

# Para no seguir reinventando la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos

Andrea S. Farré<sup>1</sup> y M. Gabriela Lorenzo<sup>2</sup>

## **ABSTRACT (To not keep reinventing the wheel: The pedagogical knowledge in use about aromatic compounds)**

Aromatic compound's pedagogical knowledge was documented. Discourse analysis was chosen as methodological strategy in order to the study Pedagogical Content Knowledge (PCK) in use in classroom situation by university organic chemistry teachers. The results showed that for this group of teachers teaching reaction mechanism was more important than teaching aromaticity concept. They therefore spent more time, used more communication strategies, and employed different teaching theories in use. So, the discourse analysis proved to be a powerful tool to investigate the PCK in use that allows us to learn more about classroom practices.

**KEYWORDS:** Pedagogical Content Knowledge, benzene, reaction mechanism, college teaching, discourse analysis

## **Resumen**

En este trabajo documentamos el conocimiento didáctico de los compuestos aromáticos. Empleamos el análisis del discurso como una estrategia metodológica para aproximarnos al estudio del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en uso en el momento de la clase de profesores de química orgánica del nivel universitario. Los resultados mostraron que para este grupo de docentes la enseñanza del mecanismo de reacción fue más importante que la enseñanza del concepto de aromaticidad y por lo tanto destinaron más tiempo y estrategias comunicativas, empleando diferentes teorías en uso sobre la enseñanza. El análisis del discurso demostró ser una herramienta potente para el estudio de las prácticas de enseñanza y particularmente para el estudio del CDC.

**Palabras clave:** Conocimiento didáctico del contenido, benceno, mecanismos de reacción, enseñanza universitaria, análisis del discurso

## **Viejas estrategias, nuevos usos, en la documentación del CDC**

Hace ya diez años, Robert Bucat (2004) nos instaba a no seguir reinventando la rueda en nuestra profesión docente al no aprovechar lo realizado por los colegas que nos precedieron. Es así que nos recomendaba documentar sistemáticamente el conocimiento didáctico sobre los diferentes temas de química para tener un punto de partida que ayudara principalmente a los docentes noveles en sus primeras prácticas

áulicas. Es en este sentido que en el presente trabajo nos abocamos a abonar el campo, describiendo el conocimiento didáctico sobre los compuestos aromáticos.

Como es bien conocido, el programa de investigación sobre el *conocimiento didáctico del contenido* (CDC) surge hacia mediados de la década de 1980. En el trabajo fundacional, Lee Shulman señalaba que en este tipo particular de conocimiento docente se incluyen saberes relacionados con:

*"(...) los temas más comúnmente enseñados, las formas más útiles de representar estas ideas, las mejores analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones —en una palabra, los modos de representar y formular la materia de una manera que sea comprensible para otros."* (Shulman, 1986, p. 9).

A pesar del tiempo transcurrido, los estudios sobre el CDC han crecido de una manera lenta y laboriosa y las investigaciones actuales no han podido resolver algunos desafíos importantes, como por ejemplo, establecer la relación del CDC con la práctica áulica (Abell, 2008). Una de las causas en el retraso en la documentación puede deberse a que el CDC es

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Cátedra de Química Orgánica I. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. Junín 956 (1113). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

**Correo electrónico:** asfarr@ffyb.uba.ar

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Facultad de Farmacia y Bioquímica (CIAEC). Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (CONICET) Junín 956 (1113). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

**Correo electrónico:** glorenzo@ffyb.uba.ar

un conocimiento implícito. Muchas veces a los docentes no les resulta sencillo describir y justificar lo que hacen durante sus clases, y más aún si estos se desempeñan en el nivel universitario, dado que suelen tener menor formación pedagógica que sus pares de los otros niveles educativos, y por lo tanto su vocabulario técnico-pedagógico es más restringido. Al mismo tiempo, pueden encontrarse diferencias importantes entre lo que se dice que se hace y lo que se hace, porque pueden sostenerse diferentes teorías sobre la acción. Por un lado, están las *teorías expuestas*, que pueden verbalizarse y son las utilizadas para dar respuesta a cuestionarios. Por otro, están las *teorías en uso*, de carácter implícito y que determinan las acciones en la práctica. Las teorías en uso pueden o no coincidir con las teorías expuestas y no suelen ser detectadas a través de cuestionarios (Kane, Sandretto y Heath, 2002).

En el caso específico de química orgánica se ha documentado principalmente el conocimiento pedagógico sobre el tema mecanismos de reacción (Ladhams Zieba, 2004; Lafarge, 2010). Los resultados evidenciaron que al enseñar los mecanismos de reacción los docentes relatan “una historia”, para que los alumnos puedan visualizar “como en una película” la reacción a nivel molecular. Además, los profesores manifestaron que este tema podía ser utilizado por los estudiantes como una herramienta para no memorizar los diferentes tipos de reacción porque permite relacionar los contenidos de la asignatura. Incluso, afirmaron que conocer sobre los mecanismos de reacción les permitiría hacer predicciones sobre otras reacciones químicas. Por lo tanto y a pesar de las dificultades, los docentes expresaron que al enseñar este tema intentaban también comunicar simultáneamente su importancia como forma de acercarse a la química orgánica en su totalidad. De hecho, los mecanismos de reacción fueron reconocidos como subyacentes a la secuenciación de contenidos conceptuales de la química orgánica. Además, los docentes señalaron al lenguaje químico como obstáculo para la enseñanza del tema, fundamentalmente por la profusión de nuevos términos (electrófilo, nucleófilo, entre otros) y símbolos (flechas curvas de movimiento electrónico, carga formal, representaciones de estructuras tridimensionales). Asimismo, mencionaron que estos problemas se hacían principalmente presentes cuando los alumnos intentaban memorizar en lugar establecer relaciones entre los temas.

