

Identificar, caracterizar y evaluar Competencias de Pensamiento Científico (CPC) en profesores de Química en Formación

Resumen

Un análisis de la situación actual en el terreno de la formación de competencias de pensamiento científico (CPC) en el profesorado en ejercicio (Fondecyt 1095149/1070795), evidencia la carencia de sistemas y situaciones evaluativas que, de manera coherente y sistemática, den cuenta del desarrollo de las CPC en general y de pensamiento científico en particular de estudiantes y profesores. Nos parece necesario que los docentes en el proceso formativo profesional, desde una perspectiva participativa y colaborativa, sean capaces de identificar y caracterizar sus propias CPC y así mismo de diseñar e implementar instrumentos y estrategias de evaluación las cuales den cuenta de cómo se representan la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y la correspondiente formación de CPC que deberán transferir a su actividad profesional promoviéndolas en sus estudiantes. En el presente trabajo presentamos nuestras directrices teóricas sobre el abordaje de las CPC como línea de investigación.

Palabras clave: CPC, formación de profesores, química.

Abstract

An analysis of the current situation in the field of training of scientific thinking competence (CPC) in the teachers (FONDECYT 1095149/1070795), highlights the lack of evaluative systems and situations, consistently and systematically realize the development of the CPC in general and scientific thinking in particular of students and teachers. It seems necessary that teachers in the professional training process from a participatory and collaborative, are able to identify and characterize their own CPC and likewise to design and implement assessment tools and strategies which realize how to represent the teaching and learning of science and training for CPC to be transferred to their professional activities to promote them in their students. In this paper we present our theoretical guidelines on the approach of the CPC as a line of research.

Marco de referencia, propuesta del estudio y preguntas de investigación

La dirección principal de nuestros planteamientos teóricos y que nos motiva a continuar esta línea de investigación (FONDECYT 1070795, FONDECYT 1095149), reside en que hasta hoy la formación inicial de los profesores de ciencia permanece muy limitada, centrándose la atención en ella como medio e instrumento para determinar lo que el 'estudiante' "conoce" (contenidos) y cómo puede actuar (procedimientos) para apropiarse del, dejando a un lado la verdadera función de desarrollo, que puede desempeñar esta importante actividad dentro de la formación profesional en general y de la formación científica, didáctica y pedagógica en particular y de manera específica respecto al logro de competencias de pensamiento científico(CPC) en los futuros profesores.

La calidad de la formación inicial de los profesores de ciencia tiene un alto impacto en los procesos formativos y formadores de la actividad científica escolar. Algunos estudios afirman que dos de los tres factores principales que explican el éxito de los países con mejores desempeños internacionales, están relacionados con formación inicial y continua de los profesores de ciencia (Barber e Mourshed, 2007)

Breve revisión sobre la formación inicial de profesores de ciencia (química)

El S. XXI se ha caracterizado por ser un momento histórico de cambios interesantes en la gestión política y formativa de la educación, así como en las nuevas orientaciones de las reformas, ya que la decisión de dar un nuevo significado a la formación de profesores en función de las nuevas condiciones y los retos de lo que significa ser educador de ciencia hoy, ha conllevado a un gran movimiento de reformas educativas a nivel mundial. Tal es el caso de países como Finlandia cuya Reforma Educativa se llevó a cabo en el año 2002 (Lavonen (Lavonen, Krzywacki-Vanio *et al.*, 2007); en Estados Unidos que se desarrolló entre 1996 – 2003 (National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, 1996; National Science Teachers Association, 2003).; en Japón se estableció en el 2004 (Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology, 2004); en Corea y Canadá en el año 2006 (Ministerio de Educación de Corea, 2006; Association of Canadian Deans of Education, 2006) y en otros países de la comunidad europea como Francia y España entre el año 2005 y 2006, respectivamente (Vega, 2006). En países de América latina, como Argentina, Brasil, Chile y Colombia esta discusión ha emergido durante los últimos años a partir de la investigación en didáctica de las ciencias ([Camacho, Jiménez, Galaz y Santibañez, 2010, p. 20](#))

