuran el conocimiento profesional del profesorado.

Para muchos autores (Contreras, 2009; Mellado, 2003; Mellado, 2004; Perafán, 2005) los cambios epistemológicos en el profesorado son complejos y difíciles de cambiar; aspecto que compartimos.

Deseamos destacar la idea central de la importancia de reflexionar sobre los referentes epistemológicos necesarios, para el desarrollo de CPC en el profesorado de biología. Investigaciones en didáctica de las ciencias naturales (Ravanal et al., 2009), nos muestran que comúnmente los profesores de biología poseen una imagen fragmentada, incompleta y en determinados casos, superficial, sobre

lo que son las CPC. Esa imagen será transferida a sus alumnos, inhibiéndoles el desarrollo de CPC. Por eso nos parece necesario que los futuros profesores de ciencias experimentales, tengan en su proceso de formación, nociones sólidas de sus referentes epistemológicos, acerca de la enseñanza de las ciencias y la promoción de CPC, en determinados contextos educativos. Investigaciones del pensamiento del profesorado y su práctica profesional, demuestran que las CPC que debe desarrollar un estudiante de ciencias, están directamente relacionadas con la noción de enseñanza de un saber erudito en particular, y la debida comprensión de CPC existentes en su profesor, su modelo teórico-empírico y cómo estos influyen en la identificación, caracterización y promoción de CPC en sus estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Angulo, F.** (2002). Formulación de un modelo de autorregulación de los aprendizajes desde la formación profesional del biólogo y del profesor de biología. *Tesis doctoral*. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Barcelona., España.
- Charrier, M.; Cañal, P. y Rodrigo, M.** (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición en plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 401 - 410.
- Chamizo, J. A.; Sosa, P. y Zepeda, S.** (2005). Análisis de las ideas previas de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso, pp. 1 - 5.
- Contreras, S.** (2009). Creencias curriculares y creencias de actuación curricular de los profesores de ciencias chilenos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, Nº2, pp. 506 - 526.
- Demuth, P.; Fernández, G. y Alcalá, Mª T.** (2006). Análisis de las concepciones didácticas y científicas de docentes del nivel polimodal de la ciudad de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicación Científica y Tecnológica. Resumen: D-006. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/09-Educacion/2006-D-006.pdf>.
- Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J. y Cachapuz, A.** (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477 - 488.
- García, P.** (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso.
- Giere, R.** (1992). La explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo. Consejo Nacional de Ciencia y tecnología. México.
- Gutiérrez, R.** (1989). Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Gagné. *Enseñanza de las Ciencias*, (2), 147 - 157.

- Hewson, P.W y Hewson, M.G.** (1987). Science teacher's conceptions of teaching: Implications for teacher education. En Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J, y Cachapuz, A (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477 - 488.
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N. y Espinet, M.** (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), pp. 45 – 59.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M. P; Pujol, M. y Sanmartí, N.** (1999b). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp. 79 - 91.
- Izquierdo, M.** (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111 - 122.
- Jiménez, M. P.** (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En: Jiménez, A. (coord); Caamacho, A.; Oñorbe, A.; Pedrinaci, A. y De Pro, A. *Enseñar ciencias*, GRAO.
- Labarrere, A. y Quintanilla, M.** (2002). Análisis de los planos del desarrollo de estudiantes de ciencia. Efecto en el aprendizaje. Facultad de Educación, PUC. *Pensamiento Educativo*, Vol. 30, pp. 121 - 138.
- Martínez Aznar, M.; Martín del Pozo, R.; Rodrigo, M.; Varela, M.; Fernández, M. y Guerrero, S.** (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 1, 67 - 87.
- Mellado, V.** (2004). ¿Podemos los profesores de ciencia cambiar nuestras concepciones y prácticas docentes? *VI jornadas nacionales y I congreso Internacional de la Biología*. 7, 8 y 9 de octubre 2004, Buenos Aires.
- Mellado, V.** (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343 - 358.
- Mora, C. y Herrera, D.** (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, Vol. 3, Nº 1, pp. 72 - 86.
- Ministerio de Educación** (2009). Marco curricular actualizado. Ministerio de Educación, Chile.
- Perafán, G.** (2005). Epistemología del profesor de ciencias sobre su propio conocimiento profesional. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra, VII Congreso.
- Porlán, R. y Martín del Pozo, R.** (2004). The Conceptions of In-service and Prospective Primary School Teachers About the Teaching and Learning of Science. *Journal of Science Teacher Education*, 15(1), 39-62.

- Ravanal, E. y Quintanilla, M.** (2012). Concepciones del profesorado de biología en ejercicio sobre el aprendizaje científico escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), pp. 29 - 50.
- Ravanal, E. y Quintanilla, M.** (2010). Caracterización de las racionalidades epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, Nº 1, 111 - 124.
- Ravanal, E.; Quintanilla, M. y Joglar, C. (2009).** Racionalidades epistemológicas de profesores de biología desde el diseño de la enseñanza del Metabolismo. Análisis para la promoción de Competencias de Pensamiento Científico. Congreso Internacional de Educación en Ciencias Naturales, Cartagena, Colombia.
- Ravanal, E.** (2009). Racionalidades epistemológicas y didácticas del profesorado de Biología en activo sobre la enseñanza y aprendizaje del metabolismo: Aportes para el debate de una "nueva clase de ciencias". *Tesis Doctoral*. (FONDECYT 1070795). Universidad Academia de Humanismo Cristiano. Santiago de Chile (No publicada).
- Sánchez, G. y Valcárcel, M^a V.** (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 423 - 437.
- Vygotsky, L. S.** (1996). *Pensamiento y Lenguaje*. Quinto Sol, México.

Capítulo 5

Evaluar Competencias de Pensamiento Científico en el aula Directrices metacognitivas

Fanny Angulo D.

5.1. Introducción

En este capítulo, se planteará que la evaluación de las competencias científicas en el aula de educación básica requiere de un ejercicio metacognitivo por parte del profesor, en torno a los siguientes cuatro aspectos que se consideran directrices sin ser los únicos:

- ¿Qué concepto de competencia tiene el profesor de ciencias?
- Cada imagen de ciencia determina el tipo de competencias científicas a desarrollar.
- ¿Qué competencias científicas evalúa el profesor de ciencias?
- Evaluar competencias científicas exige formar un profesor de ciencias competente.

La revisión bibliográfica muestra que a finales de los 90 los investigadores de la educación en ciencias empezaron a preocuparse por las competencias en el área. Hubo modificaciones curriculares importantes especialmente en América Latina, porque las competencias están ligadas a una política bien conocida en nuestros sistemas educativos: la evaluación de la calidad. Esta política se concreta también en las pruebas periódicas de alumnos y maestros. Su origen más evidente se encuentra en las condiciones que impuso el Banco Mundial a países como los nues-

tros, y que se hicieron del todo públicas en la Quinta Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno (Argentina, 1995), uno de cuyos resultados fue la creación del *Programa de Evaluación de la Calidad de la Educación*, para todos los países de Iberoamérica.

Como es bien sabido, este tipo de decisiones producen toda clase de reacciones entre profesores, administradores e investigadores, desde las radicalmente opuestas a aceptar las disposiciones, en cuanto se considera que el tema de las competencias procede de un contexto empresarial, en el que los dueños del entramado económico imponen un "currículum oculto", sobre el que se centran sus principales expectativas como empleadores (utilizar la infraestructura educativa para formar trabajadores y asegurar así el poder económico del cual gozan), hasta las reacciones más abiertas a la política, porque la consideran un mecanismo que ayuda a ordenar las sociedades, propiciando que cada individuo se desempeñe en lo que sea más competente.

Y, ¿cuál es nuestra propia postura al respecto? Una discusión de este talante necesita espacios y tiempos particulares. Solamente plantearemos que es necesario que el profesor de ciencias se cuestione al respecto, porque de su respuesta depende una parte importante del futuro de las generaciones actuales y venideras. El tema de las competencias seguirá siendo por mucho tiempo, un asunto que va a producir acaloradas discusiones y quizá pocas soluciones consensuadas. Por ahora, me permitiré presentar algunas ideas para aprovechar las "competencias" con el fin de educar ciudadanos.

Si bien a finales de los 90 las competencias empezaron a ser objeto de investigación, al 2010 siguen siendo escasos los trabajos sobre competencias científicas. En Colombia sin embargo, se destacan los resultados de dos investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional: "*Las competencias: interpretar, argumentar y proponer en Química. Un problema pedagógico y didáctico*", desarrollado por Royman Pérez, Rómulo Gallego, Luz Nery Torres y Luigi Hawer Cuellar, del Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos – IREC, del Departamento de Química, publicado en el 2004, y "*Competencias Científicas y formación en valores. Un estudio desde el pensamiento de los profesores de ciencias experimentales*" (2005), realizado por G. Fonseca, Guillermo Chona, Judith Arteta y otros investigadores del grupo Biología, Enseñanza y Realidades, del Departamento de Biología.

De los resultados de estos trabajos se puede destacar lo siguiente:

- Al igual que pasa con las concepciones de ciencia, de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación, los profesores de ciencias tienen concepciones sobre las competencias.
- Detrás de la concepción de competencia científica, hay una concepción particular de ciencia.
- Evaluar competencias científicas en el aula implica un currículo que las potencie.
- No se puede evaluar las competencias que no se hayan enseñado.

5.2. ¿Por qué hablar de unas “directrices metacognitivas” por parte del profesor de ciencias, para evaluar las competencias científicas de sus alumnos?

Porque nos encontramos ante currículos abiertos, que le exigen al profesor tomar decisiones sobre qué ciencia enseñar, cómo y cuándo hacerlo, por qué razones o para atender cuáles objetivos, y estas decisiones van acompañadas de lo que él/ella considera que es la ciencia, su aprendizaje y su evaluación. A su vez, tales decisiones exigen de parte del profesor, una crítica sobre lo que sabe (o cree saber) de la ciencia, de la enseñanza de las ciencias, así como de su actuación en el aula y la autovaloración de la consistencia entre estos dos aspectos, en beneficio del aprendizaje de sus alumnos.

