

VICENTE MELLADO JIMÉNEZ
LORENZO J. BLANCO NIETO
ANA BELÉN BORRACHERO CORTÉS
JANETH A. CÁRDENAS LIZARAZO

**LAS EMOCIONES EN
LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE
DE LAS CIENCIAS Y
LAS MATEMÁTICAS**

VOLUMEN II

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Vicente Mellado Jiménez y Lorenzo J. Blanco Nieto vii

VOLUMEN I:

PRIMERA PARTE: LAS EMOCIONES DESDE LA PSICOLOGÍA 1

Capítulo 1. *Emociones: del olvido a la centralidad en la explicación del comportamiento.*

M^a Antonia Manassero Más 3

Capítulo 2. *Riesgos psicosociales, estrés laboral y Burnout en la actividad docente.*

Pedro R. Gil Monte 19

SEGUNDA PARTE: LAS EMOCIONES EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS 43

Capítulo 3. *Desencadenantes del estrés y emociones en docentes de matemáticas de secundaria. Estudio realizado con una escala de elaboración propia.*

Rosa Gómez del Amo, Lorenzo J. Blanco Nieto, Janeth A. Cárdenas Lizarazo y Eloísa Guerrero Barona 45

Capítulo 4. *Resolución de problemas de matemáticas y evaluación: aspectos afectivos y cognitivos.*

Janeth A. Cárdenas Lizarazo, Lorenzo J. Blanco Nieto, Rosa Gómez del Amo y Eloísa Guerrero Barona 67

Capítulo 5. *Emociones ante el uso de las TIC en Educación.*

Luis M. Casas García, Ricardo Luengo González y Antonio Manuel Maldonado Miranda 89

Capítulo 6. *La dimensión emocional ante la solución de problemas de matemáticas en estudiantes con dificultades de aprendizaje.*

Raúl Tárraga Mínguez, M^a Inmaculada Fernández Andrés y Gemma Pastor Cerezuela 103

Capítulo 7. <i>La resolución de problemas y el dominio afectivo: un estudio con futuros profesores de matemáticas de secundaria.</i>	
Juan Pino Ceballos	117
Capítulo 8. <i>Tratamiento de la ansiedad hacia las matemáticas. Una experiencia formativa con futuros profesionales de la educación.</i>	
Concha Iriarte Redín, Marta Benavides Rojas y María José Guzmán Suárez.....	149
Capítulo 9. <i>Perfil motivacional y rendimiento académico en matemáticas de alumnos de educación secundaria. Un examen con el PALS (Patterns of Adaptive Learning Scales).</i>	
M ^a Carmen González Torres y Fermín Torrado Montalvo.....	177
Capítulo 10. <i>Influencia del dominio afectivo en el aprendizaje de las matemáticas.</i>	
Santiago Hidalgo Alfonso, Ana Maroto Sáez, Tomás Ortega del Rincón y Andrés Palacios Picos.....	215

VOLUMEN II

TERCERA PARTE: LAS EMOCIONES EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LA TECNOLOGÍA.....	241
Capítulo 11. <i>La educación científica y los factores afectivos relacionados con la ciencia y tecnología.</i>	
Ángel Vázquez Alonso	243
Capítulo 12. <i>El aspecto afectivo en la enseñanza universitaria. Cómo cinco profesores enseñan el enlace químico en la materia condensada.</i>	
Andoni Garritz Ruiz y Norma Angélica Ortega-Villar	277
Capítulo 13. <i>La química ¿emociona?</i>	
Mercè Izquierdo Aymerich	305
Capítulo 14. <i>Relación entre las emociones sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias en la formación inicial del profesorado de primaria.</i>	
María Brígido Mero, M ^a del Carmen Conde Núñez y M ^a Luisa Bermejo García.....	327
Capítulo 15. <i>Estudio longitudinal sobre las emociones y actitudes del alumnado de Maestro del Grado en Educación Primaria ante la enseñanza de ciencias experimentales.</i>	
M ^a Jesús Fernández Sánchez, María Brígido Mero y Ana Belén Borrachero Cortés	349

Capítulo 16. <i>Diferencias en las emociones como estudiante y docente de asignaturas de ciencias de secundaria.</i>	
Ana Belén Borrachero Cortés, Emilio Costillo Borrego y Lina Viviana Melo Niño.....	371
Capítulo 17. <i>Emociones y autoeficacia de profesores de secundaria en formación ante la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.</i>	
Emilio Costillo Borrego, Javier Cubero Juárez y Florentina Cañada Cañada.....	393
Capítulo 18. <i>Las emociones en las metáforas personales de futuros profesores de Ciencias, de Economía y de Psicopedagogía.</i>	
Lucía Mellado Bermejo, María Luisa Bermejo García, M ^a Isabel Fajardo Caldera y M ^a Rosa Luengo González	415
Capítulo 19. <i>¿Damos voz a las emociones? Evaluación de programas de educación ambiental basada en el recuerdo.</i>	
M ^a del Carmen García Rodríguez, Rut Jiménez Liso y Esther Prados Megías.....	437
Capítulo 20. <i>Procesos metacognitivos, afectivos y sociales en el aprendizaje de las reacciones químicas en alumnos de tercer ciclo, en Portugal.</i>	
Cristiana María Encarnaçao, Roque Jiménez Pérez y Bartolomé Vázquez Bernal	459
Capítulo 21. <i>Percepción de las emociones en el alumnado de la asignatura de Tecnología de Educación Secundaria Obligatoria.</i>	
García José Álvarez Gragera y José Ramón Canal Pérez	479
Capítulo 22. <i>Estudio demoscópico de lo que sienten y piensan los niños y adolescentes sobre la enseñanza formal de las ciencias.</i>	
Antonio Pérez Manzano y Antonio de Pro Bueno.....	493
Capítulo 23. <i>El diario como elemento de cambio: construyendo el hilo.</i>	
Bartolomé Vázquez Bernal y Roque Jiménez Pérez	519

TERCERA PARTE

**LAS EMOCIONES EN LA
ENSEÑANZA Y EL
APRENDIZAJE DE LAS
CIENCIAS Y LA TECNOLOGÍA**

CAPÍTULO 12

**EL ASPECTO AFECTIVO EN LA ENSEÑANZA
UNIVERSITARIA. CÓMO CINCO PROFESORES
ENSEÑAN EL ENLACE QUÍMICO EN LA
MATERIA CONDENSADA**

ANDONI GARRITZ RUIZ. Universidad Nacional Autónoma de México. Director de *Educación Química*.

NORMA ANGÉLICA ORTEGA-VILLAR. Universidad Nacional Autónoma de México.

1. PREFACIO. LA IMPORTANCIA DEL TEMA DEL ENLACE QUÍMICO

Este trabajo va a centrarse sobre los aspectos afectivos encontrados en cinco profesores del nivel universitario cuando se enfocan en la enseñanza del enlace químico, en particular en líquidos o sólidos, un tema complejo, aunque fundamental en los cursos de Química. Estos mismos resultados fueron presentados recientemente en la conferencia anual de la National Association of Research in Science Teaching (Garritz y Ortega-Villar, 2012, donde se hizo énfasis en que el Conocimiento Didáctico del Contenido—CDC— ha de tener incluida una faceta afectiva). Uno de los autores ha escrito trabajos sobre el dominio afectivo en relación con la enseñanza (Garritz, 2009; 2010a; 2010b).

Garritz, A. y Ortega-Villar, N.A. (2013). El aspecto afectivo en la enseñanza universitaria. Cómo cinco profesores enseñan el enlace químico en la materia condensada. En V. Mellado, L.J. Blanco, A.B. Borrachero y J.A. Cárdenas (Eds.), *Las Emociones en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas* (pp.277-304). Badajoz: DEPROFE.

El concepto de enlace en los cursos de Química General es de capital importancia. De esta forma, Linus Pauling lo encabeza en el nombre de su libro *The Nature of the Chemical Bond* (Pauling, 1960). Años más tarde (dos antes de su muerte, 1992, p. 521) Pauling afirma que “el concepto de enlace químico es el más valioso en química. Su desarrollo en los pasados 150 años ha sido uno de los grandes triunfos del intelecto humano”. Gillespie (1997) califica al enlace químico como la segunda de las seis grandes ideas de la química:

1. «Átomos moléculas e iones
2. El enlace químico
3. Forma y geometría molecular
4. Teoría cinética
5. Reacción química
6. Energía y entropía.»