En los estudios del CDC se han utilizado diferentes metodologías para su indagación y todas ellas han sufrido objeciones (Baxter y Lederman, 1999; Miller, 2007). Uno de los métodos más difundidos para la documentación del CDC es una aproximación multimetodológica ideada por Loughran, Mulhall y Berry (2004) consistente en dos instrumentos que permiten recabar tanto teorías expuestas como en uso. El primero es un cuestionario de respuestas cortas llamado *Representación del Contenido (ReCo)* con el cual es posible investigar el conocimiento didáctico de las ideas centrales que los docentes consideran fundamentales en la enseñanza de determinado tema. La ReCo constituye al mismo tiempo un instrumento para entrevistar a grupos de docentes e indagar

sus conocimientos como para representarlos, ya que el investigador hace una síntesis de los cuestionarios llevados a cabo. El segundo instrumento, llamado *Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica* o *Inventarios* considera la práctica áulica de un contenido particular de la enseñanza complementando la información suministrada por la ReCo. También en este caso se trata de una construcción del investigador que se obtiene utilizando los datos obtenidos desde narraciones realizadas por los propios docentes, surgidos de entrevistas y/o de observaciones de clases, y que son validados por los propios docentes investigados.

En el contexto latinoamericano (México y Argentina), esta metodología fue adaptada y aplicada con éxito por Garritz y sus colaboradores (Garritz y Trinidad-Velasco, 2006, Padilla y otros, 2008). En estos casos, las investigaciones comenzaron con la indagación de las ideas centrales sobre determinado contenido y luego se utilizó principalmente la ReCo y no así los Inventarios. Además, se realizaron ligeras modificaciones en las preguntas incluidas de manera que se pudiera indagar sobre aspectos metacientíficos y enfoques de enseñanza relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad, aplicando el cuestionario de manera individual. En algunos de los casos, las respuestas fueron analizadas teniendo en cuenta los aspectos epistemológicos y ontológicos subyacentes. En general, la mayoría de las investigaciones realizadas bajo este enfoque corresponden a temas de química general y documentan el conocimiento de docentes del nivel medio o secundario. Sin embargo, esta metodología no es aplicable a la generalidad de los docentes universitarios.

En este sentido, el análisis del discurso (AD) nos ofreció una alternativa plausible para el estudio del conocimiento de los profesores, por las siguientes razones:

- 1) Pone en evidencia la forma en que se construye el conocimiento sobre el tema (analizando las relaciones semánticas) y las estrategias didácticas para presentarlo (mediante el estudio de la manera en que los enunciados son producidos en una situación de comunicación), como así también se accede a la forma en que el docente comunica su rol y el de los alumnos. Más específicamente, a partir de lo que el docente dice en el aula puede construirse la imagen del que habla y del que escucha (García Negroni y Tordesillas, 2001; Gill y Whedbee, 1997).
- 2) Permite documentar las teorías en uso que determinan las acciones en la práctica complementando las teorías expuestas que se obtendrían a partir de respuestas escritas (por ejemplo, la ReCo).
- 3) Resulta una estrategia mucho más versátil que las observaciones áulicas (aunque se recurra a ellas para completar los registros). La relectura de las clases permite un estudio profundo de los textos y la posibilidad de analizarlos bajo diversas miradas que se complementen entre sí y por distintos investigadores.
- 4) No modifica el CDC durante su documentación ya que no es necesario contrastarla con los propios docentes

porque se valida debido al uso de elementos surgidos del análisis del discurso.

Dado que el cuestionario de la ReCo debe ser completado por el investigador, el primer problema a resolver es detectar cuáles son las ideas que el docente considera centrales en la enseñanza de cierto tema. Para reconocerlas se analizó la *cronogénesis*, o sea la forma en que el tema va evolucionando en función del tiempo, identificando los momentos en que el saber cambia (Sensevy, 2007). Es decir, la forma en que el docente condujo la progresión temática, la contradicción antiguo/nuevo que se da en el tiempo didáctico, y renueva el saber enseñado, para lo cual utilizamos los *patrones y formaciones temáticas* (Lemke, 1997). Los *patrones temáticos* constituyen una red semántica que se establece entre los conceptos científicos. Como las palabras utilizadas para desarrollar estos conceptos pueden ser distintas según el docente y el grupo de alumnos, se utilizan ítems o *términos temáticos* que pueden representar a distintas palabras que refieran al mismo concepto. En tanto las *formaciones temáticas* consisten en pequeños patrones temáticos que son nombradas en una forma convencionalizada dentro del lenguaje científico. Por ejemplo cuando se dice que un profesor está enseñando la *estructura del benceno*, se hace referencia a que el docente está desarrollando esta *formación temática* como un *patrón temático* completo. En otro momento de la clase el mismo

docente puede mencionar la *estructura del benceno* relacionándola con otros ítems temáticos pero sin desarrollarla, por lo tanto utilizándola como una *formación temática*. En consecuencia este estudio revela las formaciones temáticas a las que los docentes otorgan mayor importancia en el transcurrir de su clase. Luego de identificadas las ideas centrales, se documente el CDC en uso completando el cuestionario de la ReCo a partir del análisis de los textos orales transcritos de los docentes como se sintetiza en la tabla 1 considerando los principales referentes teóricos (para mayor información se recomienda la lectura de las citas referenciadas).