Antes de que aparecieran los currículos centrados en las competencias y los logros de aprendizaje, estas decisiones eran tomadas previamente por las instancias administrativas y los técnicos en currículo, que diseñaban los programas, e incluso, por los autores de los libros de texto. El cambio trajo como consecuencia, la necesidad de preparar al profesor para la autonomía, para aprender a alejarse de sus concepciones con el objeto de considerarlas desde una distancia suficiente, que le permita apreciar cómo son las relaciones que ha construido entre tales concepciones, y determinar así su modelo de enseñanza. Dicha distancia se alcanza a través de una reflexión metacognitiva, aquella que implica formarse una representación de los criterios que le facilitarán entender desde qué punto de vista está tomando las decisiones que se le piden, teniendo en cuenta, que su función esencial como profesor, es que sus alumnos aprendan ciencias para educarlos como ciudadanos.

La segunda implicación básica desde el punto de vista cognitivo, es que la metacognición del profesor debe preceder a la del alumno (Gunstone, 2000), porque para él/ella, el profesor es un modelo intelectual a seguir. En este sentido, no po-

demos decirle al profesor que es importante que sus alumnos sean metacognitivos, que tengan autonomía, que tomen decisiones informadas, si el profesor no sabe de qué se trata “ser metacognitivo”. El/ella, tiene que vivenciar antes que sus alumnos, las demandas, beneficios e implicancias que trae consigo comportarse metacognitivamente, de manera que, consideramos que la mejor forma de hacerlo, es propiciarle esta experiencia a lo largo de su formación.

Ahora bien, desde el punto de vista pedagógico, la relación entre evaluar competencias científicas y metacognición tiene otro matiz, asociado a la función reguladora y autorreguladora de la evaluación. Dicha función no se puede entender si no se tiene en cuenta que es precisamente la evaluación, la que aporta la base desde la cual se toman las decisiones sobre la enseñanza y el aprendizaje, y que la distancia entre evaluación y decisión informada, esta mediada por la metacognición, en el sentido de que el profesor debe representarse las actividades a realizar, anticiparse a los resultados que puede obtener, planificar la estrategia a seguir, tomando en cuenta los objetivos a alcanzar, y ajustar las decisiones a medida que avanza la enseñanza y el aprendizaje.

Pero hay otras razones que vale la pena mencionar, al hablar de directrices metacognitivas para la evaluación de competencias científicas:

- Dado el rápido crecimiento del conocimiento científico, que incluye el constante reemplazo del conocimiento anterior por el nuevo, ninguna institución educativa puede ofrecer a sus alumnos la información que necesitarán durante el resto de su vida (Corno, 1994). Esto incluye también a los profesores de ciencias. Los conocimientos científicos que aprenden, así como las visiones epistemológicas sobre la ciencia y el modo en que se entiende su enseñanza, las cuales tienen un carácter dinámico. En consecuencia, promover el aprendizaje autorregulado se convierte en una meta necesaria a lo largo de su vida profesional.
- La autonomía del profesor y su responsabilidad dos elementos de cualquier profesión se pueden poner en práctica solamente cuando el profesor es capaz de regular sus propios aprendizajes. Siguiendo a Kremer-Hayon & Tillema (1999), el aprendizaje autorregulado es intrínsecamente inherente a la autonomía. Es difícil ser autónomo o responsable del propio aprendizaje, si el proceso lo planean y organizan otras personas. De ahí la importancia de pasar de la regulación ejercida por otros, a la autorregulación.
- Los enfoques de racionalidad técnica (Mellado, 2001) que todavía orientan muchos programas de formación del profesorado, han venido siendo

reemplazados por enfoques en los que la reflexión juega un papel esencial, porque, ya no se trata de transmitir información, sino de involucrar a los profesores en una relación dialógica (Copello & Sanmartí, 2001) con sus alumnos y con la ciencia. Esto implica modificaciones importantes en sus puntos de vista sobre la enseñanza, que están mediadas por la metacognición.

- Finalmente y como consecuencia de lo anterior, el rol del profesor cambia. Ya no es quien monopoliza el conocimiento y lo distribuye. Ahora es quien ayuda a sus estudiantes a regular sus propios aprendizajes sobre la ciencia, y para hacerlo adecuadamente tiene que ver la ciencia, su enseñanza, aprendizaje y evaluación en perspectiva, para reconocer la naturaleza de las relaciones que establece entre estas concepciones, y lo que cada una de ellas le significa. Esto sólo lo puede hacer si se comporta metacognitivamente.

A nivel social y profesional, cada día se le exige a los programas de formación del profesorado en ciencias que se renueven, para que puedan promover un aprendizaje significativo para el profesor. Esto implica, considerar otras “rutas de aprendizaje”, teniendo en cuenta que nos encontramos en una sociedad basada en el conocimiento, y en el flujo acelerado de la información (Pinto & Surinach, 2001; Psillos et al., 2001).

5.3. La evaluación de las competencias científicas

El objetivo central de esta comunicación es el mostrar algunas directrices metacognitivas para la evaluación de las competencias científicas. Comencemos entonces por establecer que el desarrollo de las competencias científicas exige ser capaz de aprender a lo largo de la vida, y que la metacognición, entendida en su sentido didáctico como la posibilidad de desarrollar un sistema personal de aprendizaje, requiere por parte del profesor de ciencias una reflexión profunda y constante en torno a los siguientes aspectos:

Directriz 1

¿Qué concepto de competencia tiene el profesor de ciencias?

En 1985, Chomsky introdujo el concepto de competencia, como capacidad y disposición para la interpretación y la actuación, y como una contra repuesta a la psicología Skinneriana del comportamiento, de moda todavía en esa época.

Su marco teórico ha sido revisado por muchos investigadores y, como es de esperarse, el concepto mismo ha sido resignificado. La concepción más difundida de competencia implica un saber y un saber hacer, y ya se encuentra arraigada en el discurso y en la práctica de muchos profesores de ciencias. Pero coincidiendo con Le Boterf (1998), consideramos que poseer un conocimiento y unas capacidades, no significa ser competente, porque los saberes son en sí mismos sistemas de producción e involucran una concepción del mundo.

Philippe Perrenoud (2004), define la competencia como *“una capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos”*.

Para el grupo de investigación Biología, Enseñanza y Realidades, las competencias científicas *“son las capacidades que tiene un sujeto, expresadas en acciones que ponen en juego formas sistemáticas de razonar y explicar el mundo natural y social, a través de la construcción de interpretaciones apoyados por los conceptos de las ciencias y manifestadas a través de desempeños observables y evaluables. Las interpretaciones que fundamentan la competencia científica, se caracterizan por la movilidad y la flexibilidad en el tiempo y en el espacio, posibilitando que el sujeto en su actuación muestre actitudes, principios y procedimientos propios de la ciencia”* (Fonseca, Chona, Arteta, Ibáñez, Martínez y Pedraza, 2005, p. 2).

Creemos que un estudiante de los ciclos básicos es competente en ciencias si usa el conocimiento de la ciencia para solucionar problemas de la vida cotidiana, para buscar alternativas que mejoren su calidad de vida, y para transformar su entorno en beneficio colectivo. En este último sentido, es que la educación en ciencias contribuye a la educación del ciudadano.

Desarrollar competencias científicas es una tarea que no se alcanza en un curso particular, sino que debe ser la meta de la institución educativa, a través de la articulación de las diferentes áreas del conocimiento. En efecto, desarrollar la capacidad de observar, experimentar, interpretar resultados o representaciones gráficas, analizar datos, argumentar, expresar ideas desde un enfoque científico, son competencias que integran y movilizan conocimientos de diversa naturaleza, pero no son conocimientos en sí mismos.

El desarrollo de competencias científicas en educación básica y media, implica:

- Asumir que la ciencia es una construcción social, moderadamente racional.
- Reconocer que el alumnado necesita elaborar modelos explicativos sobre los fenómenos.

- Reconocer que el papel del profesor de ciencias es promover la evolución de dichos modelos.
- Entender que el alumnado ha aprendido si puede usar los modelos de la ciencia escolar en la comprensión del mundo y puede utilizarlos para transformarlo en beneficio colectivo.
- Entender la alfabetización en ciencia y tecnología como un derecho de todos los ciudadanos, de absoluta pertinencia, si nos asumimos como consumidores de los productos de la ciencia y la tecnología.
- Desarrollar un sistema para aprender ciencias a lo largo de toda la vida, que incluye conocimientos teóricos y procedimentales, saber pensar teóricamente, usar el lenguaje de la ciencia, y promover actitudes propias de la ciencia.
- El profesor de ciencias que pretende desarrollar estas competencias, debería poseerlas y ser un modelo de pensamiento para sus alumnos.

Directriz 2

Cada imagen de ciencia determina el tipo de competencias científicas a desarrollar

Respecto a las finalidades de la enseñanza de las ciencias en la escuela cabe señalar que, además de las difíciles condiciones de trabajo en las instituciones educativas, también se suma la variedad de alumnos que tenemos a nuestro cargo. Muchos de ellos nunca serán científicos; la gran mayoría se dedicarán a actividades muy distintas a las de la ciencia. Sin embargo, todos ellos tienen derecho a recibir una educación que les permita entender cómo es y cómo funciona la ciencia, porque ese conocimiento es parte de la cultura humana y porque eventualmente, les puede servir para transformar su realidad. Entonces, ¿qué enseñar de la ciencia?

Usar la metacognición tendría que permitirnos a los profesores de ciencias, saber si somos capaces de enseñar aquellas cosas que son relevantes, ya sea por su utilidad, porque darán la oportunidad al alumno de ejercer libremente su voluntad dentro de una sociedad democrática o por su importancia dentro de la cultura. Tener esto claro, puede dar lugar a que el aprendizaje de las ciencias sea motivador para nuestros alumnos.