Peter Atkins (2005) nos habla del currículo básico de la química («minimal core of an education in chemistry») y en él incluye nueve conceptos, de los cuales dos (3 y 4) tienen que ver con el enlace:

7. «La materia es atómica
8. Los elementos despliegan periodicidad
9. Los enlaces químicos se forman cuando los electrones se aparean
10. Forma molecular
11. Existen fuerzas residuales entre moléculas
12. La energía se conserva
13. La entropía tiende a crecer
14. Existen barreras a las reacciones
15. Hay solamente cuatro tipos de reacción.»

Por su parte, Caamaño (2003) se pregunta «¿Cuáles son las preguntas y los conceptos clave de la química?» a lo que responde (las preguntas 2, 3 y 5 tienen que ver con el enlace químico, como lo revela a continuación su propio planteamiento):

16. ¿Cómo podemos clasificar la diversidad de sistemas y cambios químicos presentes en la naturaleza?
17. ¿Cómo está constituida la materia en su interior?
18. ¿Qué relación existe entre las propiedades de los materiales y su estructura?
19. ¿Cómo transcurren las reacciones químicas?
20. ¿Por qué ciertas sustancias muestran afinidad por otras?
21. ¿Por qué ciertas reacciones tienen lugar de forma completa y otras se detienen antes de llegar a completarse?
22. ¿Qué criterios rigen la espontaneidad de los cambios químicos?»

Por su parte, Garritz (1998) nos habla de seis elementos de la cultura química, básicos para todo ciudadano (en los puntos 4 y 6 se toma la idea de enlace químico como fundamental):

23. «Concepto de materia
24. Conservación de la materia
25. Reacciones químicas: análisis y síntesis
26. Modelo atómico-molecular
27. Periodicidad
28. Conceptos, dicotomías y modelos de estructura y reactividad.»

Sin embargo, muchos otros miembros de la comunidad química son de la idea de Kutzelnigg (1984), quien indica que “el enlace químico es un fenómeno altamente complejo que elude todos los intentos de una descripción sencilla”.

Esta es la razón por la que Hoffmann (2011) concluya una conferencia reciente sobre el enlace químico diciendo:

Yo pienso que cualquier definición «rigurosa» de un enlace químico sería empobrecedora del concepto, dejándonos con un sentimiento confortable «sí (no) tengo (no tengo) un enlace», pero muy poco más. Y todavía tiene vida el concepto de enlace químico, con una venerable historia, y genera controversias y un interés increíble.

Nos dice también Woodyard (2011) que “podemos calcular bastante bien el enlace químico, pero seguimos sin saber exactamente lo que es”.

Una primera conclusión es que el tema del enlace químico es importante, aunque complejo.

Nuestra pregunta de investigación es: ¿existen factores del dominio afectivo presentes en la enseñanza a nivel universitario de un tema específico, como el del enlace químico en materia condensada?

2. INTRODUCCIÓN. EL DOMINIO AFECTIVO DE LA COGNICIÓN

Nuestra comprensión de los mecanismos neurológicos mediante los cuales los humanos adquieren y retienen el conocimiento ha avanzado mucho en años recientes. En particular, el papel de las emociones en la construcción del conocimiento ha sido revelado en las dos últimas décadas no sólo en su faceta psicológica (Pintrich, Marx y Boyle, 1993; Sinatra, 2005), sino también en la neurocientífica (Damasio, 1994; LeDoux, 1996; Panksepp, 1998; Rolls, 1999; Dolan, 2002). Hoy es claro que emociones, creencias, actitudes, y motivaciones, están íntimamente involucrados con el conocimiento concreto (Southerland, Sinatra y Matthews, 2001; Goswami, 2006) y en la educación son inseparables de él.

Recientemente los profesores son motivados para asistir a cursos sobre el aprendizaje basado en los lados cerebrales. Estos cursos sugieren, por ejemplo, que los niños deberían ser identificados ya sea como aprendices con lateralidad predominante del «cerebro izquierdo» o del «cerebro derecho», ya que cada individuo «prefiere» un tipo de abordaje. Se dice que el cerebro izquierdo domina el procesamiento del lenguaje, la lógica, la formulación matemática, los números, la secuencia, la linealidad, el análisis y la información factual. Por otra parte, el cerebro derecho lo hace con el procesamiento de las formas y los patrones, la manipulación espacial, el ritmo, las imágenes y representaciones, las ensoñaciones, y las relaciones en el aprendizaje. Los profesores son advertidos de que deben asegurar que su clase sea «balanceada cerebro izquierdo y derecho» para evitar la desigualdad entre la preferencia del estudiante y la experiencia de aprendizaje, es decir, con los estilos de aprendizaje (visual, auditivo o cinestésico) (Honey y Mumford, 1982).

A partir de la década de los años noventa del siglo pasado ha habido una notable explosión de investigación acerca de los sustratos neuronales del procesamiento afectivo (Davidson, Scherer y Goldsmith, 2003; Vilarroya y Forn, 2007). Históricamente la emoción y la cognición habían sido vistas como dos entidades separadas y muchas regiones cerebrales podrían ser conceptualizadas ya sea como «afectivas» —tales como la ~~amígdala~~ amígdala, «el núcleo del procesamiento del miedo» (Pessoa 2008, p. 149) — o como «cognitivas» —tales como la corteza cerebral prefrontal o parietal. Pero ahora, para la visión más reciente de la organización cerebral, los comportamientos complejos cognitivo-emocionales tienen su base en coaliciones dinámicas de redes de áreas cerebrales, ninguna de las cuales debería ser conceptualizada como específicamente afectiva o cognitiva. Este es el caso de la Corteza Lateral Izquierda Prefrontal (LPFC por sus siglas en inglés, Gray, Braver y Raichle, 2002). La evidencia de la integración cognitivo-emocional en la LPFC deriva de estudios acerca de la memoria de trabajo que involucran el mantenimiento y la actualización de la información, por ejemplo, cuando a los participantes se les pedía conservar en mente representaciones ya sea neutras o emocionales (Pessoa, 2008, p. 148).

McLeod (1992) sugiere que las creencias, actitudes y emociones deben ser factores importantes de investigación en el terreno de la educación matemática. Esos términos son utilizados para describir una amplia variedad de respuestas afectivas específicas: creencias acerca de las matemáticas, creencias acerca de su enseñanza, actitudes hacia las matemáticas y las emociones como la tensión y frustración en la resolución de problemas, o las respuestas positivas que

acompañan un momento de comprensión. Gregoire (2003) también ha detallado los componentes afectivos de la cognición en matemáticas. Todas las ideas de McLeod y Gregoire pueden ser perfectamente vertidas hacia la educación en ciencias. Y eso es lo que trata el presente trabajo.

Marina (1998), filósofo español, dice que es necesario un término genérico para describir las experiencias relacionadas con la evaluación (placentera o no placentera, atractiva o repulsiva) y se inclina por “afectividad” y “afecto”. Nos dice: Afecto es el conjunto de todas las experiencias que tienen un componente doloroso-agradable, atractivo-repulsivo, bueno-malo, estimulante-deprimente, activador- paralizante. Marina coincide con Goleman (1995) y Epstein (1998) en que «somos inteligencias emocionales. Nada es más interesante para nosotros que los sentimientos, porque la felicidad o la desgracia están hechas de ellos. Actuamos para conservar un estado de ánimo, o para cambiarlo. Son los más cercanos y los más ajenos a nosotros». Marina define los sentimientos como información integrada que implican un balance entre:

- La situación real que se está viviendo;
- Los deseos y necesidades;
- Las creencias, expectativas y hábitos;
- Las ideas acerca de uno mismo.

“No son las emociones las que son inteligentes o no, sino el pensamiento automático, pre-consciente que subyace a las emociones” (Epstein, 1998).