En resumen, nuestra propuesta consiste en utilizar el análisis del discurso como una nueva estrategia metodológica para la documentación del CDC de profesores, recuperando algunos aspectos de la metodología tradicional pero incorporando nuevas aproximaciones. Este análisis ya ha mostrado su potencialidad para indagar concepciones (Farré y Lorenzo, 2009). En esta oportunidad ofrecemos una muestra de su aplicación al estudio del conocimiento didáctico en uso en el momento de la clase sobre un tema particular de la química orgánica del nivel superior, los compuestos aromáticos.

## Metodología

El escenario de la investigación correspondió a un primer curso universitario de química orgánica. Los textos orales se

**Tabla 1.** Respuestas a la ReCo a través del AD de los profesores en el aula.

Preguntas de la ReCo	Análisis del discurso
i. ¿Qué intenta el docente que sus alumnos aprendan sobre la idea central (IC)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrón temático intertextual (Lemke, 1983): Permite revelar las relaciones semánticas existentes en los discursos docentes al desarrollar determinada IC y así rastrear la red de significados que los docentes esperan que sus estudiantes aprendan.</li> <li>• Conceptos núcleos del patrón temático: Son los ítems o términos temáticos dentro de los patrones intertextuales que se encuentran más relacionados. Determinan los elementos centrales sobre los cuales trata el discurso docente (Campos y Gaspar, 2005) y son los que el profesor presenta para ayudar a sus alumnos a construir propia representación mental de la IC, la comprenda y la aprenda (Tomlin, y otros, 1997).</li> <li>• Representaciones utilizadas: Entre los recursos semióticos empleados y enseñados en las clases de química orgánica, las fórmulas estructurales son los más importantes. Se puede rastrear en los textos de las clases los modos en que los docentes hacen referencia a estos diferentes tipos de fórmulas para comunicar la ventaja de unas sobre otras y su relación con la sustancia que representan y modelizan.</li> <li>• Referencias a los distintos niveles de la química (Johnstone, 1993) y lenguaje químico utilizado (Jacob, 2001): Posibilitan el reconocimiento en las explicaciones de lo específicamente relacionado con la naturaleza de la química orgánica.</li> </ul>
ii. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender sobre la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con otras ideas centrales.</li> <li>• Relación de la IC con otros cursos / vida cotidiana / profesión.</li> </ul>
iii. ¿Qué otra cosa sabe el docente sobre la IC?	<p>Siguiendo a Garritz y su grupo, se analizó la forma en que los docentes comunican la naturaleza de la ciencia en general y de la química en particular, teniendo en cuenta la presencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Del nivel filosófico-epistemológico (N4) del lenguaje químico, referencias a la validación del conocimiento (papel de la observación, del experimento, del científico, métodos) y a la investigación científica.</li> <li>• De la historia de la ciencia.</li> </ul>
iv. ¿Qué dificultades están relacionadas con la enseñanza de la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implicaturas conversacionales (Horn, 2006): Cuando un concepto que se explica a partir de diferentes aproximaciones (analogías, metáforas, ejemplos) los docentes al ser redundantes violan uno de los principios de la conversación cooperativa (Grice, 1989). Los llamados de atención o evaluaciones también son redundantes pero en el contexto áulico resultan relevantes porque tienen como fin guiar al alumno en su escucha activa y en la construcción de significados. Además en ambos casos la redundancia (Cazden, 1991) es un indicio de los temas que los docentes identifican como problemáticos para la comprensión.</li> </ul>