Entre los contenidos curriculares, los más conocidos son los conceptuales, que se refieren a hechos, conceptos y sistemas conceptuales. Sin embargo, también

tenemos la responsabilidad de enseñar procedimientos y propiciar actitudes. Muchas veces les pedimos a los alumnos que comparen, pero hay que enseñarles a comparar, es decir, a crear criterios para establecer semejanzas y diferencias, a distinguir los detalles específicos de los generales, y a considerar categorías de comparación entre otras muchas cosas. En suma, procedimientos como comparar, interpretar, construir una tabla, escribir un texto científico, leer un gráfico o un mapa, son contenidos que tienen que ser enseñados, porque implican procesos de pensamiento y de actuación que no son intuitivos.

Todos los conocimientos científicos tienen que ser transpuestos didácticamente (Chevallard, 1985), para que los alumnos se aproximen a la cultura científica y les permita interpretar el mundo. Debido a que no podemos enseñar todo, los profesores de ciencias tenemos que encontrar aquellos hechos o experiencias que son paradigmáticas, que sirven al alumno para explicarse muchos fenómenos, y para ayudarlo a entender. A partir de tales hechos o experiencias, el alumno puede construir un marco de referencia que le dé los elementos que necesita para ser competente en la sociedad y en el momento histórico actual. Desafortunadamente, en los libros de texto y en el discurso de muchos profesores de ciencias, seguimos encontrando que se espera que el alumno haga estas relaciones por su propia cuenta. En otras palabras, un profesor de ciencias metacognitivo elabora un contexto experiencial, donde el alumno pueda hacer suyos los conceptos que quiere enseñarle, pero dentro de un sistema de relaciones que le ayudan a dar sentido y significado.

Las competencias científicas que se evalúan desde una perspectiva didáctica como la anterior, corresponden con una concepción de ciencia entendida como constructo colectivo, que busca explicaciones para comprender el mundo y cuyos productos logran modificarlo.

Por otra parte, en una concepción de la ciencia como conocimiento verdadero que surge de la investigación, las competencias científicas a desarrollar son aquellas relacionadas con la evocación fiel por parte del alumno, del discurso expuesto por el profesor y con el seguimiento de los pasos ordenados para llegar a “descubrir” tal verdad. Desde esta visión de la ciencia, el alumno competente es el que sabe que memorizando definiciones, procedimientos y resultados, aprueba los exámenes, pero ¿qué pasará con este alumno cuando deba intervenir como ciudadano, para decidir sobre la ejecución de un proyecto político, ambiental, social o cultural, que puede afectar positiva o negativamente su calidad de vida y la de su comunidad?

Directriz 3***¿Qué competencias científicas evalúa el profesor de ciencias?***

Sin duda alguna, el profesor de ciencias evalúa aquellas competencias que cree que el alumno debería exhibir, porque son acordes con su visión sobre la ciencia, y lo hace sobre la base del currículo que ha puesto en marcha, en cuanto considera que es él el que las promueve. Sin embargo, todavía es habitual encontrar profesores de ciencias que no critican la relación entre el currículo explícito y oculto, y la realidad social, política, ambiental o económica que se está viviendo.

Los currículos actuales para la educación básica, coinciden en la necesidad de potenciar la posesión de conocimientos, destrezas y actitudes, que le permitan al ciudadano: a) Desarrollar exitosamente ciertas actividades en un contexto determinado, y b) Adaptarse a nuevas situaciones, transfiriendo el conocimiento y habilidades adquiridos. Las competencias científicas a desarrollar y a evaluar, tendrían que ser coherentes con estas finalidades inseparables.

Con esto insistimos en que poseer un conocimiento no es garantía de saberlo utilizar ni de ser competente. La competencia científica implica el desarrollo paulatino de un sistema personal de aprendizaje, que entre otros fines permita al ciudadano transformar su realidad, para alcanzar un alto nivel de calidad de vida individual y colectiva. El estudiante que no exhibe las competencias requeridas en este momento histórico y social, no juzga sus actuaciones, porque no se le ha formado a través de un currículo que le permita hacerlo. Es posible que siga inmerso en otro, desde el cual se le pide seguir las instrucciones que se le dan, y que no favorece las capacidades de autoevaluación que le ayudarán a determinar sus insuficiencias y sus fortalezas.

Los profesores que despliegan comportamientos a través de los cuales cuestionan sus modos de saber y de saber-hacer, son quienes sirven de modelo intelectual para sus alumnos. La evaluación de las competencias científicas trasciende el hecho de que el alumno sea consciente de sus dificultades o de sus logros, en cuanto va al terreno de actuar en función de ello, dentro y fuera del contexto escolar, y en cuanto una situación de la realidad es compleja, porque debe asumirla acudiendo a distintos conocimientos. La competencia científica puede referirse textualmente por ejemplo, a la capacidad del alumno para elaborar y leer gráficos que expresan la dinámica de un fenómeno natural. Pero esta competencia, adquiere sentido cuando el alumno usa ese conocimiento para valorar el impacto en el tiempo de un producto diseñado para controlar el crecimiento poblacional de una especie propia del ecosistema de su entorno.

Los elementos de orden ético y social deben estar presentes en los juicios que este alumno haga como ciudadano.

Este tipo de competencias científicas no tiene lugar, si el profesor tiene una visión positivista y fragmentada de la ciencia, y si no está dispuesto a considerar otras perspectivas.

Directriz 4

Formar un profesor de ciencias competente

Como ya lo hemos venido expresando, es importante que el profesor potencie sus capacidades metacognitivas para enseñar ciencias. La importancia radica en que el profesor tome conciencia, de que hay formas diferentes de entender la enseñanza de las ciencias (modelos de enseñanza) que están en la base de las decisiones que toma, y además, porque dichas capacidades actúan como si fueran dispositivos previos, que van a ayudarle a enfrentarse al diseño de las actividades de enseñanza y de evaluación.

El camino que lleva a conseguir esta meta, implica entender varias cosas. La primera, es que al igual que pasa con los aprendizajes en muchas otras áreas del conocimiento, *aprender a enseñar ciencias* es una meta que debe desarrollarse simultáneamente con el aprendizaje de los contenidos disciplinares. Esto significa que no podemos desligar la formación de un profesor de ciencias competente, de los aprendizajes de los contenidos pedagógicos y didácticos necesarios para que enfrente la enseñanza, pues la forma en que los profesores aprenden la teoría sobre la enseñanza (la didáctica), es tan importante como lo que enseñan (la ciencia).

El segundo aspecto a tener en cuenta, es que la investigación en didáctica muestra la dificultad para que en las clases de ciencias, los alumnos aprendan a explicar los hechos y fenómenos naturales utilizando las explicaciones científicas, diferenciándolas de las explicaciones espontáneas o incluso, de otros saberes que las personas hemos construido sobre la realidad y que utilizamos en la vida cotidiana (Driver, Guesne & Tiberghien, 1990; Ogborn, Gunther, Martins & McGillicuddy, 1998). En el terreno de la formación del profesorado, también resulta difícil para los futuros profesores entender que enseñar ciencias es un problema que puede enfocarse desde diferentes ángulos y que existen teorías distintas sobre cuál es la mejor manera de hacerlo, fruto de las investigaciones en dicha área.

El tercer aspecto que debemos entender, es que aprender, es en gran parte responsabilidad de quien aprende (Baird,1986), y asumirlo así, le ayuda al profesor a convertirse en una persona autónoma, capaz de enfrentarse a su tarea de enseñanza con cierta seguridad de éxito, como la haría un experto.

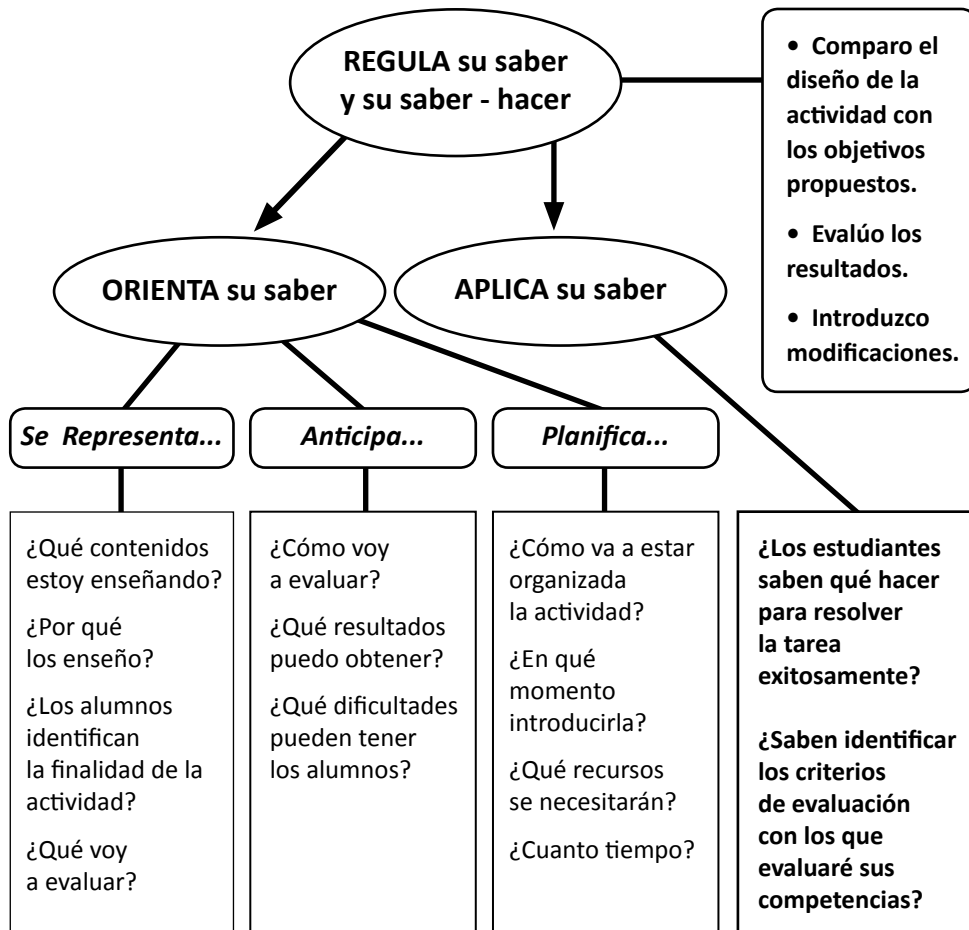
No obstante, es muy difícil para el profesor (así como para los alumnos en general), alcanzar dicha autonomía por sí solo, pues implica la adquisición y el dominio de lo que los psicólogos llaman *funciones mentales superiores* (Wertsch, 1993), tales como la atención voluntaria, la memoria, etc., o *formas de pensamiento superior o de alto orden* (Weinberger & Zohar, 2000), como la planificación y la anticipación. En este sentido, uno de los aspectos que los programas de formación deberían atender es, precisamente, el de crear los mecanismos que permitan al profesor poner en marcha estas capacidades.