Trabajos recientes de investigación en educación científica (Otero, 2006; Zembylas, 2005) objetan la independencia de los aspectos racionales y emocionales; consideran gradualmente la relación entre ambos terrenos, como se hará en este estudio. En los últimos tres manuales sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias han aparecido dos capítulos relacionados con el dominio afectivo (Fraser, 1994; Simpson, Koballa, Oliver y Crawley, 1994; Bell, 1998; Wubbels y Brekelman, 1998; Jones y Carter, 2007; Koballa y Glynn, 2007). Antes de presentar los detalles del tema específico de la investigación de la enseñanza, veamos algunos de los componentes generales del dominio afectivo.

2.1. Emociones

La cognición se refiere a procesos tales como memoria, atención y lenguaje, y también al razonamiento como resolución de problemas y planeación. Se piensa que muchos procesos cognitivos involucran funciones humanas complejas.

A diferencia de la cognición, las emociones no son fáciles de caracterizar, porque son estados psicológicos que tienen cualidades únicas. Primero, a diferencia de la mayoría de los estados psicológicos, las emociones están relacionadas con sucesos corporales y consisten en patrones conductuales de expresiones faciales, comportamiento, y estimulación autónoma. Segundo, son menos susceptibles a nuestras intenciones que otros estados psicológicos, en la medida en que a menudo detonan de manera directamente opuesta a nuestra razón deliberada con relación a tales emociones. Finalmente, y lo más importante, las emociones son menos encapsuladas que otros estados psicológicos como es evidente en sus efectos globales en virtualmente todos los aspectos de la cognición (James, 1890).

Nuestra forma natural de pensar acerca de estas emociones en bruto es que la percepción mental de algún hecho estimula la afección mental llamada emoción, y que este último estado mental origina la expresión corporal. Mi teoría, por el contrario, es que los cambios corporales siguen directamente a la percepción del hecho estimulante, y que nuestra sensación de los propios cambios conforme ocurren ES la emoción (James, 1890, p.743).

Difícilmente podemos quedar satisfechos con una definición que tiene más de un siglo de antigüedad. Sin embargo, las definiciones modernas son menos satisfactorias. Algunos investigadores incorporan el impulso y la motivación: “La definición de emociones es que son estados provocados por recompensas y castigos; es decir, por reforzadores instrumentales” (Rolls, 2005, p. 11).

Otros autores favorecen la visión de que las emociones están involucradas en la evaluación consciente (o inconsciente) de los hechos (Arnold, 1960). Algunas aproximaciones se centran en las emociones básicas (Ekman, 1992), otros en un conjunto extenso de emociones, incluyendo las morales (Haidt, 2003; p.ej. orgullo y envidia). Existe una fuerte evidencia que también asocia las emociones al cuerpo (Damasio, 1994). La palabra «sentimiento» es utilizada para caracterizar la experiencia mental de una emoción, y la palabra «emoción» es utilizada para describir la reacción orgánica al estímulo externo (Texeira y Mortimer, 2003).

Adicionalmente a estas definiciones de «emoción» se debe reconocer que el aprendizaje de conceptos científicos es mucho más que un proceso cognitivo. La enseñanza está fuertemente cargada con emociones y sentimientos, estimulados por y dirigidos hacia no solamente personas, sino también valores e ideales. No obstante, en escuelas y universidades, en su mayor parte, la ciencia está representada como un área del currículum racional, analítica y no emotiva; y los profesores de ciencia, los textos y los documentos curriculares comúnmente presentan imágenes de la ciencia y de los científicos que plasman una gran distancia con lo emocional (Garritz, 2010b).

En el caso de las matemáticas, McLeod (1992) y Dogan (2012) insisten en que la capacidad para aprender una materia puede ser afectada significativamente por las preocupaciones de los estudiantes por la materia. Dogan presenta un modelo sobre cómo los factores afectivos (emoción, valor, creencia, actitud, etc.) y los procesos cognitivos pueden interactuar, especialmente entre los profesores en formación.

2.2. Motivación

Pintrich et al. (1993, p. 167) presentaron un modelo de cambio conceptual para describir el aprendizaje con base en la motivación del estudiante. Desde entonces se le reconoce como el «modelo caliente del cambio conceptual», en contraste con el de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), denominado como «el frío». De acuerdo con Pintrich et al. (1993), ha habido poca investigación que pretenda ligar la motivación con la cognición. En el desarrollo teórico sobre la educación científica, los estudios sobre el cambio conceptual tienden a ignorar las diferencias en las creencias motivacionales así como en los factores contextuales del salón de clase que pueden influir el proceso de aprender ciencia. Describen:

Los constructos motivacionales tales como orientación hacia metas, valores, creencias de eficacia y control pueden servir como mediadores de este proceso de cambio conceptual y son probables candidatos de investigación acerca de cómo los procesos de asimilación y acomodación pueden operar en conjunto con la motivación estudiantil en la enseñanza del cambio conceptual (Pintrich et al., 1993, p. 192).

Basándose en la psicología educativa y del desarrollo, Eccles y Wigfield (2002; p.110) nos dicen que “la raíz latina de la palabra «motivación» significa «mover»”, de ahí que en este sentido básico el estudio de la motivación es el estudio de la acción. La motivación es comúnmente definida como lo que hace que un trabajo reciba una recompensa o evite un castigo. Emoción y motivación están estrechamente ligadas; ambas dependen de la relación entre el organismo y su ambiente. En el caso de la emoción, el énfasis debe estar en el aspecto evaluativo de esta relación, mientras que en el caso de la motivación debe estar en cómo el organismo actúa en una situación dada (Parkinson y Colman, 1995).

Existen artículos recientes acerca de las creencias motivacionales y su relación con la actuación académica en los cursos de química universitarios (Lynch y Trujillo, 2011).

2.3. Interés, actitud y autocreencias

La actitud como constructo ha sido definida en una multitud de formas por filósofos, psicólogos, investigadores y practicantes. Por ejemplo, Simpson et al. (1994) define actitud como “una predisposición a responder positivamente o negativamente ante las cosas, las personas, los lugares, los acontecimientos o las ideas” (p.212).

Jones y Carter (2007) ubican a las actitudes como un componente de un sistema general de creencias, que contiene también la auto-eficacia, las epistemologías, y las expectativas. Todas ellas están entrelazadas e insertadas en el contexto sociocultural.

La investigación PISA (OCDE 2004; 2007) ha explorado extensamente las competencias y actitudes hacia las matemáticas y la ciencia en estudiantes de 29 y 30 países pertenecientes a la OCDE, respectivamente en cada aplicación de 2003 y 2006 (la del año 2000 se centró en la comprensión lectora), y la investigación acerca de las competencias y actitudes hacia la ciencia de 2006 cubrió otros 27 países adicionales.

Los investigadores distinguen tres tipos de interés: individual, situacional y temático. Definido típicamente como «una predisposición a prestar atención a ciertos objetos y a involucrarse en ciertas actividades» (Ainley, Hidi y Berndorff, 2002, p.545), el interés individual aparece en un dominio particular tal como sería el de las materias escolares (ciencia, historia, matemáticas), las actividades específicas (música, deportes, películas), o como un interés general por aprender. Este interés influye en la atención selectiva de los estudiantes, en el esfuerzo, y en la disposición de perseverar en una tarea, y su activación y adquisición de conocimiento. En contraste, el interés situacional puede ser generado por condiciones particulares u objetos concretos en el ambiente, por ejemplo del salón de clases, por un cierto texto, el trabajo de grupo o la participación activa del estudiante. La tercera forma de interés, el temático, esta detonado por cierta palabra, oración o párrafo expresada alrededor de un tema (Nieswandt, 2007). Pero vamos a las auto-creencias.

El auto-concepto es una auto-creencia general que incorpora muchas formas de auto-conocimiento y de sentimientos auto-evaluativos. Históricamente, el auto-concepto ha sido definido como una «percepción global de uno mismo y de las reacciones de la autoestima propia a esa auto-percepción» (Marsh y Shavelson, 1985). Los intereses y actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, así como a sus

percepciones de qué tan bien se comportarán en contextos de aprendizaje puede también jugar un papel importante en el desarrollo de una comprensión significativa de los conceptos científicos; una comprensión que va más allá de la memorización para llegar a la habilidad de explicar los fenómenos de cada día con el conocimiento científico vigente (Nieswandt 2007).