Estas reformas en las orientaciones acerca del cómo y qué ciencia enseñar, han traído consigo nuevas miradas acerca de la formación inicial de profesores de ciencia y nuevos desafíos, en particular con la manera de aprender a comprender la complejidad del conocimiento científico desde una perspectiva más amplia como la idea de ciencia, ciudadanía y valores (Quintanilla, 2006) más que la mirada tradicional de una enseñanza centrada sólo en contenidos (Sanmartí, 2001; Abell, 2000; Pehkonen, Ahtee, Lavonen, 2007). El énfasis se ha puesto paulatinamente en los modelos y perfiles de formación inicial docente en ciencias. En este sentido y debido a que los procesos formativos en el desarrollo profesional son altamente complejos, por lo general los profesores de ciencia en formación aprenden parte de lo que se les enseña durante su desarrollo profesional, hecho que se ve reflejado en las distancias entre un currículum explícito, uno vivido y otro oculto concomitante, este último, a los dos antes mencionados. ¿Cómo hacer para que los procesos formativos del profesorado de ciencia en formación no resulte en un verdadero filtro para la segmentación social, sino, oportunidades para que los futuros profesores de todos los estratos sociales se apropien de conocimientos poderosos que les permitan tener una vida profesional más interesante, productiva y participativa en la gestión de la educación científica? Estos tres propósitos se relacionan con objetivos formativos más generales, a saber: su finalidad cultural (una vida más interesante), su finalidad económica (una vida más productiva) y su finalidad política (una vida con más participación ciudadana y decisiones tecnocientíficas). 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 abordando la pregunta ¿Cómo se construyen saberes profesionales en el aula científica universitaria? Entre ellos se pueden mencionar aportes de los desarrollos de la didáctica fundamental, la didáctica fenomenológica y el enfoque socioepistemológico, que dan luces para abordar investigaciones que den respuesta a nuestra interrogante inicial sobre las posibilidades y naturaleza del fenómeno de construcción de saberes científicos en el aula (Labarrere,1994; Izquierdo, 2000; Sanmartí e Izquierdo, 1997; Sanmartí, 2003).

En 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 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 una nueva componente curricular, la llamada naturaleza de la ciencia (Matthews, 1994; McComas, 1998; Adúriz-Bravo, 2005). Entendemos por naturaleza de la ciencia un conjunto de contenidos meta científicos (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 ; Quintanilla,2007 b).

Competencias de pensamiento científico (CPC) y formación docente

El mecanismo de desarrollo del pensamiento humano es de interés de toda la comunidad de investigadores de diversas áreas y épocas. De esta forma, las investigaciones durante el siglo XX, aumentaron significativamente en este ámbito, paralelamente, estudios referentes al desarrollo del pensamiento científico y en esta misma línea a la promoción de competencias de pensamiento científico (Quintanilla, 2003, Quintanilla et al, 2010;). Entre las preocupaciones que rodean el docente de ciencias en ejercicio esta la necesidad de desarrollar en sus estudiantes el pensamiento científico y habilidades para la vida La importancia y las implicancias de las investigaciones en la enseñanza de la ciencia, el desarrollo del currículo, en educación científica, radica en su alcance en las reformas educacionales, y en particular el impacto sobre las concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia, y los aspectos multiculturales de la misma que tienen profesores de ciencia en formación y en servicio (Appleton, K. & Asoko,H.,1996; Jeong, Songer & Lee, 2010; Ravanal et al, 2009).

La noción de CPC en Didáctica de las Ciencias es considerada a la vez problemática y potente, entre otras cosas, por los orígenes extraeducativos del constructo (principalmente, desde los campos de la economía, el desarrollo y el trabajo) y de sus numerosos matices políticos; la potencia, por su parte, se deriva de su promisoría capacidad de hacer que se reestructuren a fondo los currículos de ciencias, la evaluación (formadora o acreditativa, interna o externa) y la formación inicial y continua del profesorado. Uno de los puntos álgidos de la noción de competencia es su 'transversalidad' intrínseca: en tanto que las competencias son disposiciones mayormente formales y genéricas de los sujetos, corren el peligro de alejarse de los modos disciplinares específicos de comprender el mundo, centrados en torno a contenidos teóricos que son patrimonio colectivo de la humanidad y que se han ido desarrollando laboriosamente a lo largo de la historia. Diremos que una competencia

científica escolar es cualquier capacidad (cognitiva, discursiva, material, afectiva) de orden superior específica, capacidad de hacer algo sobre un contenido determinado (proveniente de las ciencias) dentro de un contexto delimitado reconocible (escolar significativo, y por tanto transferible a la vida ciudadana). Por ejemplo, será una competencia científica escolar el argumentar (capacidad cognitivo lingüística) en torno a las posibilidades y límites de la clonación humana con fines terapéuticos (contenido de la biología y su tecnología, su ética y su epistemología asociadas) con el fin de realizar una toma de decisiones socio científicas ‘informada’ y consensuada (contexto de la comprensión pública de la ciencia) y de vincularla permanentemente con una nueva comprensión acerca de la ciencia en función de un acercamiento cada vez más significativo a la idea de ciudadanía y valores (Adúriz-Bravo, 2002; Giere, 1999; Quintanilla, 2006).