Como decíamos al comenzar este apartado, formar a un profesor competente implica colocarlo en situación de reflexionar sobre su propio modelo de enseñanza, en función de las exigencias que se le hacen como educador y de las responsabilidades que se le asignan. Para hacerlo, necesita *actividades de regulación* que le permitan analizar los componentes de cada modelo (imagen de ciencia, concepción de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación), teniendo en cuenta que dichas partes constituyen una unidad, y que se relacionan entre sí de modos diferentes, configurando modelos distintos.

Otra parte de la respuesta, está en comprender que este pensamiento metacognitivo, manifiesto a través de las capacidades para anticiparse, para planificar, para detectar aciertos y errores e introducir cambios, se puede desarrollar, si la evaluación está presente a lo largo del proceso de enseñanza – aprendizaje (Jorba & Sanmartí, 1996; Angulo, 2002).

En el siguiente cuadro, inspirado en Jorba & Sanmartí (1996), se sintetiza esta idea:

¿Cómo evalúa las competencias científicas un profesor de ciencias metacognitivo?



5.4. A modo de conclusión

Algunas de las preguntas clave que el profesor tendría que hacerse en relación a la evaluación de las competencias científicas, para obtener información sobre el aprendizaje de sus alumnos y arbitrar sistemas de regulación, serían las siguientes:

- ¿Los estudiantes identifican cual es la finalidad de las actividades que están haciendo?
- ¿Los estudiantes saben planificar las acciones que han de realizar para resolver con éxito una determinada tarea?

- ¿Cuáles son los obstáculos con los cuales se enfrentan?
- ¿Los estudiantes identifican los criterios de evaluación, es decir, cuando realizan una tarea saben decidir si han hecho bien o no?

Las respuestas a estas preguntas dependen de la comunicación de los objetivos que el profesor haya realizado, y de la representación que los alumnos se hayan hecho de los mismos, lo cual está asociado a que la atención de los alumnos se haya focalizado sobre aquella competencia, que es importante con respecto al aprendizaje que interesa. Las directrices metacognitivas que se sugieren en este capítulo, no pretenden ser más que una invitación a pensar sobre las implicaciones de un currículo que incluya competencias científicas.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, F.** (2002). Aprender a enseñar ciencias. Análisis de una propuesta para la formación inicial del profesorado de secundaria, basada en la metacognición. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Baird, J.** (1986). Improving Learning through enhanced Metacognition: *A Classroom Study*. *European Journal of Science Education*, 8, 263 - 282.
- Chevallard, Y.** (1985). *La Transposition Didactique*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chomsky, N.** (1985). Reflexiones sobre el lenguaje. Barcelona: Planeta.
- Copello, M. I. & Sanmartí, N.** (2001). Fundamentos de un Modelo de Formación Permanente del Profesorado de Ciencias centrado en la Reflexión Dialógica sobre las Concepciones y las Prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2).
- Corno, L.** (1994). Implicit Teachings and Self-regulated Learning. Paper presented at the Annual Meeting of AERA, New Orleans.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A.** (Eds.). (1990). Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia. *Madrid: Morata*.
- Fonseca, G.; Chona, G.; Arteta, J.; Ibáñez, X.; Martínez, S. & Pedraza, M.** (2005). Estudio interpretativo sobre prácticas de enseñanza de profesores de ciencias experimentales, con relación al desarrollo de competencias científicas. En: *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. 1 - 6.
- Gunstone, R.** (2000). *Physics Teacher Education. Some Approaches to Fostering Metacognitive Reflection during Pre-service Teacher Education*. Paper presented at the PHYTEB 2000. Physics Teacher Education beyond 2000. Barcelona.
- Jorba, J., & Sanmartí, N.** (1996). Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de Regulación Continua. Propuestas Didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Kremer - Hayon, L., & Tillema, H.** (1999). Self-Regulated Learning in the Context of Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 15, 507 - 522.

- Le Boterf, G.** (1998). Evaluer ses compétences. Quels jugements? Quelles criteres? Quelles instantes? *Éducation Permanent*. 135.
- Martínez, J.** (2004). La formación del profesorado y el discurso de las competencias. En: *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 18 (3), 127 - 143.
- Mellado, V.** (2001). ¿Por qué a los Profesores de Ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras Concepciones y Modelos Didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* (40), 17 - 30.
- Ogborn, J., Gunther K., Martins, I., & Mcgillicuddy.** (1998). *Formas de Explicar. La Enseñanza de las Ciencias en Secundaria*. Madrid: Santillana.
- Pérez, R.; Gallego, R.; Torres, L.N. & Cuéllar, L. H.** (2004). Las competencias: interpretar, argumentar y proponer en Química. Un problema pedagógico y didáctico'. *Universidad Pedagógica Nacional*.
- Perrenoud, P.** (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
- Pinto, R., & Surinach, S. (Eds.)**. (2001). *Physics Teacher Education Beyond 2000*. Paris: Elsevier.
- Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.)**. (2001). *Science Education Research in the Knowledge Based Society*. Tessaaloniki, Greece.
- Weinberger, Y. & Zohar, A.** (2000). "Higher Order Thinking in Science Teacher Education in Israel". In S. Abell (Ed.), *Science Teacher Education. An International Perspective* (pp. 95 - 119). Dordrecht - Boston - London: Kluwer Academic Publishers.
- Wertsch, J.** (1993). *Voces de la Mente. Un Enfoque Sociocultural para el Estudio de la Acción Mediada*. Madrid: Visor.



Capítulo 6

Concepciones de docentes de ciencia en activo, acerca de la 'evaluación' de Competencias de Pensamiento Científico

Carol Joglar C. - Mario Quintanilla G.

6.1. Introducción

El mecanismo de desarrollo del pensamiento humano ha despertado la curiosidad de los investigadores de varias épocas. Entretanto las investigaciones durante el siglo XX, aumentaron significativamente en este ámbito, y paralelamente, estudios referentes al desarrollo del pensamiento científico. Para efectos de este estudio, nos vamos detener de forma más específica en el estudio de las competencias de pensamiento científico (CPC), de estudiantes.

Entre las preocupaciones que rodean al docente de ciencias está la necesidad de desarrollar en sus estudiantes el pensamiento científico y las competencias recurrentes, además de la importancia y las implicancias de las investigaciones en la enseñanza de la ciencia, el desarrollo del currículo, y la investigación en educación científica, ya que esto alcanza reformas educacionales, y, en particular, implica el impacto sobre las concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia, y los aspectos multiculturales de la misma (Lederman, 1992).

Para una breve mirada histórica, se hace necesario sistematizar y focalizar la investigación realizada en revistas científicas. Decidimos detenernos en cuatro revistas de impacto dentro del área: *Scientific Educations*; *International Journal Scientific education: Research in Science Education* y *Enseñanza de las Ciencias*; estas revistas representan una gran parte de las investigaciones realizadas

principalmente, en países anglosajones y en países iberoamericanos, en el área de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

La investigación se restringió al eje principal de nuestra investigación, las CPC, siendo que la revista *Scientific Education* (revista creada en el año 1916), es la que presentó un mayor número de investigaciones que se refieren a las competencias de pensamiento científico (174 referencias), para esto, fue utilizado el buscador *Metalyb*; la revista *International Journal Scientific education*, resultó con 2 referencias específicas en el asunto investigado; la revista *Research in Science Education* resultó con 33 artículos, y *Enseñanza de las Ciencias* con 2 referencias.

A continuación destacamos un artículo referente a una de las décadas finales del siglo pasado, que puede demostrar los avances a través de los cuales se desarrolló la enseñanza de las ciencias. Paul Khan (1962), comenta que las investigaciones en la segunda década del siglo XX, presentaban dos métodos efectivos para el desarrollo de actitudes científicas, las excursiones y el método inductivo-deductivo; 40 años después, este autor propone un tercero: el análisis de acontecimientos comunes. También destaca la importancia emergente que se da a la creatividad en la ciencia.

En la década de los setenta, con Champagne & Klopfer (1977), emerge la problemática de la formación docente basada en competencias, lo cual en aquella década estaba en pleno fervor. Estos autores llaman la atención hacia la necesidad de evaluar estos programas, y analizar su efectividad. En este período, la enseñanza de las ciencias pasa por una modificación de foco, donde se comienza a pensar en la importancia de la formación del docente de ciencias; entretanto en esta época todavía no queda claro el rol del docente, ni la noción de naturaleza de las ciencias, que se está enseñando.

Derek Hodson (1988), destaca el desarrollo vigoroso del currículo, debido a la consecuente necesidad de desarrollo en el área de ciencias. Cabe destacar que se intenta una nueva mirada acerca de la naturaleza de las ciencias, donde se destaca: *la enseñanza de las ciencias como un cuerpo de conocimiento establecido; la ciencia como una actividad humana; creciente énfasis en los procesos y procedimientos de la ciencia*. Sin embargo, el autor deja claro que en esa década, todavía persiste la idea acerca de la enseñanza de la ciencia, con el objetivo de formación de científicos. El mismo autor declara que a pesar de todos los esfuerzos, tanto en investigación, tiempo, energía y dinero, los efectos sobre las actitudes e intereses de los estudiantes, no eran alentadores; menciona también la necesidad de incluir el trabajo de laboratorio como una posibilidad real en la escuela.