**Tabla 1.** Respuestas a la ReCo a través del AD de los profesores en el aula (continúa...)

Preguntas de la ReCo	Análisis del discurso
v. ¿Qué cosas sabe el docente sobre sus estudiantes que influyen en la enseñanza de la IC?	<p>La identidad de los alumnos construida discursivamente por los docentes estará relacionada con sus teorías en uso sobre el aprendizaje. La misma se puede evidenciar en el reconocimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De la cercanía o distancia impuesta en la interacción evidenciado en marcas textuales (el uso del usted o del vos) y/o la manera en que se utilizan los vocativos, es decir la forma en que nombra o llama al interlocutor o destinatario del mensaje (chicos, señores, ustedes, alumnos) tanto por parte del docente hacia los alumnos como de los alumnos para con el docente (Díaz, 2009).</li> <li>• Del papel que tenga la indagación de conocimientos previos, el de los errores en la construcción del conocimiento y la motivación a la participación.</li> <li>• De los consejos que el docente ofrece a sus alumnos sobre las estrategias o las formas de aprender mejor el tema.</li> </ul>
vi. ¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de la IC?	<p>El clima motivacional del aula influye sobre la enseñanza. Surge del grado de la credibilidad y la sinceridad y de la cercanía que genere el docente con el auditorio, así como la legibilidad del texto sobre la IC, fundamental para persuadir al alumno (Huertas, Ardura y Nieto, 2008). Requiere identificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El rol del propio docente mediante el estudio del <i>ethos discursivo</i> (Amossy, 1999).</li> <li>• Macroestructura y gestión de la IC (enlaces retóricos), o sea, la forma en que el docente gestiona la presentación de la IC y relaciona <i>lo dado con lo nuevo</i> (Sánchez y otros, 1994).</li> </ul>
vii. ¿Qué procedimientos / estrategias utiliza el docente cuando enseña la idea central?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actos de habla: En el mismo momento que se dice algo también se está realizando una acción u acto de habla (Austin, 1982). En el contexto educativo es conveniente identificar los <i>macroactos</i> de habla (de la Cruz y otros, 2000) de diferentes tipos: informativos, comisivos, directivos y expresivos (Searle 1979). Identificarlos detectar las estrategias utilizadas por los docentes. Además según el objetivo comunicacional la calidad de los actos de habla difiere (Vanderveken, 2011) y evidencia las teorías en uso sobre la enseñanza.</li> </ul>
viii. ¿Cómo evalúa el docente la comprensión o no de sus alumnos mientras enseña la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las preguntas son actos de habla directivos que sirven a los profesores para monitorear el entendimiento de sus alumnos. Las <i>pseudoevaluativas</i>, invitan a confirmar la comprensión, mientras que las <i>evaluativas</i> intentan apreciar el nivel de comprensión de los alumnos (Sánchez y otros, 1994).</li> <li>• Actos evaluativos: Dependen del tipo de contenido evaluado y del nivel de demanda cognitiva. Se completa con la retroalimentación posterior del docente generando diferentes climas que influirán en el aprendizaje del contenido (Huertas, Ardura y Nieto, 2008). Éstos pueden ser: motivantes, poco demandantes, desprotegidos y destructivos.</li> </ul>

obtuvieron a partir de las sesiones completas de cuatro horas duración de clases obligatorias durante 2007 que se desarrollan en aula tipo anfiteatro, sin más recursos didácticos que la pizarra y la guía de problemas. Los grupos de clase estaban constituidos por alrededor de ochenta alumnos a cargo de un docente con algún colaborador.

Participaron voluntariamente cinco profesoras con diferente perfil como se muestran en la tabla 2. Todas eran graduadas universitarias de las carreras de Farmacia y/o Bioquímica que se desempeñaban o habían desempeñado en proyectos de investigación científica.

Para el análisis de las producciones orales de profesores en clase planteamos un enfoque descriptivo-interpretativo empleando la metodología descrita en el apartado anterior. Se transcribieron los registros audiograbados de las cinco clases correspondientes al tema Compuestos Aromáticos y se completaron con las observaciones no participantes. Los textos escritos se analizaron en dos etapas: a) Identificación de las ideas centrales y b) Construcción de la ReCo utilizando el AD.

## Resultados y discusión

En la mayoría de los discursos docentes se identificaron las ideas centrales que se muestran en la tabla 3, coincidentes con los ítems presentes en el temario obligatorio de la clase.

Sin embargo, aparecieron diferencias cuando se analizó el ritmo de introducción y el tiempo destinado a cada formación temática. Cada docente operó sobre el tiempo de la clase

**Tabla 2.** Características de las docentes.

Docente	D1	D2	D3	D4	D5
Experiencia docente (años)	33	28	4	4	0
Formación docente	sí	sí	en curso	no	no

de manera diferente. Se observaron diferencias individuales respecto al porcentaje de tiempo destinado a cada idea central, aunque se profundizó en el tratamiento de la reactividad y orientación de los derivados sustituidos del benceno (46% del tiempo), seguidas por los ejemplos de sustitución electrofílica aromática, y luego por la explicación del mecanismo de este tipo de reacción. Las dos primeras ideas centrales fueron las únicas desarrolladas por las cinco docentes con un gran despliegue de recursos didácticos por lo que fueron escogidas para completar la ReCo (tabla 4).

## Conclusiones y reflexiones finales

El análisis del discurso en sentido amplio, considerando los diferentes aspectos vinculados a la cronogénesis, los patrones temáticos, clima motivacional, las variaciones en el uso del lenguaje químico, por mencionar los más relevantes, ofrecen una alternativa metodológica superadora para la documentación del CDC, especialmente indicada para el estudio de las prácticas de enseñanza en el nivel universitario.

En este sentido el AD resulta ser una herramienta extremadamente potente que brinda información útil tanto para