Enfoques, controversias y finalidades acerca de las CPC y la formación docente

Los enfoques dados al pensamiento científico y sus competencias, provienen de varias áreas de investigación, sin embargo se destacan la psicología cognitiva y la didáctica de las ciencias naturales. La preocupación en el asunto, no es reciente. En los '70, Champagne et al, 1982) abordan la problemática de la formación docente basada en competencias. Particularmente en evaluar estos programas y analizar la efectividad de los mismos. 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. Mientras en Edwards (1977) destaca la importancia que han desarrollado estos programas de formación docente basados en competencias en ciencias, subrayando los puntos positivos y negativos de estos programas. Artículos que apoyan estos programas hoy, son comunes en una gran parte de las revistas educacionales, sin embargo hay una cantidad de publicaciones en contra este tipo de formación. Gran parte de las críticas están centradas en que sólo hay “estadísticas sueltas”, las cuales no llevan en cuenta 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, entre otros.

La identificación de competencias científicas para su enseñanza, llevó a la estructuración de estándares mínimos para la docencia, y no demoró para que se relacionaran las competencias docentes con el mayor aprendizaje por parte del estudiante. Sin embargo, esto levanta una problemática inversa, donde los estudiantes que tengan un mal rendimiento, podrá también suponerse que sus docentes no tenían las competencias necesarias para la enseñanza, es decir, el bajo rendimiento estudiantil sería resultado de la incompetencia docente. Dentro de esta problemática, los programas basado en el desarrollo de la competencia parecían ser la única salida, ya que los futuros docentes necesitarían demostrar eficiencias específicas, esto podría permitir que la sociedad esperara, relativamente, un alto nivel de desarrollo, colocando así un grandes esperanzas en estos programas, principalmente en EUA, 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 '80, 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 presentar una nueva mirada acerca de la naturaleza de las ciencias desde: la enseñanza de las ciencias como un cuerpo de

conocimiento establecido; la ciencia como una actividad humana; 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 acerca de la enseñanza de la ciencia, con el objetivo de formación de científicos. También declara que a pesar de todos los esfuerzos, tanto 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 que actividades generales como la observación, predicción, control de variables e inferir, que tiene en las actividades científicas y su promoción. Destaca también que estas actividades pueden ser aplicadas en varios campos de la ciencia. Entretanto propone la necesidad de realizar un análisis conceptual de cada una, enfatizando en este el análisis de la competencia “observación”, desde los avances de la filosofía de la ciencia y de la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica. Plantea que la competencia observación exige el dominio de: realización de observaciones, información acerca de la observación y evaluación correcta que posibilite la credibilidad de la información emergente. Okey y Capie (1980), plantean que desde el supuesto que una competencia científica puede ser enseñada en aula, qué técnicas son medios validos, y qué competencias docentes están relacionadas con el desempeño de los estudiantes. El autor cuestiona acerca de la investigación del conocimiento e información referente a las habilidades de enseñanza, y el impacto que esta provoca cuando se utiliza. Se critican los instrumentos que se emplean para objetivizar 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.

Durante los ‘90, el énfasis por desarrollo de las competencias de pensamiento científico (CPC) en los estudiantes crece, algunas investigaciones proponen nuevas metodologías para el desarrollo de CPC, como por ejemplo: asistentes personales en la enseñanza de la informática (Reif, F. & Scott, L. A., 1999). Desde los estudios de la psicología cognitiva, se destaca el trabajo realizado por Kuhn, D. (1991, 1993, 1999, 2000), quien desafía de forma gradual, la necesidad de explicación del desarrollo de CPC observadas en adolescente 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 J. (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, 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 (Blumenfeld,1998; Cardelhead,1991; Gore & Zeichner,1990). Se aprecia entonces ante el escenario histórico que establecer una ‘noción de competencias’ es complejo. No obstante podemos preguntarnos, ¿qué formación en ciencias (química) contribuye mejor al desarrollo de capacidades que son deseables que reúnan los ciudadanos?, o bien, ¿qué aproximación a las ciencias nos forma mejor como ciudadanos?