Durante la década del noventa, la idea de desarrollo de las competencias de pensamiento científico en los estudiantes, crece de significativamente; varias son las investigaciones que proponen nuevas metodologías para el desarrollo de CPC, como es el caso de asistentes personales en la enseñanza de la informática (Reif, F. & Scott, L. A., 1999). Desde los estudios de la psicología cognitiva, donde destaca el trabajo realizado por la doctora Deanne Kuhn, una de las más reconocidas investigadoras en el área (2000), en que desafía hacia la necesidad de explicación del desarrollo de CPC observadas en adolescentes y adultos. Otras investigaciones más recientes, como es el caso de la doctora Corinne Zimmerman (2007), apunta hacia la búsqueda de comprensión del desarrollo de CPC específicas.

6.2. Competencias de Pensamiento Científico

Entre los campos de investigación que estudian las competencias de pensamiento científico, dos se destacan: la didáctica de las ciencias naturales y la psicología cognitiva. A pesar de aceptar mucho de los aportes provenientes de las investigaciones de la psicología cognitiva, entendemos que enfoca las CPC de manera muy restrictiva, ya que poco incluyen factores valóricos, emocionales, lingüísticos, y argumentativos. Por entender que la enseñanza de las ciencias debe tener una mirada mucho más amplia del individuo, con el objetivo de formar ciudadanos, miraremos las CPC desde la didáctica de las ciencias naturales. Para eso, primeramente presentaremos el enfoque de la psicología cognitiva y luego desarrollaremos un pequeño historial de su desarrollo, lo que facilitará nuestra inserción en la problemática de las CPC desde la Didáctica de las Ciencias.

6.2.1. Las CPC desde la psicología cognitiva

La necesidad de comprender el proceso de desarrollo del razonamiento científico de los niños en edad escolar, ha llevado a muchos investigadores a profundizar en estos temas, los cuales son hoy de gran importancia, ya que se relacionan directamente con la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje, en ciencias (Zimmerman, 2007).

El estudio de la resolución de problemas, formación de conceptos, y el cambio conceptual, cuando en intersección con el desarrollo y evolución de competencias cognitivas y metacognitivas complejas, como es el caso de las ciencias, en ese encuentro se instala esta investigación, donde se analizan el desarrollo cognitivo del estudiante, la educación científica, la percepción del docente durante este proceso, y también, las concepciones que el profesor tiene acerca de la evaluación

del proceso, donde se presenta un objetivo sinérgico, que es mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

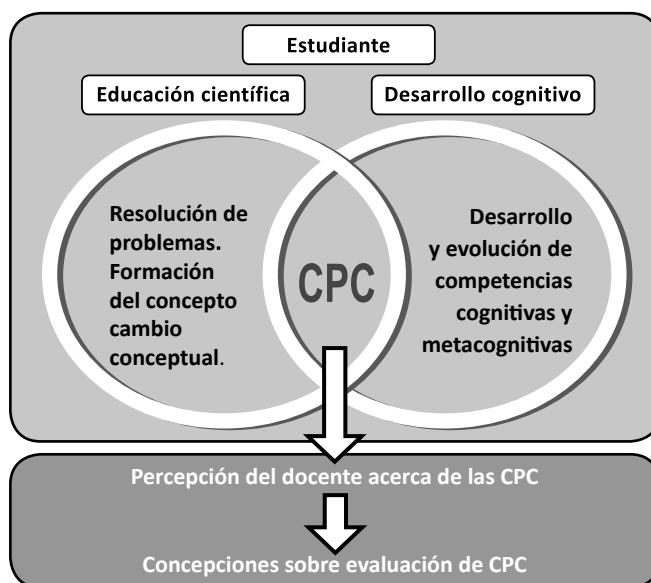


Figura 1. Inserción de las CPC entre la educación científica y el desarrollo cognitivo del estudiante, según Zimmerman (2007).

Para Zimmerman (2007), el pensamiento científico puede ser definido como la aplicación de métodos o principios científicos, que, a través de un razonamiento investigativo, objetivan la resolución situaciones-problemas. En estos casos las competencias deben generar, probar y revisar teorías. En el caso que hubiera ocurrido el desarrollo pleno de estas competencias, debería ocurrir el cambio conceptual, lo que reflejaría así la adquisición del conocimiento.

6.2.2. El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias Naturales

La didáctica de las ciencias, como área de conocimiento disciplinar, y sus estudios, fueron impulsados en la mitad del siglo pasado; en ese período, el desarrollo de la investigación y experimentación en la enseñanza de las ciencias tiene énfasis, a través de reformas curriculares en la ciencia escolar, objetivando el estímulo del crecimiento y desarrollo científicos, para eso, varias instituciones fueron creadas, por ejemplo: el *Physical Science Study Committee* (PSSC), el *Chemical Bond Approach Project* (CBA), el *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), y otros. Países como Inglaterra, inician una atención especial a la formación docente y al desarrollo continuo del profesorado, donde surgen instituciones como *Association*

for Sciences Education. Este proceso de poderosas reformas educativas, se amplía más allá de las fronteras de la enseñanza de las ciencias, impactando todas las áreas del conocimiento escolar (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009).

Paralelamente a este proceso ocurre un desarrollo conceptual de la Didáctica de las Ciencias Naturales, donde se propone un enfoque holístico y situacional, valorando los significados construidos por los docentes y sus estudiantes, los cuales serían variables mediadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje, iniciando la propuesta de que la ciencia avanza a través de la resolución de problemas, la cual también se propone para la enseñanza de la ciencia escolar. Sin embargo, esta visión más integradora de la enseñanza de las ciencias cuestiona las reformas que, en este período, están siendo propuestas en los países anglosajones. Esto se refleja en lo que menciona Porlán (1998).

“En general, la crisis de la racionalidad científico-técnica, provoca una redefinición teórica y metodológica de la didáctica de las ciencias, que se orienta hacia una visión más fenomenológica del objeto de estudio, hacia metodologías más abiertas y cualitativas y hacia una concepción más relativa del conocimiento” (p. 177).

El dominio del positivismo axiomático y teórico, a inicios del siglo XX, marcó de forma casi universal, la manera de entender la ciencia, lo que se reflejó en las aulas; entretanto esta postura reduccionista fue cuestionada por autores como Toulmin y Laudan, entendiendo que la educación científica escolar objetiva la formación de ciudadanos, los cuales no necesariamente serán científicos.

Según Toulmin (1977), podemos percibir que las *poblaciones* de conceptos, teorías y procedimientos de la ciencia, están en constante evolución, basados en los principios de la teoría de la evolución biológica de Charles Darwin. El autor aplica estos principios, al mecanismo de evolución de los conceptos científicos, lo cual podría ser aplicado al continuo cambio de ideas de los alumnos en ciencias.

En medio a esta población de nuevos conceptos e ideas de los estudiantes, el docente debe tener la capacidad de escoger los temas claves por enseñar, que permitan que su estudiante desarrolle competencias que le posibiliten sobrevivir y actuar, dentro de un mundo cada vez más cambiante. La Didáctica de las Ciencias, emerge como un área de investigación, donde se desarrollan propuestas educativas inmersas en contextos científicos, tecnológicos y también sociales, no perdiendo el foco del desarrollo de un futuro ciudadano, el cual necesita de competencias de pensamiento científico, sin que para eso tenga que ser un científico (Chamizo, 2007).

6.2.3. Realismo Pragmático Moderado

Entre los aportes, provenientes de diferentes áreas como: la filosofía de las ciencias, historia de las ciencias, psicología cognitiva y otras. El enfoque que utilizaremos para entender la enseñanza de las ciencias y consecuentemente las CPC, proviene del Realismo Pragmático Moderado, donde se supera *la creencia de que el conocimiento científico, es un conjunto más o menos articulado y descrito de observaciones, sobre los fenómenos de la naturaleza, absolutamente verdadero, indiscutible e inmodificable* (Gallego, Pérez, Gallego, & Nery, 2004).

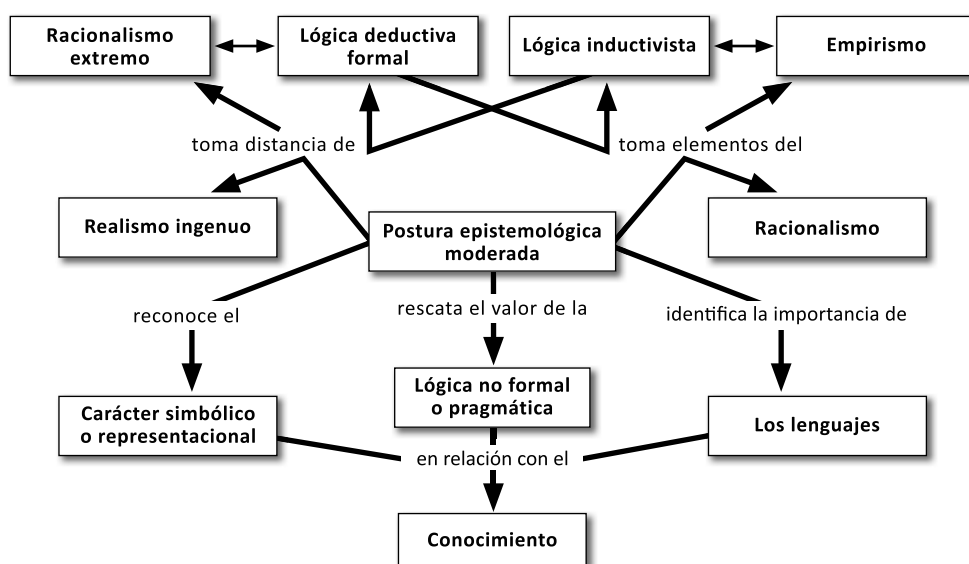


Figura 2. Implicaciones de una postura racionalista científica moderada (Henaó & Stipcich, 2008).

Al observar la figura anterior, podemos notar la amplia gama de implicaciones que presenta este enfoque, y donde las CPC implican mucho más que lo cognitivo, no aceptando la supremacía de la ciencia sobre otras áreas del conocimiento, y la consecuente noción de ciencia, como “portadora de la verdad”. La neutralidad y objetividad del científico, y su responsabilidad social, son temas de discusión dentro de este modelo. Según Quintanilla (1999), los planteamientos básicos serían: el mundo se interpreta con teorías; el método de interpretación es evolutivo y natural y por lo tanto, muy diverso, el modelo y su interpretación han de tener un “sentido humano”.