**Tabla 3. Temario curricular vs. ideas centrales.**

<i>Temario analítico: Compuestos aromáticos</i>	<i>Ideas centrales desarrolladas</i>
<p><b>Benceno y derivados</b> Estructura y estabilidad del anillo bencénico. Descripción orbital del benceno. Carácter aromático. Regla de Hückel. Compuestos aromáticos no clásicos. Nomenclatura de los derivados del benceno.</p> <p><i>Reacciones: Sustitución electrofílica aromática:</i> 1) Nitración. 2) Sulfonación. 3) Halogenación. 4) Alquilación de Friedel-Crafts. 5) Acilación de Friedel-Crafts y reacción de Gattermann-Koch. Mecanismos y diagramas energéticos. Clasificación y efecto de los sustituyentes. Orientación y reactividad. Orientación y síntesis. Orientación en bencenos disustituídos.</p> <p><b>Arenos</b> Estructura y nomenclatura.</p> <p><i>Preparación:</i> 1) Alquilación de Friedel-Crafts. Limitaciones. 2) Acilación de Friedel-Crafts seguida de reducción: Reacciones de Clemmensen y de Wolf-Kishner. 3) Conversión de una cadena lateral.</p> <p><i>Reacciones:</i> 1) Hidrogenación. 2) Oxidación. 3) Sustituciones aromáticas electrofílicas: nitración, halogenación, etc. 4) Sustitución en la cadena lateral: halogenación por radicales libres. Mecanismo y diagrama energético. Estabilidad de los radicales libres.</p> <p><i>Alquenilbencenos:</i> síntesis.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Características estructurales del benceno y los compuestos aromáticos.</li> <li>Sustitución electrofílica aromática:             <ol style="list-style-type: none"> <li>Mecanismo.</li> <li>Diagrama energético.</li> </ol> </li> <li>Ejemplos de sustitución electrofílica aromática.</li> <li>Nomenclatura.</li> <li>Reactividad y orientación de los derivados del benceno             <ol style="list-style-type: none"> <li>Predicción por mecanismos de reacción.</li> <li>Predicción por efectos electrónicos del sustrato.</li> </ol> </li> <li>Transformaciones.</li> <li>Reacciones de caracterización.</li> <li>Reacciones de la cadena lateral.</li> <li>Síntesis y reacciones de fenoles.</li> </ol>

**Tabla 4. Documentación del CDC en uso.**

<i>Preguntas de la ReCo</i>	<i>Ideas centrales</i>	
	<i>Características estructurales del benceno y los compuestos aromáticos</i>	<i>Mecanismo de la sustitución electrofílica aromática</i>
<i>i. ¿Qué es lo que intentan los docentes que sus alumnos aprendan sobre la IC?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La definición de los compuestos aromáticos a partir de una serie de características a cumplir: compuestos cíclicos, planos, con dobles enlaces conjugados y que cumplan la regla de Hückel.</li> <li>La deslocalización electrónica de los orbitales <math>\pi</math> y la planaridad de los compuestos.</li> <li>El uso de distintos tipos de fórmulas destacándose la representación orbital para presentar al benceno como una capa cerrada de electrones <math>\pi</math>.</li> <li>Los aspectos consensuados de la ciencia, aludiendo a los niveles simbólicos y submicroscópicos y de los tres primeros niveles del lenguaje químico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La diferencia de reactividad del benceno respecto de los alquenos.</li> <li>Que los electrófilos son atraídos por los electrones <math>\pi</math> del benceno, formándose un carbocatión cíclico no aromático.</li> <li>Que las fórmulas a utilizar para representar el mecanismo son las de Kekulé.</li> <li>Que hay que utilizar flechas curvas para representar el movimiento electrónico, porque se trata de una convención, o porque se representa una realidad (los nucleófilos son los que atacan a los electrófilos y no viceversa).</li> <li>El uso de de estructuras resonantes para representar al carbocatión intermediario (en algún caso se asimiló a la mezcla de estructuras canónicas).</li> <li>Los aspectos consensuados de la ciencia y a veces solamente "trucos" para resolver ejercicios, centrándose en el N1 al explicar la forma en que se representa el carbocatión intermediario como un híbrido de resonancia.</li> </ul>
<i>ii. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender sobre la IC?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para comprender la SEA y a la SEA como causa del descubrimiento de esta clase de compuestos.</li> <li>No se presenta como importante para la actividad profesional, la vida cotidiana u otras materias de la carrera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para conocer la reacción característica de los compuestos aromáticos, determinada por la estructura de este tipo de sustancias.</li> <li>Para diferenciarla de las reacciones de los alquenos que también poseen electrones <math>\pi</math>.</li> <li>No se presenta como importante para la actividad profesional, la vida cotidiana u otras materias de la carrera</li> </ul>
<i>iii. ¿Qué otra cosa saben los docentes sobre la IC?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Que a partir de datos experimentales se puede llegar a conclusiones y hay datos experimentales que constituyen piedras angulares.</li> <li>Que la ciencia es realizada por científicos que hipotetizan resultados a obtener en los experimentos que luego realizan.</li> <li>Que el conocimiento científico es provisional. Ahora se pueden entender aspectos de la química que antes no.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Que los químicos generan modelos teóricos que puedan explicar la estabilidad de un carbocatión.</li> <li>Que los experimentos conforman la evidencia para clasificar a los compuestos aromáticos y a los alquenos como diferentes.</li> </ul>
<i>iv. ¿Qué dificultades están relacionadas con la enseñanza de la IC?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los conceptos que se identificaron como dificultosos fueron:             <ul style="list-style-type: none"> <li>Híbrido de resonancia (Analogías).</li> <li>Características de los compuestos aromáticos, específicamente el significado de la regla de Hückel (Llamados de atención y evaluación de la comprensión).</li> <li>El lenguaje químico (Llamado de atención).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los conceptos que se identificaron como dificultosos fueron:             <ul style="list-style-type: none"> <li>La forma en que se representa el intermediario de reacción (Llamado de atención).</li> <li>El significado de las estructuras resonantes (Evaluación).</li> <li>El modo en que los enlaces se rompen y se forman, y los balances de cargas que se dan en la SEA (Distintas formas de explicar el tema, llamado de atención, evaluación).</li> <li>Lo que comprende una reacción de sustitución (Analogías, evaluación).</li> <li>Que los alumnos puedan entender que el mecanismo es el mismo para todas las reacciones de SEA (Llamado de atención, ejemplificaciones).</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 4. Documentación del CDC en uso (continúa...)**