¿Por qué identificar, caracterizar y evaluar CPC en el profesorado de química en formación?

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, su uso y gestión ponderada. Esta nueva concepción de la enseñanza de las ciencias, supera mecanismos dogmáticos para el aprendizaje, 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. Al respecto, investigaciones sobre el pensamiento del profesorado y su práctica profesional (FONDECYT 1070795/1095149), demuestran que las CPC que debe desarrollar un estudiante de ciencias, 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 el estudiantado (Ravanal & Quintanilla, 2008, Quintanilla et al, 2010 b), obteniendo de esta forma éxito ante actividades desafiantes, que exigen un dominio conceptual elaborado, habilidades, valores, y autorregulación de sus aprendizajes, capacidades están basadas, en la interacción de aptitudes prácticas y cognitivas, que combinadas permiten eficacia a la acción (Driver et al., 1996; Quintanilla, 2006). 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, incita a la autonomía, bajo una comprensión de la ciencia como actividad profundamente humana y son una mirada eminentemente representacional del conocimiento (Henao y Stipcich, 2008; Quintanilla, 2006), El desarrollo de CPC en la formación inicial y continua del profesorado es actualmente un gran desafío, y no ocurre de forma rutinaria, como es el caso de las competencias intelectuales y su devenir en la formación del profesorado (Zeichner,k.& Liston,P.,1991), por eso las investigaciones actuales se dirigen a investigar cómo situaciones de intervención en el desarrollo profesional temprano o tardío pueden posibilitar el desarrollo de estas competencias metacognitivas dentro de contextos teóricos amplios, sin perder de vista aspectos científicos, valóricos y sociales (Henao y Stipcich, 2008).

Pese a que las CsPC, 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” o ‘profesor 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 y de comunicación en el aula (Quintanilla et al,2009 a; 2009 b). Desde esta consideración la CPC emerge como un atributo del sujeto,: es competente no la competencia, sino el sujeto, lo cual determina una actuación permanente y sistemáticamente dirigida a poner de 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 (Martínez,, M. & Rué ,J .,2004; Rauch, 2004).

Algunos aspectos a desarrollar y enfoques actualmente en uso en el tema de investigación propuesto

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 docentes de química en formación, es necesario tener en cuenta el sentido que cobra su implicación en las situaciones y actividades evaluativas de enseñanza y aprendizaje; mediante estrategias dirigidas a favorecer la participación progresiva de los futuros profesores (Labarrere, & Quintanilla, 2002,2006). De esto no hay estudios en Chile que permitan potenciar los aprendizajes científicos y profesionales de docentes de ciencia en formación como un proceso de enseñar a pensar con teoría los hechos del mundo y desarrollar en ellos la motivación y el interés por comprender la estructura y función del conocimiento científico a un nivel profesional. Esto es lo que quisiéramos potenciar en nuestra investigación con los profesores de química. 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 genérica, que tenga en consideración la configuración personal del sujeto (profesor competente) y los diferentes momentos del desarrollo de la CPC durante su formación profesional, hasta sus momentos maduros o cristalizados, donde esta 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 que son permanentes y necesarias de autoregular y por ende comprender (Bodner & Herron,2003; Gunstone & Northfield,1994; Hodson,2003).

Considerando lo señalado anteriormente, el principal objetivo de esta investigación lo constituye la reflexión acerca de cómo favorecer el tránsito desde una cultura reproductiva de la ciencia hacia un campo de interacción entre los sujetos que aprenden (profesorado en formación en este caso) 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. (Camacho & Quintanilla, 2008; Coble & Koballa, 1996; Espinet, 1989). Nuestro propósito es reflexionar acerca de cómo identificar, caracterizar y evaluar CsPC en profesores de ciencia en formación que se requieren para un nuevo modelo del conocer y el hacer y emplear la ciencia al servicio de la sociedad. 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 la epistemología, la historia de las 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 en formación con el desarrollo de sus propias CsPC a un nivel de formulación de modelos teóricos y metodológicos para promover dichas CsPC en la construcción de conocimiento profesional (Klahr, 2002).