Estos aportes permiten un gran desarrollo y clarificación de la didáctica de las ciencias naturales, dejando de ser así un conjunto de recetas para “enseñar”, desde un enfoque equivocado y ampliamente utilizado de la ciencia y su enseñanza,

donde el método científico predomina dejando de lado aspectos culturales; de esa forma la enseñanza memorística predomina, partiendo del supuesto que la ciencia es un conjunto de conocimientos comprobados e inmutables (Chamizo, 2007), pasando a tener en cuenta el conjunto de variables mediadoras que intervienen en los sistemas de enseñanza-aprendizaje, como por ejemplo: concepciones de los estudiantes y docentes, contexto intra y extraescolar, pasando de una *ciencia del conocimiento a una ciencia enseñable*.

A pesar de entrar a este enfoque, estamos conscientes de que la didáctica no es la respuesta final ni la única salida para la enseñanza de las ciencias y presenta también limitaciones.

6.2.4. Transposición Didáctica: desde el saber erudito a un saber enseñable

Tomando el concepto de transposición didáctica de Chevalard ("*El trabajo que transforma, de un objeto de saber enseñar en un objeto de enseñanza*"), es actualmente uno de los grandes desafíos de la docencia en especial en las ciencias. Esta situación, entretanto, trae consigo una paradoja, donde el profesor de ciencias debe saber, además de los contenidos específicos de su asignatura, la naturaleza de la ciencia que enseña y su rol dentro de la sociedad.

Actualmente en la escuela, todavía persiste la idea tradicional de una ciencia del conocimiento, la cual contiene gran parte de las respuestas para la vida del hombre. Desde nuestro enfoque, entretanto, compartimos la idea de ciencia discutida por Izquierdo, Aymerich y Aliberas (2004), donde entendemos la ciencia como *racional*, sobreponiéndose a la razonabilidad, en un *encumbramiento de la certeza* (Toulmin, 1977), en que la ciencia se aprende a través de modelos científicos, y *razonable* donde se parte de preguntas que tengan sentido para el estudiante, permitiendo así un enfoque de una ciencia como actividad profundamente humana, transformadora de la realidad, con significado para el aprendiz; sostiene así la necesidad de la enseñanza de una ciencia racional y razonable (Izquierdo, Aymerich y Aliberas, 2004).

Entretanto, la formación de los docentes de ciencias es todavía ortodoxa y científicista, lo cual tal vez no sería un problema, si no estuviéramos hablando del proceso enseñanza-aprendizaje, en el cual se debe interconectar el conocimiento científico, y su enseñanza, destacando esta última como el objeto de estudio, lo que no deja de ser paradójico y problemático, ya que normalmente, la educación científica se da solamente desde el conocimiento científico. El gran desafío para estos profesores, es manejar el saber sabio de

las ciencias naturales, y transponerlo a un saber enseñable de la didáctica de las Ciencias Naturales.

Destacase así, la necesidad de que el docente tenga una formación en la epistemología de las ciencias, donde a más de conocer la teoría científica y su producción, esta formación podría auxiliar a comprender la dimensión del proceso entre el científico, como sujeto del conocimiento, y sus objetos en la constitución del conocimiento. De ser así, estas proposiciones provocarían dos modificaciones en la práctica educativa: primeramente en el estatus del conocimiento científico, que pasa a ser visto como una verdad histórica y no como una verdad retirada de los hechos, lo que desmitifica la Ciencia como una verdad pronta, inmutable y acabada; la segunda sería que la apropiación del saber por parte del alumnado, lo cual no ocurre por la simple "transmisión" del conocimiento, sino que a través de la construcción e interacción no neutra, con el objeto de conocimiento.

Disciplinas de carácter meta científico como: la epistemología, la historia de las ciencias y la didáctica de las ciencias, perciben la ciencia como una actividad de producción, evaluación, aplicación y difusión de conocimientos contextualizados histórica, social y culturalmente, han traído grandes aportes al desarrollo de la "ciencia de enseñar ciencias", dando sentido cuando se definen las finalidades de intervención que se persiguen, y los valores que se sostienen en las comunidades científicas (Quintanilla, 2006).

Inicialmente, las investigaciones sobre el proceso enseñanza-aprendizaje, estuvieron centradas en las preconcepciones del alumnado y como éstas podrían ser modificadas. Sin embargo, una de las áreas que ha despertado el interés de los investigadores, son las preconcepciones de los profesores de ciencias, pues se sabe que el proceso de enseñanza-aprendizaje depende profundamente del profesor. Según lo comenta Furió (en Porlán, 1998), "*se está pasando de investigar lo que piensa y hace el alumno en clase, hacia lo que piensa y hace el profesor*", colaborando de esta forma hacia una *nueva teoría del conocimiento del docente*, y las estrategias que favorecen esta construcción, sus obstáculos y los problemas prácticos enfrentados por los mismos, compartiendo así nuevas técnicas e instrumentos de investigación (Porlán, 1998).

6.3. ¿Por qué desarrollar CPC?

La actual sociedad del conocimiento requiere de la educación científica, la formación de profesionales cada vez más abiertos a la apropiación de nuevas tecnologías y cosmovisiones, y su uso y gestión ponderada. Esta nueva concepción

de la enseñanza de las ciencias, supera mecanismos reduccionistas y dogmáticos para el aprendizaje, y trasciende a una enseñanza que fomenta el desarrollo de habilidades más que cognitivas, también lingüísticas, las cuales facilitarían al estudiantado el afrontamiento de situaciones variadas.

Investigaciones del pensamiento del profesorado y su práctica profesional (proyecto FONDECYT 1070795), demuestran que las CPC que debe desarrollar un estudiante de biología, están directamente relacionadas con la noción y comprensión de CPC existentes en su profesor, su modelo teórico-empírico y cómo estos influyen, en la formación de CPC en sus alumnos. Su relevancia está objetivada al dominio por los alumnos, de habilidades que les faciliten por ejemplo: leer, escribir, pensar, explorar, captar, formular, percibir, argumentar y explicar el conocimiento científico de una manera ágil y comprensiva, obteniendo de esta forma éxito ante actividades desafiantes, que exigen un dominio conceptual elaborado, habilidades, valores, y autorregulación de sus aprendizajes, capacidades basadas en la interacción de aptitudes prácticas y cognitivas, que combinadas, permiten eficacia a la acción (Quintanilla, 2006).

La reproducción del saber erudito en el aula, perpetúa una noción de una ciencia inequívoca y perfecta, que explica perfectamente la realidad. Ante este enfoque, surge una alternativa de aprendizaje, que aumenta el papel protagónico del alumno, considerando la ciencia como una construcción humana, y en la cual, el docente se interesa por conocer las ideas de sus alumnos, favoreciéndoles la duda, el conflicto, la interacción de ideas, llevándolos lentamente al desarrollo de argumentaciones cada vez más complejas y elaboradas y estimulándolos a “pensar con teoría”, configurando así la base de la actividad científica, y promoviendo la autorregulación de sus aprendizajes.

Las competencias representan una combinación dinámica de atributos, en relación a conocimientos, habilidades, actitudes, valores y responsabilidades, y emergen de un sistema educacional amplio y enriquecedor e incita a la autonomía, bajo una comprensión de la ciencia como actividad profundamente humana (Quintanilla, 2006), so una mirada eminentemente representacional del conocimiento (Henaó & Stipcich, 2008). El desarrollo de competencias de pensamiento científico es actualmente un gran desafío, y no ocurre de forma rutinaria, como es el caso de las competencias intelectuales (Zimmerman, 2007), por eso las investigaciones actuales se dirigen a investigar, cómo situaciones de intervención pueden posibilitar el desarrollo de estas competencias metacognitivas dentro de cánones rígidos, sin perder de vista aspectos sociales y humanos (Henaó & Stipcich, 2008).

6.3.1. *Concepciones docentes y la evaluación de CPC*

Las investigaciones acerca de las concepciones del profesorado de ciencias han aumentado en los últimos años, se sabe que el modelo de enseñanza, a pesar de estar basado en el aprendizaje, depende profundamente del profesor. Los estudios que se realizaron comparando profesores expertos y principiantes, abrieron paso a la línea de investigación sobre el conocimiento práctico, en el cual se intenta identificar *cómo se organiza el conocimiento profesional de los profesores y el conocimiento didáctico del contenido*. Según Sandín (2003) "(...) es necesaria la atención al profesor no como objeto de investigación, sino como actor de la misma", de esta forma se levantan problemáticas propuestas por docentes y no por académicos.

El análisis de la evolución de las concepciones acerca de las prácticas evaluativas en CPC, en función a la construcción y reconstrucción de nuevos significados (Cuéllar, 2010), desde la interacción y contraste con otras ideas y experiencias, contribuirá de manera indirecta a comprender el efecto que tienen sobre el aprendizaje de los y las estudiantes, como lo plantea Quintanilla (2006), direccionando de esta forma el entendimiento de *las teorías sobre el conocimiento profesional de los y las profesoras de ciencias*, de esta forma posibilitando su comprensión y desarrollo.

La necesidad de comprender el comportamiento docente se basa en que las concepciones serían los mejores indicadores de las decisiones tomadas por las personas durante su vida, transformándose así su estudio en un valioso constructo psicológico para la formación docente (Pajares, 1992). El cuestionamiento del estudio de las concepciones del maestro, para algunos investigadores (Bryan & Abell, 1999), es que no se presta para la investigación empírica, sin embargo Pajares (1992) replica, mencionando que el estudio sobre un tipo específico de concepción, posibilitaría una exploración viable y útil para la educación, por ejemplo el estudio sobre las concepciones epistemológicas del docente acerca de la naturaleza de la ciencia.