Las creencias de auto-eficacia se refieren a las capacidades de los estudiantes de llevar a cabo una tarea (Pintrich et al., 1993, p.185) o bien a “juicios personales de las capacidades propias para organizar y ejecutar cursos de acción para alcanzar los objetivos establecidos” (Zimmerman, 2000, p.83). Las creencias de valores son creencias acerca de la importancia, utilidad, y relevancia de la tarea (Pintrich, 2004). Autoestima ha sido también definida como “dos aspectos interrelacionados: conlleva un sentido de eficacia personal y otro de valor personal; es la suma de auto-confianza y auto-respeto; es la convicción de que uno es competente para vivir y digno de vivir” (Mruk, 2006, p.12).

3. CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO, REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO Y MODELO DEL PERFIL CONCEPTUAL (CPM) DE MORTIMER

3.1. Conocimiento Didáctico del Contenido

Shulman (1986) plantea que la famosa frase de descrédito para los profesores expresada por George Bernard Shaw (1903): “El que puede, hace. El que no puede, enseña”, debe transformarse en “aquellos que pueden, hacen. Aquellos que entienden, enseñan”. Habla también sobre la importancia del conocimiento de los profesores y la influencia decisiva que tiene sobre la práctica. Menciona que para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, hay que distinguir tres tipos del mismo:

- A. El conocimiento del contenido temático de la asignatura, (CA)
- B. El conocimiento didáctico del contenido (CDC) y
- C. El conocimiento curricular (CC).

Para caracterizar al segundo, dice que “es el conocimiento que va más allá del tema de la materia per sé y que llega a la dimensión del conocimiento de la materia para la enseñanza” (Shulman, 1987, p.9). En el CDC incluye, para los tópicos más regularmente enseñados en el área temática del profesor, lo que lo habilita para responder a preguntas tales como: “¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tópico a estudiantes con antecedentes particulares?” (Shulman y Sykes, 1986, p.9).

El CDC también incluye un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje de tópicos específicos: “las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y antecedentes traen con ellos al aprendizaje de los tópicos y lecciones más frecuentemente enseñados” (Shulman, 1986, p.9). Si estas concepciones son alternativas al conocimiento científico, los profesores necesitan el conocimiento de las estrategias que con mayor probabilidad van a ser fructíferas en la reorganización del entendimiento de los aprendices.

Klafki (1958) se adelantó a Shulman proponiendo cinco preguntas clave dirigidas a los profesores al momento de preparar su clase. En ellas menciona una enorme cantidad de representaciones básicas, tales como: hecho, fenómeno, principio, ley, criterio, problema, método, técnica, actitud, intuición, situación, experimento, diagrama, situación, observación, modelo, analogía, metáfora, etc.

Magnusson, Krajcik y Borko (1999) identifican cinco elementos clave del CDC:

- A. Visión y propósito de la enseñanza de la ciencia;
- B. Conocimiento y creencias sobre el currículo de ciencia;
- C. Conocimiento y creencias acerca del entendimiento estudiantil sobre tópicos específicos de ciencia;
- D. Conocimiento y creencias sobre estrategias de instrucción para enseñar ciencia;
- E. Conocimiento y creencias sobre evaluación en ciencia.

Park y Oliver (2008), como resultado de una investigación empírica, hablan de un nuevo componente afectivo del CDC: «la eficacia del profesor», que son «las creencias de los profesores acerca de su habilidad para afectar los resultados de los estudiantes» (p. 278). Garritz (2010b) ha definido este sexto componente del CDC de forma explícita como:

- F. Conocimientos y creencias acerca del dominio afectivo relacionado con el contenido de la materia específica. Los siguientes sub-componentes son propuestos para su consideración: creencias motivacionales; creencias de orientación hacia la meta; creencias de intereses y valores; auto-concepto; auto-eficacia; autoestima; y creencias de control; todas ellas relacionadas con los intereses, actitudes y emociones de los profesores acerca de su propia manera de enseñar; la materia que enseñan; y su conocimiento de la actitud que los estudiantes adoptan al aprender.

Varios autores han relacionado el dominio afectivo con el Conocimiento Didáctico del Contenido, tales como Hargreaves (1998), McCaughtry (2004; 2005) y Zembylas (2007).

3.2. Representación del Contenido (CoRe)

Es claro que reconocer y articular el CDC de un profesor es un proceso complejo y difícil. Hay muchas razones para ello, entre otras que el CDC (Baxter y Lederman, 1999):

No está asociado con la impartición de una determinada lección. Las actividades de la buena docencia pueden contribuir al mismo, pero por lo general no son ejemplos explícitos per sé. Se trata de una noción compleja que es reconocible sólo sobre un periodo largo de tiempo, ya que en muchas ocasiones el profesor no utiliza toda su “batería” con un grupo dado de estudiantes.

Es mantenido y conservado inconscientemente por el profesor. Se trata parcialmente de una construcción interna que es tácita y, por lo tanto, difícil de expresar.

Recientemente, Loughran, Mulhall y Berry (2004) presentaron dos herramientas para “retratar”, dicen, el CDC de los profesores:

- CoRe (Content Representation, o ReCo en español, por «Representación del Contenido»).
- PaP-eRs (Professional and Pedagogical experience Repertoires, o RePyPs, en español «Repertorios de experiencia profesional y pedagógica»).

En relación con este trabajo, los autores han modificado el conjunto de ocho preguntas del marco ReCo de Loughran et al. (2004, Tabla 1), incluyendo la reformulación de cinco de ellas (integrando algunas e ignorando otras; de forma similar a Padilla, Ponce de León, Rembado y Garritz, 2008) y un par final de preguntas sobre el componente afectivo (Park y Oliver, 2008; Garritz, 2010b).

Tabla 1. *Siete preguntas ReCo utilizadas en este estudio (preguntas 6 y 7 corresponden al componente afectivo del CDC) solicitadas para cada una de las ideas centrales y tres preguntas generales (A. a C.) también sobre el dominio afectivo.*

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Por qué considera importante para los estudiantes desarrollar esta idea central? 2. ¿Cuáles son las dificultades o limitaciones al enseñar esta idea central? 3. ¿Cuáles son las dificultades o limitaciones relacionadas con el aprendizaje de esta idea central para los estudiantes? 4. ¿Cuáles ejemplos y procedimientos de enseñanza utiliza usted para involucrar a los estudiantes con esta idea central? 5. ¿Cuáles son las formas específicas para determinar la comprensión o confusión de los estudiantes alrededor de esta idea central hacia el cambio conceptual? 6. ¿De qué manera promueve la motivación estudiantil para el aprendizaje de este concepto? Indique el tipo de motivación al que recurre. 7. ¿Cuál es la forma que usted utiliza para promover el interés individual de los estudiantes o el interés temático para aprender esta idea central? <ol style="list-style-type: none"> A. ¿Cómo logra las emociones de los estudiantes por el tema? B. ¿Cómo promueve las actitudes favorables de los estudiantes hacia el tema? C. ¿Cómo ayuda a los estudiantes a tener confianza en participar y expresarse mientras aprenden el tema? |
|---|

3.3. Modelo del Perfil Conceptual de Mortimer.

Se argumenta que los profesores hábiles transforman la materia que enseñan en formas más accesibles para los estudiantes, adaptándola al contexto de aprendizaje, desarrollando de este modo su CDC. No obstante, entender cómo se desarrolla éste puede ser difícil de investigar porque los profesores no necesariamente encuentran fácil expresar su conocimiento acerca de lo que hacen tácitamente en la práctica del salón de clase. No obstante, es posible llegar a comprender más sobre este conocimiento a través del Modelo del Perfil Conceptual (MPC) de Mortimer (1995, p.270), definido por él como un “sistema superindividual de formas de pensamiento” (p.270), que describe diferentes rutas de razonamiento y discurso para alcanzar un concepto, llamadas «zonas del perfil conceptual» (ZPC). De acuerdo con Mortimer (1995, p.284) este modelo podría ayudar a los investigadores a manejar la evolución conceptual en el aula, porque representa un cambio complementado con la adquisición de conciencia. Una persona podría tener un perfil conceptual específico en un momento dado, dependiendo de su filosofía personal, creencias, experiencias, y bagaje cultural. Este se iría transformando con el tiempo, cuando hiciera más énfasis en algunas zonas del perfil y menos en otras. Ha sido aplicado en nuestro caso para la enseñanza de un tema específico, seleccionando un conjunto apropiado de ZPC.