Identificación, caracterización y evaluación de CPC mediante problemas

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 o en la formación del profesorado es uno de los medios principales para el desarrollo del 'pensar teórico' para propiciar la formación de una 'cultura científica – escolar' en los alumnos y maestros que favorezca así mismo ambientes de aprendizaje creadores y ricos en densidad metacognitiva (Angulo,2008; Copello, 2006; Edwards, 1992; Izquierdo, 2005; Labarrere & Quintanilla, 2002, 2006).

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 en formación, las racionalidades teóricas acerca de las CsPC, su estructura y evaluación en la construcción de conocimiento profesional y el desarrollo de planos de análisis de resolución de problemas científicos en ambientes intencionados de aprendizaje. Todos estos ámbitos ampliamente investigados y documentados por especialistas en la materia, de tal manera de comprender en profundidad y amplitud las lógicas del proceso formativo de los profesores de ciencia en formación y contribuir a identificar y caracterizar el tipo de competencias y habilidades científicas que desarrollan en la universidad mediante la resolución de problemas científicos¹. 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 de que el aprendizaje basado simplemente en la adquisición de conocimientos y el desarrollo de recursos algorítmicos y heurísticos, resultan insuficientes, para que el profesorado o el estudiante 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 profesor individual como sujeto del aprendizaje y se comienza a considerar un “sujeto colectivo”, es decir el grupo de profesores que trabaja en equipo y actúa como comunidad profesional generadora de conocimientos y procesos básicos a partir de los cuales se debe llevar a cabo la educación científica bajo ciertos modelos de realidad, conocimiento y aprendizaje donde la didáctica de las ciencias establece un dominio propio de significados (Izquierdo, 2005, Labarrere & Quintanilla, 2005).

Referencias

ABELL, S. *Science Teacher Education. An International Perspective*. Dordrecht: Kluwer Academic. 2000.

ADÚRIZ-BRAVO, A. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. 2005

ADURIZ-BRAVO, A. Naturaleza de la ciencia y formación epistemológica del profesor. Citado en: didáctica y construcción del conocimiento Disciplinar en la Escuela. v.30. p. 315-330. 2002.

APPLETON, K.; ASOKO, H. A case study of teacher's progress toward using a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science” **Science Education**, v. 80 n. 2, p. 165 –180, 1996.

ASSOCIATION OF CANADIAN DEANS OF EDUCATION (2006). *Accord on Initial Teacher Education*. Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web de la Asociación Canadiense de Decanos de Educación: <http://www.csse.ca/ACDE/TeacherAccord.pdf>

BEDARD, G. (2007). *The Nature of Educational Research*. Curso para la obtención del Master General de Educación. Universidad de Lethbridge

BLUMENFELD, P. ET AL.. (1998) *Teaching for Understanding* En: B. Biddle et al.. (Eds.). *International Handbook of Teachers and Teaching*, London, Kluwer, 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
- BORGHI, L., DE AMBROSIS, A. & MASCHERETTI, P. (2000). Reform in Science Teacher Education in Italy. The case of physics. (pp. 31 – 43) In S. Abell (Ed.), *Science Teacher Education. An International Perspective*. Dordrecht:Kluwer Academic.
- CAMACHO, J., JIMÉNEZ, J. GALAZ, A. y SANTIBAÑEZ, D. La formación de profesores de ciencia en el mundo. Una revisión. En Cofré (Ed). *Cómo mejorar la enseñanza de las Ciencias en Chile. Perspectivas Nacionales y desafíos internacionales*. Santiago: Ediciones. Universidad Raúl Silva Henríquez (p.19-40), 2010.
- 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
- CARDELHEAD (1991) Images of teaching: student teachers early and conceptions of classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 7(1),1-8
- 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.
- CHO, Y. (2006) *Innovations in Teacher Education: The Development of Korean Education through a New System for Colleges of Education*. Presentación publicada por la Universidad de Seúl, Corea
- COBLE,C & KOBALLA,T (1996) *Science Education*. En.Sikula,J.Buttery, T & Guyton,E.(ed). *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
- DIAS-DA SILVA, M. H. G. F. ET AL. (2008). A reestruturação da Licenciaturas: alguns princípios, propostas e (pré)condições institucionais. *Rev. Diálogo Educ*: Curitiba, v.8, n.23, p. 15-37.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R., & SCOTT, P. (1996). *Young people’s image of science*. Buckingham, UK: Open University.
- DUMAS-CARÉ, A., FURIÓ MAS, C., Y GARRET, R. (1990). Formación inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3) [Disponible en <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51337/93085>]
- EDWARDS, C. (1977) Problems and promise of competency based science teacher preparation. *Science Education*, 61(4) 519-525
- ESPINET,M. (1989) La formación de profesores de ciencia: análisis y obstáculos de un currículo basado en contenidos. Documento de Trabajo. UAB
- EDWARDS, V. (1992) *Hacia la construcción del Perfeccionamiento docente*. Informe del Seminario *Cómo aprende y cómo enseña el docente*. Santiago de Chile:PIIE
- GALLEGO,R. *et als* (2006) La formación inicial de profesores de ciencias naturales en Colombia. En: *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*.