La investigación del pensamiento docente ha sido abundante desde varias décadas y parte de dos supuestos básicos, por una parte el profesor como un sujeto reflexivo, racional, que toma decisiones, emite juicios, tiene creencias y genera rutinas propias de su desarrollo profesional y que los pensamientos del profesor guían y orientan su conducta. La polifonía de términos utilizados en forma de sinónimos o con otro sentido, al referirse a las concepciones, exigió que realizáramos una busca acerca de estos conceptos. A seguir presentamos la tabla

comparativa (1) que menciona algunas de las comprensiones que se tiene acerca de las concepciones de los docentes de ciencias:

Tabla 1

Tabla comparativa acerca de algunos de los diferentes enfoques para las concepciones

Autor	Concepto	Explicación
Bryan and Abell (1999)	Creencias	El aprendizaje docente acerca de cómo enseñar no proviene solamente de cursos, está íntimamente ligada a la experiencia del docente. Las relaciones que este hace desde los métodos empleados y los logros alcanzados, en el cual se destaca el rol de la experiencia en el desarrollo profesional docente.
Mansour (2009)	Creencias	Entre los varios tipos de creencias docentes se distinguen las que son acerca del proceso educativo, por ejemplo, acerca del aprendizaje, de los estudiantes, de los maestros, etc. Las creencias de contenido pedagógico juntas con al conocimiento didáctico del contenido, ellas proporcionan un fuerte vinculo de acción en el aula.
Gil-Cuadra and Rico-Romero (2003)	Concepciones y creencias	Creencias: las verdades personales indiscutibles sustentadas por cada uno, derivadas de la experiencia o de la fantasía, que tienen un fuerte componente evaluativo y afectivo. Se manifiestan a través de declaraciones verbales o de acciones (justificándolas). Concepciones: los marcos organizadores implícitos de conceptos, con naturaleza esencialmente cognitiva y que condicionan la forma en que afrontamos las tareas.
Mellado (2004)	Roles y metáforas	El lenguaje que utiliza el profesor para hablar de concepciones, roles y de su actividad profesional, no suele ser literal y estructurado, sino mas bien simbólico y metafórico. Las metáforas utilizadas en el lenguaje ha mostrado ser un medio para articular de forma global las concepciones, roles y conocimiento práctico del profesor, permiten averiguar los referentes implícitos que los sustentan e influyen poderosamente en su conducta en el aula [] cada profesor va construyendo sus metáforas en el aula a partir de su experiencia personal por lo que tienen un fuerte componente afectivo..

Mellado (1996)	Concepción o creencia educativa	Se considera que los profesores de ciencias tienen concepciones sobre la ciencia y sobre la forma de aprender y enseñarla, frutos de sus años de escolaridad, que están profundamente arraigadas. La creencia o concepción implica una convicción o valoración sobre algo y en ellas se juega un importante papel, la viabilidad, la componente social y la predisposición para actuar.
Serrano Sánchez (2010)	Creencias sobre el proceso enseñanza-aprendizaje	Creencias son componentes del conocimiento, son subjetivos y poco elaborados, generados a nivel particular por cada individuo para explicarse y justificar muchas de las tomas de decisiones y actuaciones personales y profesionales vividas. Las creencias no se fundamentan sobre la racionalidad, sino más bien sobre los sentimientos, las experiencias y la ausencia de conocimientos específicos del tema con el que se relacionan, lo que las hacen ser muy consistentes y duraderas para cada individuo. Concepciones: organizadores implícitos de los conceptos, de naturaleza esencialmente cognitiva y que incluyen creencias, significados, conceptos, proposiciones, reglas, imágenes mentales, preferencias, etc., que influyen en lo que se percibe y en los procesos de razonamiento que se realizan.

A partir de las diferentes ideas acerca de las concepciones docentes (tabla 1), el aprendizaje acerca de cómo enseñar no proviene solamente de cursos, está íntimamente ligado a su experiencia y las relaciones que este hace de los métodos empleados y los logros alcanzados, se destaca el rol de la experiencia en el desarrollo profesional docente (Bryan & Abell, 1999). La concepciones acerca de lo que entendemos sobre lo que es la docencia, gestan en las primeras edades, cuando el niño o la niña juega a ser profesor y en los años de constante observación hacia el trabajo del docente, para los estudiantes de otras áreas como medicina o de derecho, cuando entran en sus ambientes de trabajos, mucho de lo que enfrentan es novedoso, sin embargo, esto no ocurre con el docente ya que el estudiante no se siente un extranjero dentro de la escuela, situación que facilita al futuro docente la "recreación" de su mundo (Pajares, 1992).

Entenderemos las concepciones docentes como siendo "*Organizadores implícitos de los conceptos, de naturaleza esencialmente cognitiva y que incluyen creencias, significados, conceptos, proposiciones, reglas, imágenes mentales, preferencias, etc., que influyen en lo que se percibe y en los procesos de razonamiento que se realizan.*" (Serrano Sánchez, 2010).

Cuando hablamos de cambio en las concepciones es común que entendamos un cambio radical, donde la concepción A cambia hacia la concepción B. Sin embargo, en esta investigación, entendemos cambio desde una noción evolutiva (Toulmin, 1977) en la cual las concepciones docentes *pueden evolucionar en función de una construcción y reestructuración de nuevos significados generados a partir de la interacción y el contraste con otras ideas y experiencias* (Cuéllar, 2010). El cuestionamiento de la idea de “cambio” es intenso (Angulo, 2002; Mellado, 2003; Zimmermann, 2000) por eso para ampliar esa noción utilizaremos la “evolución del perfil conceptual” (Mortimer, 1996), en el fue desarrollado para comprender la idea de persistencia y ampliación de los conceptos de los estudiantes en la enseñanza de las ciencias, que puede ser utilizada de forma análoga para el caso de las concepciones docentes (Cuéllar, 2010; Ravanal & Quintanilla, 2010), lo que posibilita comprender la “polifonía de conceptos” coexistentes en el docente (Perafán, 2005).

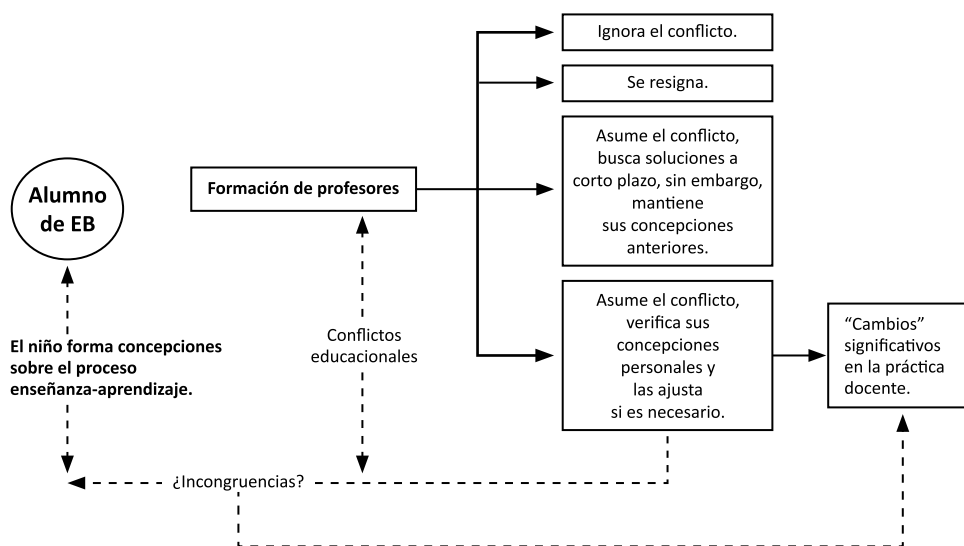


Figura 3. Conflictos educativos enfrentados por docentes en su formación (adaptado de Berjarano y Carvalho, 2003).

Los docentes poseen varios tipos de concepciones, entre ellas se distinguen las que se refieren al proceso educativo, como por ejemplo acerca del aprendizaje, de los estudiantes, de los maestros, etc. Concepciones de contenido pedagógico junto al conocimiento didáctico del contenido, proporcionan un fuerte vínculo de acción en el aula (Mansour, 2009). Sin embargo durante el proceso de formación, surgen los conflictos educativos provenientes del enfrentamiento a situaciones

que no son explicadas por sus preconcepciones, las reacciones del docente pueden ser variadas (ver figura 3), incluso se puede generar una ampliación de ese perfil conceptual, lo que podríamos entender como “cambios” desde un enfoque que según Toulmin (1977) y permitiría la evolución conceptual.

Para Posner et. al. (1982; en Mortimer, 1996) el *cambio* es provocado por la impugnación de las concepciones y la consecuente insatisfacción del individuo, situación que provoca una anomalía, que podría llevar, a entre otras posibilidades, al cambio en la concepción, siendo que esta debe ser inteligibles y plausibles con otras concepciones. Esto podría explicar el motivo de la ineficiencia de los programas de desarrollo personal, no obstante cuando estos se generan dentro de un ambiente, en el cual es posible la percepción de mejoras en el rendimiento de sus estudiantes, en general las investigaciones reportan cambios de actitud de parte de los docentes.

Las concepciones del profesor sobre la naturaleza del conocimiento, sobre las causas de las performance de los alumnos, roles del profesor y del alumno, motivación académica del alumno y del profesor, percepción de sí mismo como profesional, auto apreciación, sobre la disciplina o contenidos, afectan indirecta o directamente en el desarrollo del profesional docente. Investigaciones demostraron los cambios en las concepciones de los docentes, la creación de nuevas perspectivas, sin embargo cuando están son llevadas a la práctica, las dificultades de aplicación son significativas (Briscoe, 1991 y Munby y Russel, 1992 en Bryan e Abell, 1999; Ravanal & Quintanilla, 2012). No obstante, para otras investigaciones, con un enfoque más positivo de este asunto, la superación de las experiencias pasadas podría incurrir con un trabajo intenso y una considerable reflexión desde la teoría sobre la práctica (Tobien, Briscoe y Holman, 1990 en Bryan e Abell, 1999) lo que posibilita el desarrollo profesional docente (García, 2009).