Con base en investigaciones reportadas en la literatura (Mortimer, 1995; Amaral y Mortimer, 2004; Coutinho, Mortimer y El-Hani, 2007; Padilla et al., 2008; Mortimer, Scott y El-Hani, 2011), decidimos utilizar la clasificación de cuatro zonas del perfil conceptual que coinciden con las de Padilla y Garritz (2011; 2012 aceptado) sobre estequiometría. Incluimos inmediatamente una corta descripción de cómo decidir la clasificación de las frases en cada una de las zonas de perfil conceptual, para iniciar nuestro análisis de lo que los profesores mencionaron en sus ReCos:

Conceptual: el conocimiento conceptual implica la construcción de una visión holística del contenido para obtener una comprensión completa y auténtica de los conceptos y teorías subyacentes, con tal de reorganizar ese conocimiento utilizando las pruebas que se reúnan y mantener así una visión crítica y más objetiva del tema (Arons, 1997). La comprensión conceptual es también interpretada como la habilidad de los estudiantes para aplicar en situaciones cotidianas los conceptos científicos aprendidos sobre los fenómenos. Algunos ejemplos de oraciones con estas características son 'Aunque los alumnos tienen una noción acerca del concepto, la mayoría no puede definir «enlace químico». La razón es que todas las definiciones parecen ser ambiguas porque hablamos de enlace químico cuando especies con cierta estabilidad son formadas como entidades independientes, pero ¿qué significa ese «cierta»? O esta otra 'uno de los propósitos de explicar los modelos de enlace y las interacciones moleculares es que estos conceptos permiten explicar propiedades físicas de las sustancias' (Estos dos ejemplos fueron escritos por el profesor 2 en este estudio).

Nieswandt (2007) ha subrayado que la comprensión conceptual de la ciencia es un fenómeno complejo. Incorpora la comprensión de conceptos individuales relativamente simples, como la «masa» o de conceptos más complejos, como «enlace» que, siguiendo ciertas reglas y modelos, combina múltiples conceptos individuales —por ejemplo, modelo de la naturaleza corpuscular de la materia, conservación de la masa, cantidad de sustancia, equivalencia, covalencia, ionicidad, etcétera.

Contextual: Esta clase de nociones son construidas por las personas de acuerdo con el contexto social e histórico que experimentan; la contextualización de conceptos muy abstractos o las narrativas históricas son herramientas imprescindibles para la enseñanza. Los conceptos o procesos tales como las «propiedades organolépticas» o los «cambios físicos y químicos en fenómenos cotidianos» o preguntas tales como «¿por qué el enlace iónico se rompe fácilmente cuando se disuelve una sustancia iónica en agua, mientras que una sustancia

covalente no se disuelve?» O frases como estas dos «las narrativas históricas del equivalente mecánico de calor» y «comentar y explicar los premios Nobel de los años 2000 y 2010, relacionados con polímeros conductores por Heeger, MacDiarmid y Shirakawa o con el grafeno, por Novoselov y Geim» son del tipo contextual (estos dos ejemplos fueron escritos por profesor 3).

Esta ZPC también incluye ideas con un sentido ético sin una aproximación científica formal. Aquí corresponden las ideas prácticas que son mencionadas sin una relación clara entre el fenómeno y la teoría.

Representacional: Una de las estrategias más interesantes que se informan en la literatura es la relacionada con diferentes tipos de representaciones para lograr el aprendizaje. En química, la comprensión de conceptos complejos en múltiples niveles no se consigue sin una comprensión y habilidad para usar e integrar múltiples representaciones dentro de los niveles nanoscópico y simbólico (Ardac y Akaygun, 2004; Wu y Shah, 2004; Gilbert y Treagust, 2009). Algunos ejemplos de frases dentro de esta ZPC Representacional también escritas por el profesor 3 son las siguientes: «Yo utilizo diagramas moleculares, fotografías, esquemas de Rayos X para representar la estructura química de las sustancias» o «empleo analogías con magnetos y le pido a los estudiantes que imaginen qué pasa en una charola con estos magnetos rectangulares en movimiento».

Hemos encontrado las siguientes representaciones en los cinco profesores involucrados en este estudio: analógica, visual, mapas análogos, experimentos de laboratorio o demostraciones, modelos moleculares y modelos materiales.

Procedimental: Este conocimiento es aquél que requiere el uso de un conjunto memorizado de procedimientos para la solución de un problema; que denota la utilización dinámica y exitosa de reglas particulares, de dispositivos, experimentos, demostraciones o algoritmos dentro de formas relevantes de representación. Una frase como ejemplo «Si tomamos aproximadamente 250 ml de acetona y empezamos a empujar dentro vasos de poliestireno, es impresionante cuántos de ellos pueden ser disueltos», para enseñar que «lo similar disuelve lo similar» (frases de la profesora 2).

Con relación a la solución de problemas conceptuales versus procedimentales existe una gran cantidad de referencias de la década de los años 90 en el Journal of Chemical Education (Pickering, 1990; Bunce, 1993; Nakhleh, 1993; Zoller, Lubezky, Nakhleh, Tessler y Dori, 1995; Nakhleh, Lowrey y Mitchel, 1996) que fueron iniciados por el trabajo fundacional de Nurrenbem y Pickering (1987). Esos autores mencionan la desventaja que los buenos solucionadores de problemas tienen que enfrentar con los problemas conceptuales de química básica.

Niaz y Robinson (1992) concluyen que el entrenamiento en los problemas de tipo algorítmico no garantiza la comprensión exitosa de los problemas conceptuales: «los problemas algorítmicos y conceptuales pueden requerir diferentes habilidades cognitivas» (p. 54). Lo mismo alcanzan más recientemente Holme y Murphy (2011), al igual que Salta y Tzougraki (2011).

4. LOS CONCEPTOS DISCIPLINARIOS INVOLUCRADOS EN ESTE ESTUDIO

En particular, el tema disciplinario de este trabajo, el enlace que se presenta en sustancias sólidas o líquidas, es un tema difícil para los estudiantes (Gillespie y Popelier, 2001), así que la documentación del CDC de renombrados profesores puede ser sumamente útil para el entrenamiento profesional de nuevos profesores (Reyes y Garritz, 2006; Hume y Berry, 2011). Han aparecido varias publicaciones sobre Tecnologías de la Información y la Comunicación, así como secuencias de enseñanza aprendizaje que abordan el tema del enlace químico (García Franco y Garritz, 2006; Levy Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein y Krajcik, 2007; Frailich, Kesner y Hofstein, 2009; Hilton y Nichols, 2011).

De este estudio recogemos varias cuestiones de orden general sobre cómo se enseña actualmente el tema del enlace químico en la materia condensada. Por ejemplo, los libros más utilizados por los profesores entrevistados fueron los de Atkins y Jones (2010), Spencer, Bodner y Rickard (2006) y Garritz, Gasque y Martínez (2005).

4.1. Diagramas de van Arkel (1947).

No existen fronteras bien definidas entre los diferentes modelos de enlace y eso se hace evidente en estos diagramas (Jensen, 1995), en los que hay un continuo entre enlaces declarados tradicionalmente como satisfactorias de un modelo o de otro (ver la figura 1, tomada de Spencer et al., 2006).