- GALLEGO, R., PÉREZ, R. Y TORRES DE GALLEGO, L. (2004). Formación Inicial de Profesores de Ciencias en Colombia: Un estudio a partir de Programas Acreditados. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 219-234.
- GIERE, R.(1999) Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. Extra junio 1999,pp 63-69
- 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-* vol.16, no 5, 523-537
- HENAO, B. L., & 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. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47-62
- HIDALGO, A. & GONZÁLEZ, J. (2008). Didáctica de las Ciencias Experimentales. Curso de Aptitud Pedagógica. Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Alcalá. Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web <http://www.ice.ucm.es>
- HODSON, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*. 72 (1). Pp: 19-40
- HODSON, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- HOPKINS, C *et als* (1996) Evolving towards education for sustainable development: An international perspective. *Nature & Resources* 32(3),2-11
- INSTITUT DE FRANCE. ACADÉMIE DES SCIENCES (2007). La formation des professeurs à l'enseignement des sciences.
- IZQUIERDO,M.(2005) Com fer problem`tics els problemas que no en son pro.Noves temàtiques per als problemas de química. En: *Resoldre problemas per aprendre Eines d'innovació docent en educació superior*. Servei de publicacions , Universitat Autònoma de Barcelona, p. 45-51
- 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.
- JEONG, H., SONGER, N. & LEE, S. (2010) Evidentiary competence: sixth graders' understanding for gathering and interpreting evidence in scientific investigations. *Research in Science Education*, 37(1) 75-97.
- KLAHR, D. (2002). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Massachusetts: MIT.
- KUHN, D. (1991). *The Skills of Argument*, Cambridge University Press, New York.
- KUHN, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Sci. Educ.* 77(3): 319–337.
- KUHN, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educ. Res.* 28: 16–25.
- KUHN, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition & Development*, 1(1), 113-129. Retrieved from Academic.

LABARRERE A., (1994), *Pensamiento, análisis y autorregulación en la actividad cognoscitiva*

de los alumnos, Angeles Editores. México. 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, pp 127

LABARRERE, A & QUINTANILLA, M. (2002) . Análisis de los planos del desarrollo de estudiantes de ciencia. Efecto en el aprendizaje. RPE, Facultad de Educación, PUC. *Revista Pensamiento Educativo* Vol.30

LAVONEN, J., KRZYWACKI-VAINIO, H., AKELA, M., KROKFORS, L., OIKKONEN, J., & SAARIKKO, H. (2007). Pre-service teacher education in chemistry, mathematics and physics. In. Pehkonen, Ahtee, Lavonen (Eds). *How Finns Learn Mathematics and Science*. (pp. 49-67). Finland: Sense Publishers.

LEUNG, F. & PARK K. (2002). Competent students, competent teachers? *International Journal of Educational Research*, 37, 113–129.

MARTINEZ, M. & RUÉ, J (2004) Les competencies 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.

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.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE COREA. (2006) *Education in Korea*. Presentación publicada en el sitio del Ministerio de Educación, Corea.

MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE & TECHNOLOGY (2004) <http://www.mext.go.jp/english/>

MCCOMAS, W. (ed.) (1998). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.

MONGE MIGUEL, J. J. Y MENTER, I. (1997). Formación inicial de los maestros en España e Inglaterra. Análisis comparativo de los planes de estudio de las universidades de Cantabria y del Este de Inglaterra of England. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1 (0).

NATIONAL COMMITTEE ON SCIENCE EDUCATION STANDARDS AND ASSESSMENT, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1996). *National Science Education Standard*. National Academy Press: Washington, D.C.

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (2003). *Standard of Science Teacher Preparation*. Recuperado el 3 de marzo de 2009, del sitio de National Science Teachers Association: <http://www.nsta.org/pdfs/NSTASTandards2003.pdf>

NORRIS, S (1984). Defining observational the competence. *Science Education*, 68 (2), 129- 142.