Preguntas de la ReCo	Ideas centrales	
	Características estructurales del benceno y los compuestos aromáticos	Mecanismo de la sustitución electrofílica aromática
v. ¿Qué saben los docentes sobre sus estudiantes que influyen en la enseñanza de la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que si se borra la asimetría se propicia el acercamiento de los alumnos para preguntar sus inquietudes.</li> <li>• Que los alumnos pueden comportarse como meros escuchas o puede reconocérselos como interlocutores válidos y por lo tanto partícipes activos de su propio aprendizaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que si se borra la asimetría se propicia el acercamiento de los alumnos para preguntar sus inquietudes.</li> <li>• Que en el desarrollo de esta IC, es mejor un alumno participativo que responda a preguntas y que pida aclaraciones y que incluso corrijan a sus docentes cuando se equivocan.</li> <li>• Que es preferible que los alumnos intenten aprender reflexivamente.</li> <li>• Que los alumnos pueden resolver los ejercicios repitiendo reglas o trucos o participando en “juegos de adivinanzas”.</li> </ul>
vi. ¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cercanía con el auditorio no borró el rol principal de las docentes en el desarrollo de la IC, aunque en algunos casos se utilizaron más formulaciones para reducir la asimetría del aula.</li> <li>• Los docentes se mostraron como facilitadores en el tema al producir discursos coherentes y mostrarse interesadas en vincular a sus alumnos con el saber enseñado.</li> <li>• Tanto debido a la cercanía con el alumnado como por la continuidad y coherencia del discurso, las docentes favorecieron la comunicación del contenido, ya que fueron capaces de persuadir, influir y motivar a su audiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cercanía con el auditorio no borró el rol principal de las docentes en el desarrollo de la IC.</li> <li>• Los docentes se mostraron como facilitadores en el tema al producir discursos coherentes y mostrarse interesadas en vincular a sus alumnos con el saber enseñado.</li> <li>• Se mostraron, además, como ejemplos a seguir, actitud que fue distintiva para esta IC.</li> <li>• También en esta idea las docentes fueron capaces de persuadir, influir y motivar a su audiencia a través de los elementos discursivos empleados.</li> </ul>
vii. ¿Qué procedimientos / estrategias utiliza el docente cuando enseña la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las docentes evocaron, expusieron, elaboraron, sintetizaron, repitieron, ejemplificaron, argumentaron, compararon y respondieron las dudas de sus alumnos.</li> <li>• Las exposiciones consistieron en descripciones y/o narraciones. En estas últimas se llegó a incluir un lenguaje antropomórfico que dotaba de intencionalidad a los compuestos químicos.</li> <li>• Las argumentaciones estuvieron relacionadas con: <ul style="list-style-type: none"> <li>— La justificación de por qué el benceno no puede considerarse un ciclohexatrieno.</li> <li>— La causa de la deslocalización electrónica.</li> </ul> </li> <li>• Se destina el tiempo principalmente a presentar información, ya que existe, en la mayoría de los discursos, una escasa variedad de actos de habla directivos.</li> <li>• Mayormente existe un propósito comunicacional descriptivo, teoría en uso de la enseñanza ligada a modelos tradicionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general las docentes desplegaron una mayor variedad de estrategias comunicativas para desarrollar la IC.</li> <li>• Las docentes evocaron, expusieron, elaboraron, sintetizaron, repitieron, ejemplificaron, argumentaron, compararon y respondieron las dudas de sus alumnos.</li> <li>• Las exposiciones consistieron principalmente en narraciones en las cuales se incluyó un lenguaje antropomórfico que dotaba de intencionalidad a los compuestos químicos.</li> <li>• La comparación del mecanismo de la SEA se realizó con el de la adición electrofílica.</li> <li>• Las argumentaciones estuvieron relacionadas con: <ul style="list-style-type: none"> <li>— El por qué los compuestos aromáticos reaccionan con electrófilos.</li> <li>— Los fundamentos en que se basa la no aromaticidad del intermedio.</li> <li>— La razón por la cual los compuestos aromáticos sufren reacciones de sustitución y no de adición.</li> </ul> </li> <li>• Se presenta la información y se la pone en discusión la misma, evidenciado en la mayor cantidad de actos de habla directivos empleados en promedio por todas las docentes.</li> <li>• Mayormente existe un propósito comunicacional deliberativo y una teoría en uso de la enseñanza ligada a un modelo de construcción de significados compartidos.</li> </ul>
viii. ¿Cómo evalúan los docentes la comprensión o no de sus alumnos mientras enseña la IC?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No todas las docentes emplearon actos de habla evaluativos, ni indagativos.</li> <li>• Quienes lo hicieron utilizaron preguntas de demanda cognitiva baja referidas principalmente a aspectos conceptuales.</li> <li>• En algún caso se utilizaron las preguntas de indagación y evaluación, tanto como para guiar al alumno en su razonamiento (Acto de habla: Dar pistas), pidiendo fundamentaciones e hipótesis, haciendo énfasis en la reflexión y comprensión de significados.</li> <li>• Se realizaron retroalimentaciones con afectividad positiva o con retroalimentaciones informativas.</li> <li>• La evaluación implicó la generación de un clima en la clase que varió de poco demandante a motivante, pero en ningún caso fue desprotegido o destructivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las docentes utilizaron preguntas para indagar, dar pistas, evaluar y corroborar o pseudoevaluar a sus alumnos.</li> <li>• Las preguntas utilizadas fueron de respuesta única principalmente relacionadas con contenidos conceptuales.</li> <li>• En algún caso se utilizaron las preguntas de indagación y evaluación, tanto como para guiar al alumno en su razonamiento, pidiendo fundamentaciones e hipótesis, haciendo énfasis en la reflexión y comprensión de significados.</li> <li>• En los casos que se utilizaron preguntas de respuesta abierta, si los alumnos no respondían, las mismas se acotaban para guiar a los alumnos.</li> <li>• Se realizaron retroalimentaciones con afectividad positiva o con retroalimentaciones informativas.</li> <li>• La evaluación implicó la generación de un clima en la clase que varió de poco demandante a motivante, pero en ningún caso fue desprotegido o destructivo.</li> </ul>