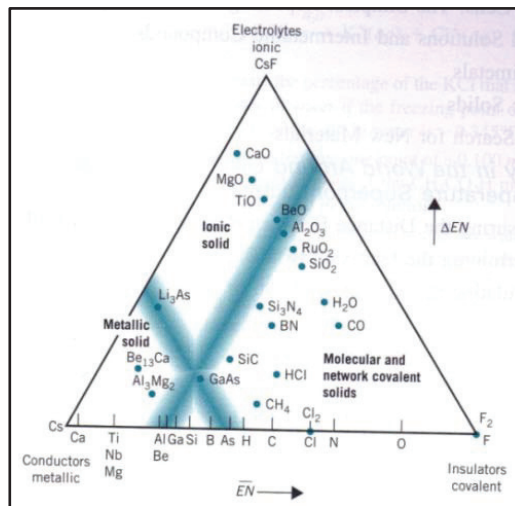


Figura 1. Van Arkel (1949) presenta este tipo de diagramas donde ha graficado la diferencia de electronegatividades (en las ordenadas) contra el promedio de las mismas (en las abscisas) para señalar zonas donde aparecen sólidos metálicos (abajo a la izquierda); sólidos iónicos (arriba a la izquierda) y sólidos covalentes, sean moleculares o de red (abajo a la derecha).

4.2. Concepto de Red (Network, en inglés).

Hoy se acepta que los enlaces en la materia condensada son de naturaleza multidireccional y que existe diferencia entre la fuerza de los enlaces de naturaleza residual en los sólidos covalentes (tipo van der Waals) y los sólidos con enlaces «de Red». En la figura 2 se presentan tres tipos de enlaces de Red de diferente naturaleza, uno covalente, otro metálico y el tercero iónico.

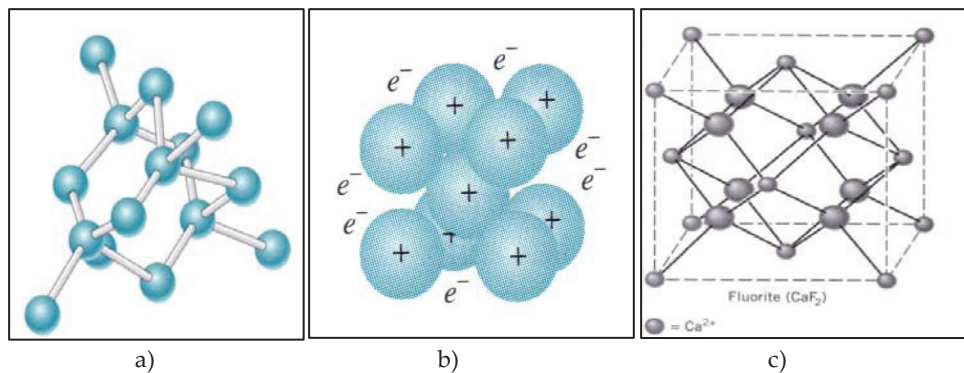


Figura 2. Los tres modelos de enlace de Red se presentan en la materia condensada.
a) Covalente en red, en el diamante; b) Metálico y c) Iónico, en la fluorita.

5. HALLAZGOS Y ANÁLISIS

5.1. Modelo de perfil conceptual para caracterizar las respuestas de los profesores.

Los conceptos acordados por consenso de los cinco profesores como Conceptos Centrales del tema son: 1. Propiedades Físicas, 2. Parámetros de Enlace: Energía y Distancia, 3. Polaridad e Interacción Intermolecular, 4. Redes (metálica, iónica o covalente). De cada uno de ellos, se respondieron las 7 preguntas de la ReCo, precedidas por las tres preguntas de carácter general (A, B y C) expresadas en la Tabla 1.

El resultado de clasificar cada una de las oraciones escritas en sus ReCos como parcial o totalmente pertenecientes a una ZPC se muestra en la figura 3. Esa tarea pudo hacerse con un promedio de casi treinta oraciones para cada profesor (29 para el profesor 1; 22 para el 2; 31 para 3 y 35 para 4; al profesor 5 se le eliminó de este análisis, debido a sus respuestas, demasiado repetitivas).

Puede apreciarse que todas las frases de los profesores caen del 24 al 39 por ciento en la primera ZPC, la de tipo conceptual; pero hay serias diferencias en las otras tres zonas, con los profesores 1, 3 y 4 altamente Contextuales y Representacionales (entre 25 y 32%); y el profesor 2, que es el más Procedimental (24%), aunque también es el que más destaca en el aspecto conceptual (39%). En pocas palabras, podríamos decir que es cierto que cada profesor tiene su estilo de enseñar, hay el que hace énfasis en diferentes aspectos más relativos con la vida diaria (contextual), o el que usa diagramas, analogías, etc. (representacional), o quien emplea aspectos empíricos (procedimental).

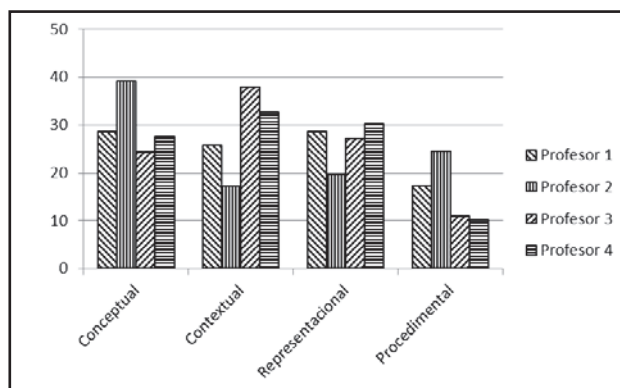


Figura 3. Porcentaje de oraciones en el ReCo de cada profesor categorizado por cada una de las cuatro zonas del perfil conceptual descritas en la sección sobre el Modelo del Perfil Conceptual.

5.1.1. Frases relativas al contenido de modelos de enlace en materia condensada.

Transcribimos algunas frases literales interesantes copiadas de tres preguntas de la ReCo de los profesores involucrados. Se colocan en mayúsculas algunas frases que resumen la posición del profesor. Los tres ejemplos revelan algunos aspectos relacionados con la enseñanza del contenido en los que los profesores tienen aportaciones, como la expresión de las limitaciones del aprendizaje del profesor 3; o la discusión a partir de cinco sólidos blancos del profesor 5, o las tres bellas analogías empleadas por el profesor 4.

1. *¿Cuáles son las dificultades o limitaciones relacionadas con el aprendizaje...?*

El manejo de longitudes menores a 0,001 m es difícil de conceptualizar por los alumnos. Tienen:

- Poca habilidad para APLICAR LA NOTACIÓN CIENTÍFICA: 1×10^{-15}
- Poca capacidad de COMPRENDER LA DIMENSIÓN DEL JOULE o kilojoule, unidades en las que se encuentran los datos de energías de enlace.
- Dificultad en ASOCIAR LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA A INCREMENTOS O DECREMENTOS DE ENERGÍA (Profesor 3).

2. *Cuáles ejemplos y procedimientos de enseñanza utiliza...?*

Llevo al salón una colección de sólidos blancos, pulverizados. Se les comenta a los alumnos que parecen iguales, pero no lo son: ¿QUÉ PROPONEN HACER PARA AVERIGUAR EN QUÉ SON IGUALES Y EN QUÉ NO?

Se les invita a que se acerquen, los observen con más cuidado, los podrían tocar.

Es probable que algunos alumnos quieran saber o traten de adivinar qué son.

Se puede aclarar que son: sal de mesa, azúcar glass (o azúcar impalpable), harina de maíz, bicarbonato de sodio, gis, talco y arena fina. ¿Pero cuál es cuál?

Pueden proponer algunas formas de conocer su identidad, pero lo más importante es DEJAR LA INQUIETUD por conocer qué tienen en común (Profesor 5).

3. *Empleo de analogías, para promover el interés*

Cuando ejemplifico si las especies químicas son más o menos polarizables, lo comparo con personas que hacen mucho ejercicio y tienen un abdomen duro (poco polarizable), en contraste con las personas obesas (muy polarizables).

Una pareja de novios, cuando apenas comienzan a estar juntos, cuando TODO es amor y felicidad, la atracción entre los dos es grande (alta energía de unión) y eso repercute en la distancia de enlace, siempre están cerca el uno del otro (efecto moco).

Una red de un sólido molecular es como un salón de baile donde hay muchas parejas bailando, cada pareja representa a las moléculas y cada persona a los átomos; dentro de cada pareja la unión es fuerte y su distancia es corta, pero entre parejas la interacción es mucho más débil y la distancia que las separa es notoriamente mayor. (Profesor 4).