OKEY, J. & CAPIE, W. (1980). Assessing the competence of science teacher. *Science Education*, 64 (3) 279-287.

OLIVERA MARQUES, C.; CAMACHO, J. & ZUÑIGA, O. (2008). Formación de Profesores de Química en Latinoamérica. Un estudio desde algunos casos en Brasil, Colombia y Chile. Congreso Iberoamericano de Química. XXIV Congreso Peruano de Química., Cusco, Perú.FONDECYT 1070795

PEHKONEN, AHTEE, LAVONEN (2007). *How Finns Learn Mathematics and Science*. Finland: Sense Publishers

PROGRAM OF STUDY. MIDDLE CHILDHOOD EDUCATION (B.S.E) 2008 – 2009. (2008). Recuperado el 26 de febrero de 2009, del sitio Web del Collage de Educación de la Universidad de Georgia: <http://msit.gsu.edu/3289.html>

QUINTANILLA ,M ET AL, (2010) Resolución de problemas científicos escolares y promoción de CPC ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio?.Enseñanza de las Ciencias, 28(2)185-198. FONDECYT 1070795 / 1095149)

QUINTANILLA, M., JOGLAR, C.,MERINO,C., CUELLAR,L.(2010 b) *Scientific Thinking Competencies: What do In-service Chemistry Teachers Think? (in press) FONDECYT 1095149)*

QUINTANILLA, M., LABARCA,M. & ARISTIZABAL,A.(2009 b) La noción de orbital atómico desde la física y la química. Una comparación entre libros de texto de Chile y Colombia a partir de la historia y filosofía de la ciencia. Tecné, Episteme y Didaxis. Número Especial, 815-825. Publicaciones de la UPNB, Colombia. **FONDECYT 1095149.**

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 FONDECYT 1070795

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 (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. (2006) *Science, citoyenneté et valeurs – socle d'une approche réaliste et pragmatique de l'enseignement des sciences : mise en perspective historique*. Editados por UNESCO en el *International Science, Technology & Environmental Education Newsletter* VOL. XXXI, No. 3-4, 2006.

RAUCH,F. (2004) *Competence Model for Teachers' Professional Practice*. Klagenfurt: IFF RAVANAL E. ; QUINTANILLA, M. ; LABARRERE, A.(2009) Secuencia de enseñanza y promoción de competencias de pensamiento científico en la enseñanza del metabolismo

en profesoras de biología. *Enseñanza de las Ciencias* ISI FONDECYT 1095149 http://ice.uab.cat/congresos2009/eprints/cd_congres/propostes_htm/propostes/art-1994-

1999.pdf

RAVANAL, 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 FONDECYT 1070795

REAL DECRETO 276/2007 DE 23 DE FEBRERO. (2007). BOE 53 (2) 8915-8938. Recuperado el 22 de enero de 2009, de <http://cursosonline.anpe-asturias.com/info/comillas/valoracion%20formacion%20RD%20276%20BOE.pdf>

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

SANMARTÍ, N. (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62. (Coord.)

SANMARTÍ, N. (2001). Enseñar a enseñar ciencias en secundaria: Un reto muy complejo. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 31-48.

SANMARTÍ, N. E IZQUIERDO, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.

SARKAR ARANI MOHAMMAD REZA & MASAMI MATOBA (2006) *Challenges in Japanese Teachers' Professional Development: A Focus on An Alternative Perspective*, In: *Comparative Education in Teacher Training*, Vol.4, Edited by N. Popov, C. Wolhuter, C. Heller & M. Kysilka, Bulgarian Comparative Education Society & Bureau for Educational Services, pp.107-115.

SCHÖN, D. (1998) *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona, Paidós

TAYLOR, P. AND WILDING, D. (2009). Rethinking the values of the higher education-the students as collaborator and producer? Undergraduate research as a case study. Quality Assurance Agency for Higher Education: <http://www.qaa.ac.uk/students/studentEngagement/Undergraduate.pdf>

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana*, Paidós, Barcelona UNIVERSITÉ DE PARIS IV. (2008). *Preparation aux concours de professeur des lycées et collèges et de conseiller principal d'éducation*.

VEGA, L. (2006). Formación y carácter universitario de los Institutos Universitarios de Formación de Profesores (IUFM) en Francia. En: *Revista de Educación*, 341. Septiembre-diciembre 2006, pp. 881-897.