6.4. Desarrollo y caracterización de un modelo de evaluación de (CPC) en el aula

En la configuración de un nuevo marco educativo global o planetario, habría que dar un paso adelante en la perspectiva de superar la dependencia de la formación, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias respecto de los hábitos y modelos “clásicamente académicos” de la evaluación. La actividad que el estudiante desarrolla lo hace consciente de sus errores y estos se transforman en un vínculo para acceder y re-construir un conocimiento científico de mayor complejidad, evitando que en un primer momento, lo que parece comprendido e integrado,

sea olvidado, dejando resurgir las representaciones que se creían superadas originalmente. A menudo, es difícil para el profesor de ciencias profundizar en las ideas que tiene el estudiantado además, habitualmente se dedica poco tiempo a interpretar el significado que tiene para el docente la afirmación inesperada que surge en un intercambio cotidiano de ideas, por eso se recomienda recurrir a los instrumentos que se han diseñado desde la investigación en didáctica de las ciencias y desarrollar competencias y habilidades para la interacción social y asegurar así la regulación de los aprendizajes en un marco estratégico-evaluativo más amplio y significativo para el estudiante que aprende química o biología. Sea cual fuere, la metodología usada por el profesor debe ayudar (y ayudarse) a identificar obstáculos epistemológicos en la comprensión de los fenómenos científicos y formas de superarlos, identificar criterios para sistematizar, organizar y comunicar el conocimiento que se aprende, modificar explicaciones, señalar los errores, los razonamientos inconsistentes y los argumentos que se basan en supuestos inaceptables; hacer que el estudiantado se dé cuenta de que generaliza inadecuadamente o si no lo hace y que en lo posible, constituye interpretaciones alternativas ante un hecho o fenómeno de la ciencia.

Las actividades de aprendizaje y desarrollo deben procurar que el estudiante use y se apropie de las nuevas nociones científicas en la explicación de hechos, que se formule preguntas, ponga en práctica y potencie su sistema personal de aprendizaje de las ciencias vinculando sus representaciones personales con el mundo real y con la propia génesis del conocimiento científico en la historia de la ciencia.

Al respecto hemos adelantado algunas investigaciones de nuestros tesisistas de licenciatura, maestría y doctorado vinculados a los proyectos FONDECYT 1070795 Y FONDECYT 1095149 (Cuéllar, 2010; Ravanal & Quintanilla, 2010; Rodríguez, 2011;) que reportan hallazgos interesantes respaldados por evidencia empírica, de pueden ser útiles en este sentido para comprender la complejidad de la identificación, caracterización, promoción y evaluación de competencias de pensamiento científico en la clase de química y biología. De esto hemos investigado suficiente, pero aún queda mucho por investigar. En ello nos encontramos actualmente trabajando en dos proyectos de investigación FONDECYT 1110598 y AKA-04. Esperamos compartir los hallazgos en el próximo volumen de este libro.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M.** (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4 (número especial), 40-49.
- Angulo, F.** (2002). *Aprender a Enseñar Ciencias: Análisis de una Propuesta para la Formación Inicial del Profesorado de Secundaria, basada en la metacognición*. Barcelona. Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/4693>
- Bejarano, N. R., & Carvalho, A. P.** (2003). Tornado-se professor de Ciências: Crenças e Conflitos. *Ciência Educação*, 9(1), 1-15.
- Bryan, L. A., & Abell, S.** (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139. doi: 10.1002/(sici)1098-2736(199902)36:2<121::aid-tea2>3.0.co;2-u
- Cuéllar, L.** (2010). *La Historia de la Química en la Reflexión sobre la Práctica Profesional Docente. Un estudio de caso desde la enseñanza de la Ley Periódica*. Doctorado, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. Retrieved from http://www.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/
- Chamizo, J.** (2007). Las aportaciones de Toulmin a la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 133-146.
- Champagne, A. B., & Klopfer, L. E.** (1977). A Sixty-Year Perspective on Three Issues in Science Education: 1. Whose Ideas Are Dominant? II. Representatin of Women. III. Reflective Thinking and Problem Solving. *Science Education*, 61(4), 431-452.
- Gallego, R., Pérez, R., Gallego, T. & Nery, L.** (2004). Formación inicial de profesores de Colombia: un estudio a partir de programas acreditados. *Ciencia & Educação*, 10(2), 219-234.
- García, A.** (2009, 2009). *Aportes de la historia de la ciencia a la formación permanente del profesorado universitario. Un caso en el área de la fisicoquímica*, Barcelona.
- Gil-Cuadra, F. & Rico-Romero, L.** (2003). Concepciones y creencias del profesorado de secundaria sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(21), 27-47.

- Henao, B. & Stipcich, M. S.** (2008). Educación en ciencias y argumentación : la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 47-62.
- Hodson, D.** (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19–40. doi: 10.1002/sce.3730720103
- Izquierdo-Aymerich, M. & Aliberas, J.** (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències: per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Bellaterra: España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Khan, P.** (1962). An experimental study to determine the effect of a selected procedure for teaching the scientific attitudes to seventh and eighth grade boys through the use of current events in science. *Science Education*, 46(2), 115-127.
- Kuhn, D. & Pearsall, S.** (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113-129. doi: 10.1207/s15327647jcd0101n_11
- Lederman, N.** (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Mansour, N.** (2009). Science teachers' beliefs and practices: Issues, implications and research agenda. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(1), 25-48.
- Mellado, V.** (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores deficiencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- Mellado, V.** (2003). Cambio Didáctico del Profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofía de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(33), 343-358.
- Mellado, V.** (2004). ¿Podemos los profesores de ciencias cambiar nuestras concepciones y prácticas docentes? *unex.es*, 1-17.
- Mortimer, E. F.** (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? *Biologia*, 1(1), 20-39.
- Pajares, M. F.** (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-362.
- Perafán, G. A.** (2005). Epistemologías del profesor de ciencias sobre su propio conocimiento profesional. *Enseñanza de las ciencias (Número Extra)*, 1-4.
- Porlán, R.** (1998). Pasado, Presente y Futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Quintanilla, M.** (1999). El dilema epistemológico y didáctico en el currículo de la enseñanza de las ciencias ¿Cómo abordarlo en un enfoque CPC? *Revista Pensamiento Educativo*, 25.

- Quintanilla, M.** (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias de pensamiento científico desde una visión naturalizada de la ciencia. En M. Quintanilla & A. Adúriz-Bravo (Eds.), (pp. 18-42). Santiago, Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Ravanal, E. & Quintanilla, M.** (2012). Concepciones del Profesorado de Biología En ejercicio sobre el Aprendizaje científico escolar. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 30 (2), 33-54.
- Ravanal, E. & Quintanilla, M.** (2010). Caracterización de las Concepciones Epistemológicas de Profesorado de Biología En ejercicio sobre la Naturaleza de la Ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 111-124.
- Rodriguez, L.** (2011). Concepciones del profesorado de biología en ejercicio sobre la evaluación del aprendizaje científico escolar y la resolución de problemas científicos escolares. Tesis de Magíster en Educación. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. 2011. Resultado Proyecto FONDECYT 1070795 - AKA-04.
- Sandín, M. P. E.** (2003). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Serrano Sánchez, R.** (2010). Pensamientos del profesor : un acercamiento a las creencias y concepciones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior. *Revista de Educación*, 352 (mayo-agosto), 267-287.
- Toulmin, S.** (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza Editorial, Madrid.
- Zimmerman, C.** (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223. DOI: 10.1016/j.dr.2006.12.001.
- Zimmermann, E.** (2000). The structure and development of science teachers' pedagogical models: Implications for teacher education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), (pp. 325-341). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academics Publishers.

Esta obra tiene como objetivo propiciar un diálogo fértil entre la ciencia de enseñar ciencias (la Didactología) y la realidad del aula de la educación secundaria. Se trata de una sistematización derivada de cuatro años de investigación, con diferentes proyectos (FONDECYT/AKA04), que reúne consensos teóricos, evidencias y directrices metodológicas, desde la perspectiva de *la investigación acerca de y sobre la evaluación de Competencias de Pensamiento Científico*, estudiadas a partir de *los lenguajes que se ponen en juego en la interacción educativa* de estudiantes y profesores(as) que piensan, que sienten, que configuran sentidos y significados científicos en el proceso de enseñar, aprender y evaluar nociones científicas específicas. Una mirada transdisciplinaria que abre puertas hacia una visión del conocimiento científico, asociado con la intervención en el mundo y orientaciones que propician una nueva cultura de la educación científica.

Nuestra convicción es que esta forma de conocer no es una simple representación de un mundo pre-configurado por mentes empoderadas, sino más bien, es la puesta en obra de un mundo desde *sujetos competentes*, situados en espacios y tiempos, en culturas e historias que contienen la variedad de acciones que los sujetos realizan en el mundo. La imaginación radical, creativa, es el conocimiento; es acción constituyente del mundo y no su representación como acto pasivo de sujetos subordinados a poderes establecidos; acción que hace emerger mundos en los cuales se seguirá actuando en una espiral sin límites precisables. Compartimos la noción de evaluación de CPC, basada en el enfrentamiento de la resolución de problemas para estudiar el pensamiento docente y estudiantil, lo que implica asumir que la realidad, tal y como es, resulta parcialmente determinada para cada sujeto, desde su situación social y personal, y desde su mundo de significaciones; esto es, la realidad concebida como el producto de la construcción que subjetivamente hace el individuo de la misma, en un espacio colaborativo de significados, valores y emociones consensuados. A su vez, esa realidad construida socialmente, pasa a tener una cierta “materialidad” o existencia objetiva que se puede visualizar en el desarrollo de determinadas competencias científicas.

El libro considera las representaciones del profesorado referidas a la noción de evaluación de Competencias de Pensamiento Científico, analizándola y caracterizándola lo más densamente posible; comprendiendo, de manera discreta, las diferentes formas en que se manifiesta y actúa respecto de la evaluación y los procesos formativos correspondientes; generando así líneas de base, a partir de las cuales se pueda estimar las necesarias transformaciones y desarrollos que, en un mundo complejo, incierto y dubitativo, la mayoría de las veces injusto y poco solidario, hacen de la enseñanza de las ciencias un saber fascinante para aprender a leer el mundo (M.Q.).