una posible aplicación a la formación de nuevos docentes como para la capacitación de los profesores en servicio sirviendo de insumo para revisar y reflexionar sobre sus propias prácticas.

Cabe destacar en particular, la gran utilidad de la reconstrucción de los patrones temáticos para la identificación de las ideas centrales. Las diferencias encontradas muestran claramente que a pesar de desarrollarse los mismos contenidos de acuerdo con las especificaciones curriculares, esta metodología permite detectar las diferentes manifestaciones de secuenciación de los temas y ritmos de los docentes individuales. En definitiva, la cronogénesis muestra como en cada una de las clases se va construyendo un conocimiento y desarrollando el saber enseñado con características propias. También a partir del análisis realizado completando la ReCo a partir del análisis del discurso se pudieron reconocer las diferencias en el conocimiento didáctico según los contenidos y entre las teorías en uso subyacentes a los discursos docentes.

En general para las docentes fue más importante la enseñanza del mecanismo de la sustitución electrofílica aromática que las características estructurales del benceno y de los compuestos aromáticos, para la cual se empleó menos tiempo, en muchas ocasiones no fue evaluada ni se utilizaron tantas estrategias como para la enseñanza del mecanismo de la reacción característica de los compuestos aromáticos.

Con respecto a las diferencias en los conocimientos individuales, este estudio permitió detectar a una de las docentes (D4) que a pesar de no poseer formación docente formal, manifestó un mayor compromiso con el proceso de aprendizaje de sus alumnos, utilizando un mayor número de ejemplos, analogías y recursos. A partir de estos resultados se plantea la cuestión sobre la mayor o menor pertinencia en el despliegue de las estrategias por esta docente dado que las otras profesoras, aunque las conocían decidieron no utilizarlas. Además, cabría preguntarse si el uso de mayor cantidad de actos de habla responde a un mayor conocimiento didáctico del contenido o a un desconocimiento de determinadas características contextuales, como podría ser el hecho de que en el marco de la asignatura con solo presentar la primera de las ideas centrales bastaría para ayudar a los alumnos a construir su propia representación mental sobre el tema que es realmente importante, la sustitución electrofílica aromática. En este sentido, el contexto, condicionaría la elección de clases con alumnos poco participativos. Otra pregunta que puede plantearse es si la formación docente está dando las respuestas necesarias a los problemas reales de las prácticas áulicas, impactando en ella para innovarlas o se ven atravesadas por la tradición, la antigüedad y la experiencia docente.

En definitiva, esta metodología informa sobre el conocimiento en uso empleado en determinado contexto y con determinados alumnos. Por lo tanto, informa sobre el CDC que finalmente incidirá sobre el aprendizaje de los alumnos. De esta manera, uno de los desafíos, a los que se enfrenta la investigación sobre el CDC, se encuentra resuelto. A pesar de la laboriosidad y complejidad que conlleva, el análisis del

discurso constituye una estrategia valiosa que hace que merezca la pena adentrarse en las profundidades de la palabra para conocer más sobre el conocimiento docente. En cualquier caso, e indudablemente, este tipo de estudios se hacen imprescindibles para mejorar, no sólo la enseñanza sino también la forma en que se plantea la comunicación con los docentes en los dispositivos de capacitación. Este tipo de investigaciones sirven para detectar temas cruciales y describirlos, para luego reflexionar sobre ellos entre la comunidad de didactas y especialmente, con los docentes de modo de promover mejores y mayores aprendizajes de sus alumnos.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a los siguientes subsidios: UBACyTB-055 (2008-2010), PIP N°11220090100028 (2010-2012), Proyecto Conjunto CONICET (Argentina) – CONACYT (México) 2009-2011.