5.1.2. Frases relativas al aspecto afectivo.

A continuación transcribimos varias de las frases literales de cada uno de los profesores con una componente claramente afectiva, relativas a las preguntas generales A a C del cuestionario de la Tabla 1. Nuevamente se colocan en mayúsculas algunas frases que resumen la posición del profesor.

A. *¿Cómo logra la emoción de los estudiantes por el tema?*

La principal emoción que pretendo despertar en los estudiantes es la *confusión*.

Se sabe que el punto de ebullición del agua es 100°C. También se sabe que al alcanzar el punto de ebullición una sustancia líquida pasa a la fase vapor. Entonces ¿Por qué podemos secar la ropa a temperatura ambiente sin necesidad de «hervirla» para secarla?

Si el agua es un líquido incoloro y transparente ¿Por qué el mar es azul? ¿Por qué las nubes son blancas?

Aparentes contradicciones como estas pueden provocar confusión en los alumnos, pero también despiertan ansiedad por resolver el problema. (Profesor 1)

Me ha sido posible despertar entre los estudiantes emociones positivas de asombro o alegría; lo he logrado con ejemplos de sustancias de su vida cotidiana como el agua, la sal, algunos metales y sus propiedades, a través de fotos, de ejemplos y del análisis de situaciones cotidianas (Profesor 2).

B. *¿Cómo promueve actitudes favorables hacia el aprendizaje de este tema?*

Considero muy importante revisar las tareas o investigaciones previas, así como *subrayar la importancia de lo que encontraron* en su investigación.

Procuro integrar en la discusión a la mayor parte del grupo.

Utilizo con frecuencia la frase: *“tengan presente que, aquí todos estamos aprendiendo”*.

Con ayuda de problemas específicos para que los alumnos diseñen un método para resolverlos, *les expreso satisfacción* cuando sus propuestas están bien encaminadas (Profesor 3).

Propiciando que *exterioricen sus propias creencias* e ideas acerca de lo que perciben o saben de algo.

Pedirles *que escuchen a los demás*.

Propiciar que los alumnos *expresen sus opiniones, sus dudas, e inquietudes* en cualquier momento (Profesor 5).

C. *¿Cómo favorece que los alumnos participen y se expresen con confianza en el aprendizaje del tema? Empleo de analogías, para promover el interés...*

Organizo al grupo en equipos para que dentro de ellos lleguen a sus resultados y conclusiones. Cuando hay interpretaciones erróneas se hace hincapié en una respuesta afectiva del profesor *“muy buena tu opinión, pero...”*, e utilizando la *“lógica”* del error como algo comprensible. *Hago explícita mi gratificación* si los alumnos participan con interés y van acercándose a las conclusiones correctas (Profesor 3).

6. CONCLUSIONES

Históricamente, emoción y cognición han sido vistas como entidades separadas. Un factor que puede haber contribuido a esa separación durante el siglo pasado fue sin duda metodológico.

Como lo mencionan Gray et al. (2002) *“la emoción y la cognición de alto nivel pueden estar verdaderamente integradas, es decir, en algún punto del procesamiento la especialización funcional se pierde; emoción y cognición conjuntamente y por igual contribuyen al control del pensamiento y el comportamiento”* (p. 4115). Esta frase resume los hallazgos de que aunque emoción y cognición son parcialmente separables, a menudo se da una integración entre ellas, borrándose fuertemente la distinción entre ambas.

Este estudio revela que las emociones están entrelazadas con la construcción de conocimientos específicos, en las relaciones entre estudiantes y profesores. Se sugiere que creencias, actitudes y emociones debieran ser desde ahora importantes factores a contemplar en la enseñanza científica. Un buen profesor debe poseer una amplia variedad de respuestas del dominio afectivo para la enseñanza de temas específicos de ciencia para encarar, por ejemplo, creencias sobre ciencia y sobre su enseñanza, actitudes hacia la ciencia y emociones (tales como la frustración o ansiedad por la resolución de problemas).

En la proporción de frases respondidas en cada zona del perfil conceptual fue claro que los cuatro profesores involucrados tienen su propia manera de enseñar el tópico, independientemente de una alta proporción de aspectos conceptuales en todos ellos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ainley, M., Hidi, S. y Berndorff, D. (2002). Interest, learning and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94, 545-561.
- Amaral, E.M.R. y Mortimer, E.F. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. *Educación Química*, 15(3), 218-233.
- Ardac D. y Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasises molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Arons, A.B. (1997). *Teaching introductory physics, chapter 13: «Critical thinking»*. USA: Wiley.
- Arnold, M.B. (1960). *Emotion and personality*. New York: Columbia University Press.
- Atkins, P. (2005). Skeletal chemistry. *Education in chemistry*, 42(1), 20.
- Atkins, P. y Jones, L. (2010). *Chemical principles. The quest for insight, 5th edition*. USA: W. H. Freeman.
- Baxter, J.A. y Lederman, N.G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome y N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp.147-162). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En B.J. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp.681-694). Dordrecht: Kluwer.
- Bunce, D.M. (1993). Introduction: symposium, lecture and learning: Are they compatible? *Journal of Chemical Education*, 70(3), 179-180.
- Caamaño, A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la química. En P. Jiménez Alexandre (Coord.), *Enseñar ciencias* (pp.203-228). Barcelona: Grao.
- Coutinho, F.A., Mortimer, E.F. y El-Hani, C.N. (2007). Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(1), 115-137.

- Damasio, A.R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Avon Books.
- Davidson, R.J., Scherer, K.R. y Goldsmith, H.H. (2003). Introduction: Neuroscience. En R.J. Davidson, Klaus, R. Scherer y H. Hill Goldsmith (Eds.), *Handbook of the affective sciences* (pp.3-7). Oxford: Oxford University Press.
- Dogan, H. (2012). Emotion, confidence, perception and expectation. Case of mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 49-69.
- Dolan, R.J. (2002). Emotion, cognition and behavior. *Science*, 298, 1191-1194.
- Eccles, J.S. y Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition y Emotion*, 6, 169-200.
- Epstein, S. (1998). *Constructive thinking: the key to emotional intelligence*. Wesport, CT, USA: Praeger Paperback.
- Frailich, M., Kesner, M. y Hofstein, A (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 289-310.
- Fraser, B.J. (1994). Research on classroom and school climate. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning* (pp.493-541). New York: Macmillan.
- García Franco, A. y Garritz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.
- Garritz, A. (1998). Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Ciencia*, 49(1), 27-34.
- Garritz, A., Gasque, L. y Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*. México: Pearson Educación.
- Garritz, A. (2009). La afectividad en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química*, 20[ext], 212-219.
- Garritz, A. (2010a). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 315-326.

- Garritz, A. (2010b). Pedagogical content knowledge and the affective domain of scholarship of teaching and learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 4(2), 1-6. Recuperado el 16 de Febrero de 2012 de http://academics.georgiasouthern.edu/ijstl/v4n2/personal_reflections/_Garritz/index.html
- Garritz, A. y Ortega-Villar, N.A. (2012). Interviews and content representation for teaching condensed matter bonding. An affective component of PCK? NARST-2012, Indianápolis Indiana, USA, 28-30 marzo, 28 páginas.
- Gilbert, J.K. y Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gillespie, R.J. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 862-864.
- Gillespie, R.J. y Popelier, P.L.A. (2001). *Chemical bonding and molecular geometry: from lewis to electron densities*. New York, NY, USA: Oxford University Press.
- Goleman, D. (1995). *Emotional intelligence*. New York: Bantam Books.
- Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? a dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15(2), 147-179.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 406-413.
- Gray, J.R., Braver, T.S. y Raichle, M.E. (2002). Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 4115-4120.
- Haidt, J. (2003). The moral emotions. En Richard J. Davidson, Klaus, R. Scherer y H. Hill Goldsmith (Eds.), *Handbook of the affective sciences* (pp.852-870). Oxford: Oxford University Press.
- Hargreaves, A. (1998). The emotional practice of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 14(8), 835-854.
- Hilton, A. y Nichols, K. (2011). Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2215-2246.
- Hoffmann, R. (2011). Conference "All the ways to have a bond". En 43rd IUPAC World Chemistry Congress. San Juan, Puerto Rico, August.

- Holme, T. y Murphy, K. (2011). Assessing conceptual and algorithmic knowledge in general chemistry with ACS exams. *Journal of Chemical Education*, 88(9): 1217-1222.
- Honey, P. y Mumford, A. (1982). *The manual of learning styles*. Maidenhead, UK: Peter Honey Publications.
- Hume, A. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes, a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41, 341-355.
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. New York, Holt.
- Jensen, W.B. (1995). A quantitative van Arkel diagram. *Journal of Chemical Education*, 72(5), 395-398.
- Jones, M.G. y Carter, G. (2007). science teacher attitudes and beliefs. En S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp.1067-1104). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Klafki, W. (1958). *Didaktische analyse als kern der unterrichtsvorbereitung*. Basel: Wienheim.
- Koballa, T.R. Jr. y Glynn, S.M. (2007). Attitudinal and Motivational constructs in science learning. En S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.) *Handbook of Research on Science Education* (pp.75-102), Mahwah, NJ, USA: Erlbaum.
- Kutzelnigg, W. (1984). Chemical bonding in higher main group elements. *angewandte chemie. International Edition in English*, 23, 272-295.
- LeDoux, J.E. (1996). *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon y Schuster.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. y Krajcik, J.S. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91(4), 579-603.
- Loughran, J.J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Lynch, D.J. y Trujillo, H. (2011), Motivational beliefs and learning strategies in organic chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1351-1365.

- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp.95-732). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- Marina, J.A. (1998). *El laberinto sentimental*. Madrid: Anagrama.
- Marsh, H.W. y Shavelson, R. (1985). Self-concept: Its multifaceted, hierarchical structure. *Educational Psychologist*, 20, 107–123.
- McCaughy, N. (2004). The emotional dimensions of a teacher's pedagogical content knowledge: Influences on content, curriculum, and pedagogy. *Journal of Teaching in Physical Education*, 23, 30–48.
- McCaughy, N. (2005). Elaborating pedagogical content knowledge: what it means to know students and think about teaching. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(4), 379–395.
- McLeod, D.B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. En D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp.575-595). New York: Macmillan.
- Mortimer, E.F. (1995). Conceptual Change or Conceptual Profile Change? *Science y Education*, 4, 267-285.
- Mortimer, E.F., Scott, P. y El-Hani, C.N. (2011). Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. *Tecné, Episteme y Didaxis*, vol. Extraord. (5th International Conference, October, Bogotá, Colombia), 77-90.
- Mruk, C.J. (2006). Defining self-esteem: an often overlooked issue with crucial implications. En M.H. Kernis (Ed.). *Self-Esteem Issues and Answers. A Sourcebook of Current Perspectives*. New York: Psychology Press.
- Nakhleh, M.B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? identifying conceptual students in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(1), 52-5.
- Nakhleh, M.B., Lowrey, K.A. y Mitchel, R.C. (1996). Narrowing the gap between concepts and algorithms in freshman chemistry. *Journal of Chemical Education*, 73(8), 758-762.
- Niaz, M. y Robinson, W.R. (1992). From 'algorithmic mode' to 'conceptual Gestalt' in understanding the behavior of gases: An epistemological perspective. *Research in Science y Technological Education*, 10, 53–64.
- Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937.

- Nurrenbern, S.C. y Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- OECD (2004). *Learning for Tomorrow's World—First Result from PISA2003*. Paris: OECD.
- OECD (2007). *PISA 2006. Science competencies for tomorrow's world*. Paris: OECD.
- Otero, M.R. (2006). Emociones, sentimientos y razonamientos en didáctica de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1(1). Recuperado el 16 de Febrero de 2012 de <http://reiec.sites.exa.unicen.edu.ar/ano-1-nro-1>.
- Padilla, K., Ponce de León, A.M., Rembado, F.M. y Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Padilla, K. y Garritz, A. (2011). The pedagogical content knowledge of university chemistry professors teaching stoichiometry. *Proceedings of the NARST 2011 Conference*, Orlando, FL, USA, April 3rd to 6th.
- Padilla, K. y Garritz, A. (Aceptado 2012). Chapter 'stoichiometry's PCK of University chemistry professors' of the book *Research Based Undergraduate Science Teaching, 6*, of the series *Research in Science Education 2012*, Published by Information Age Publishers.
- Park, S. y Oliver, J.S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. New York: Oxford University Press.
- Parkinson, B. y Colman, A.M. (1995, Eds.). *Emotion and motivation*. London and New York: Longman.
- Pauling, L. (1960). *The Nature of the Chemical Bond*. Ithaca: Cornell University Press.
- Pauling, L. (1992). The nature of the chemical bond-1992. *Journal of Chemical Education*, 69(6), 519-521.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 148-158.
- Pickering, M. (1990). Further Studies on Concept Learning versus Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 254-5.

- Pintrich, P.R., Marx, R.W. y Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167–199.
- Pintrich, P.R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review*, 16(4), 385-407.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Reyes, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de ‘reacción química’ en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(3), 1175-1205. Recuperado el 26 de Febrero de 2012 de <http://www.comie.org.mx/documentos/rmie/v11/n31/pdf/rmie11n31scB02n01es.pdf>
- Rolls, E.T. (1999). *The brain and emotion*. New York: Oxford University Press.
- Rolls, E.T. (2005). *Emotion explained*. Oxford: Oxford University Press.
- Salta, K. y Tzougraki, C. (2011), Conceptual versus algorithmic problem-solving: focusing on problems dealing with conservation of matter in chemistry. *Research in Science Education*, 41(4), 587-609.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. y Sykes, G. (1986). *A national board for teaching? In search of a bold standard: A report for the task force on teaching as a profession*. New York: Carnegie Corporation.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Simpson, R.D., Koballa, T.R., Oliver, J.S. y Crawley, F. (1994). Research on the affective domain dimension of science learning. En D. Gabel (Ed.) *Handbook of Research in Science Teaching and Learning* (pp.211-234). New York: Macmillan.
- Sinatra, G. (2005). The “Warming Trend” in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40, 107-115.
- Southerland, S.A., Sinatra, G.M. y Matthews, M.R. (2001). Belief, knowledge and science education. *Educational Psychology Review*, 13(4), 325-351.
- Spencer, J.N., Bodner, G.M. y Rickard, L.H. (2006). *Chemistry. Structure and dynamics, 3rd edition*. USA: John Wiley y Sons, Inc.

- Teixeira dos Santos, F.M. y Mortimer, E.F. (2003). How emotions shape the relationship between a chemistry teacher and her high school students. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1095-1110.
- Van Arkel, A. E. (1949). *Molecules and crystals*. London: Butterworths.
- Vilarroya, O. y Forn i Argimon, F. (2007, Eds.). *Social brain matters: stances on the neurobiology of social cognition. Value inquiry book series*. Amsterdam: Rodopi.
- Woodyard, J.R. (2011). Un nuevo paradigma para Schrödinger y Kohn. En D. Baird, E. Scerri y L. McIntyre (Eds.), *Filosofía de la química: Síntesis de una nueva disciplina* (pp.359-393). México: Fondo de Cultura Económica.
- Wu H.K. y Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.
- Wubbels, T. y Brekelman, M. (1998). The Teacher Factor in the Social Climate of the Classroom. En B.J. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp.565-580). Dordrecht: Kluwer.
- Zembylas, M. (2005). Three perspectives on linking the cognitive and the emotional in science learning: conceptual change, socio-constructivism and poststructuralism. *Studies in Science Education*, 41, 91-116.
- Zembylas, M. (2007). Emotional ecology: The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. *Teaching and Teacher Education*, 23, 355-367.
- Zimmerman, B.J. (2000). Self-Efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 82-91.
- Zoller, U., Lubezky, A, Nakhleh, M.B., Tessler, B. y Dori, Y.J. (1995). Success on algorithmic and LOCS vs. conceptual chemistry exam questions. *Journal of Chemical Education*, 72, 987-989.