## Referencias

- Abell, S., Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1405-1416, 2008.
- Amossy, R., La notion d'éthos de la rhétorique a l'analyse du discours. En: Amossy, R. (Ed.), *Images de soi dans le discours. La construction de l'éthos* (pp. 9-30). Paris: Delachaux et Niestlé, 1999.
- Austin, J., *Cómo hacer cosas con palabras*. Buenos Aires: Paidós, 1982.
- Baxter, J. y Lederman, N., Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. En: Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Bucat, R., Pedagogical content knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education, *Chemistry Education Research and Practice*, **5**(3), 215-228, 2004.
- Campos, M. y Gaspar, S., El modelo de análisis proposicional: Estado actual y perspectivas. En: Campos, M. (coord.), *Construcción del conocimiento: En el proceso educativo* (pp. 19-65). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
- Cazden, C., *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y del aprendiz*. Barcelona: Paidós, 1991.
- De la Cruz, M., Baudino, V., Caino, G., Ayastuy, R., Ferrero, T., Huarte, M. F. Palacio, M. Reising, A., Scheuer, N. y Siracusa, P., El análisis del discurso de profesores universitarios en la clase, *Estudios pedagógicos*, **26**, 9-23, 2000.
- Díaz, E., *Prácticas comunicativas e identidad en el aula desde el análisis del discurso*, Tesis que para obtener el grado de Doctora por la Universidad de Santiago de Compostela, 2009. Obtenida en la siguiente dirección: <http://dspace.usc.es/handle/10347/2589>, consultada por última vez el 10 de abril de 2014.
- Farré, A. y Lorenzo, M., Another piece of the puzzle: The

- relationship between the beliefs and practice in organic chemistry higher education, *Chemistry Education Research and Practice*, **10** (2), 176–184, 2009.
- García Negroni, M. y Tordesillas, M., Actos de habla. En: García Negroni, M. y Tordesillas, M., *La Enunciación en la Lengua. De la deixis a la polifonía* (pp. 114-151). Madrid: Gredos, 2001.
- Garritz, A y Trinidad-Velasco, R., El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia, *Educación Química*, **17** (núm. extraord.), 236-263, 2006.
- Gill, A. y Whedbee, K., Rethoric. En van Dijk, T. (Ed.), *Discourse as Structure and Process. Discourse Studies: A Multidisciplinary Introduction. Volume 1* (pp. 157-184). Great Britain: SAGE Publications, 1997.
- Grice, H., Logic and conversation. En: Grice, H., *Studies in the Way of Words* (pp. 22–40). Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989.
- Horn, L, Implicature. En: Horn, L. y Ward, G. (eds.), *The Handbook of Pragmatics* (pp. 3-28) United Kingdom: Blackwell Publishing, 2006.
- Huertas J., Ardura A. y Nieto C., Como estudiar el papel que el desempeño docente y las formas de comunicación juegan en el clima motivacional del aula. Sugerencias para un trabajo empírico, *Educação*, **31**(1), 9-16, 2008.
- Jacob, C., Analysis and synthesis. Interdependent operations in chemical language and practice, *HYLE. An International Journal for Philosophy of Chemistry*, **7**(1), 31-50, 2001.
- Johnstone, A., The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand, *Journal of Chemical Education*, **70**(9), 701-705, 1993.
- Kane R., Sandretto S. y Heath C., Telling half the story: A critical review of research on the teaching beliefs and practices of university academics, *Review of Educational Research*, **72**(2), 177-228, 2002.
- Ladhams Zieba, M., *Teaching and Learning About Reaction Mechanism In Organic Chemistry*, Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy in Chemistry, School of Biomedical and Chemical Sciences, University of Western Australia, 2004. Obtenida en la siguiente dirección: <http://repository.uwa.edu.au/>, consultada por última vez el 10 de abril de 2014.
- Lafarge, D., *Analyse didactique de l'enseignement-apprentissage de la chimie organique jusqu'à bac+2 pour envisager sa restructuration*. These de Doctorat Clermont Universite – Universite Blaise Pascal, 2010. Obtenida en la siguiente dirección: <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00578419>, consultada por última vez el 10 de abril de 2014.
- Lemke, J., Thematic Analysis: Systems, Structures and Strategies, *Semiotic Inquiry*, **3**(2), 159-187, 1983.
- Lemke, J., *Aprender a Hablar Ciencia. Lenguaje, aprendizaje y Valores*. Barcelona, España: Paidós, 1997.
- Loughran, J. Mulhall, P. y Berry, A., 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, 2004.
- Miller, M., Pedagogical Content Knowledge. En: Bodner, G. y Orgill, M. (Eds.), *Theoretical Frameworks for Research in Chemistry / Science Education* (pp. 86-106). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2007.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A. M., Rembado, F. M., Garritz, A., Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance', *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1389-1404, 2008.
- Sánchez, E., Rosales, J. Cañedo, I. y Conde, P., El discurso expositivo: Una comparación entre profesores expertos y principiantes, *Infancia y Aprendizaje*, **17**(3-4), 51-74, 1994.
- Searle, J., A taxonomy of illocutionary acts. En: Searle, J., *Expression and Meaning. Studies in the Theory of Speech Acts* (pp. 1-29). New York: Cambridge University Press, 1979.
- Sensevy, G., Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. En: Sensevy, G. y Mercier, A. (dir.), *Agir ensemble, l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-51). Rennes: PUR, 2007.
- Shulman, L., Those who understand: knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, **15**, 4-14. 1986.
- Tomlin, R., Forrest, L., Pu M. y Kim, M, Discourse Semantics. En: van Dijk T. (ed.), *Discourse as Structure and Process. Discourse Studies: A Multidisciplinary Introduction. Volume 1* (pp. 63 – 111) Great Britain: SAGE Publications, 1997.
- Vanderveken, D., Towards a Formal Discourse Pragmatics, *Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*, 2011, Obtenida en la siguiente dirección: <http://www.aaai.org/ocs/index.php/FLAIRS/FLAIRS11/paper/view/2630/3024>, consultada por última vez el 10 de abril de 2014.