

## **La dinámica de las Ciencias como modelo didáctico: propuesta para el aprendizaje del concepto reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia, desde el estudio de la organización espacial del laboratorio y del manejo de residuos químicos**

**Julio César Tovar-Gálvez**

Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. E-mail: [joule\\_tg@yahoo.com](mailto:joule_tg@yahoo.com)

**Resumen:** En general se aborda el problema que significa revisar la relación o correspondencia entre la forma en que se enseñan las ciencias naturales (CCNN) y la estructura y dinámica de las mismas ciencias; conllevando a cuestionar las concepciones y acción docente. Desde esta perspectiva se plantea tomar una epistemología amplia y compleja de las CCNN, lo que significa construir modelos didácticos consecuentes, es decir, con elementos como las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y el aprendizaje por investigación. El referente anterior permite que, de manera específica, se plantee una propuesta para aprender el concepto reacción química y generar actitudes hacia la Ciencia, tomando como problemas de investigación (escolar) los residuos químicos y la disposición espacial de los laboratorios.

**Palabras clave:** Reacción química, actitudes, CTSA, prácticas de laboratorio, aprendizaje por investigación.

**Title:** Proposal for the learning of the chemical reaction concept and generation of attitudes toward the Science, through the study of the problems of the space organization of the laboratory and the handling of chemical residuals

**Abstract:** In general the approached problem, mean to revise the relationship or correspondence among the form in that the natural sciences are taught, and the structure and dynamics of the same natural sciences; it bearings to question the conceptions and actions of the teachers. From this perspective is necessary to take a natural sciences epistemology wide and complex, what means to build consequent didactic models, that is to say, with elements like the relationships among Science, Technology, Society and Environment (STSE) and the learning for investigation. The previous relating allows one proposal to learn chemical reaction and attitudes toward the Science, it taking as investigation problems (to the teaching) the chemical residuals and the space disposition of the laboratories.

**Keywords:** chemical reaction, attitudes, STSE, laboratory practices, learning for investigation.

## **Introducción**

Este artículo tiene como objetivo vislumbrar cómo desde una mirada amplia de la ciencia, emergen modelos didácticos abarcadores e innovadores, que re-significan los roles de docentes y estudiantes y que amplían las perspectivas en investigación en didáctica de las ciencias. Para ello se propone vincular elementos como las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y el Aprendizaje por Investigación. De manera específica, se presenta una propuesta para articular dichos enfoques, en el marco de la resolución de dos problemas específicos definidos: la organización espacial del laboratorio y el manejo de residuos químicos; y con el objetivo principal de lograr el aprendizaje del concepto reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia, con estudiantes de educación superior (licenciatura).

En ese orden de ideas es de notar que para abordar los problemas de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es relevante y coherente revisar, al menos de manera general, la estructura y forma de producción del conocimiento científico (Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa y Martínez 2001; Adúriz e Izquierdo, 2002). En consecuencia, se retoma que desde varios modelos que dan cuenta de la dinámica de las ciencias (Kuhn, 1972; Popper, 1985; Newton-Smith, 1987; Gallego-Badillo, y Pérez Miranda, 1997) ésta se reconoce como una construcción de las comunidades de especialistas y que se relaciona de manera compleja con la sociedad, el ambiente, el desarrollo tecnológico, la industria y otros campos del conocimiento, en momentos históricos. Así mismo se reconoce la relatividad del conocimiento científico, y dentro de su estructura se identifican marcos teóricos y metodológicos específicos, que han sido construidos y propuestos a través del proceso investigativo y validados por las mismas comunidades.

Con este panorama amplio y complejo, es de esperar modelos didácticos consecuentes, que abarquen de cierta manera las dimensiones y relaciones señaladas. Sin embargo, es inquietante la forma o formas que los docentes tienen para enseñar ciencias, en tanto se privilegia la exposición de conocimientos absolutos, terminados y a-históricos (Gil, 1993), la corroboración y seguimiento de protocolos en el laboratorio (Insausti, 1997), así como la transmisión-recepción-repetición. Con ello surgen varias preguntas: ¿realmente se enseña ciencias?, ¿qué visión de ciencia maneja el docente?, ¿qué visión de ciencia presenta el docente?, ¿es posible tomar el modelo de producción del conocimiento científico y emularlo en las aulas? De esta manera se define el problema que significan los modelos didácticos de los docentes, los cuales pueden ser distantes de la dinámica de la construcción del conocimiento científico.

Los desarrollos anteriores representan dar especificidad epistemológica a la didáctica de las ciencias, fundamentada en la estructura y producción del mismo conocimiento científico; y dentro de ello es posible delimitar campos de investigación. Para el caso de la propuesta que se presenta en este artículo se retoman elementos didácticos de las relaciones CTSA y del Aprendizaje por Investigación, que permiten abordar los problemas relativos a la distribución espacial de lo laboratorio y a la gestión de residuos químicos; buscando re-significar la utilidad de las prácticas de laboratorio

en los procesos de aprendizaje de conceptos químicos y en el cambio de actitudes hacia la ciencia.

### **La dinámica de las ciencias como modelo didáctico**

El reconocimiento de la relatividad del conocimiento científico, de las relaciones complejas entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente, la definición de la investigación como proceso productor de conocimiento y ampliación de las fronteras, así como el evidente trabajo de comunidades que consensúan sus subjetividades e involucran aspectos personales en sus procesos (todo ello argumentado desde modelos epistemológicos no racionalistas –Kuhn, 1972- y los estudios sociales de las ciencias –Latour y Woolgar, 1995-), ha permitido pensar en una concepción más amplia y flexible de la ciencia (no por ello reducida o poco rigurosa), significando modelos didácticos más aproximados a estas mismas estructuras y procesos (García, Saavedra, Tovar-Gálvez y Vásquez, 2006).

Desde esta perspectiva, en didáctica de las ciencias preocupa el estudio de la historia y producción del conocimiento científico, la distancia o divergencia entre los conceptos de los estudiantes y los modelos científicos, las relaciones entre conocimiento cotidiano y conocimiento científico, el cambio de estructuras conceptuales versus construcción de unas nuevas, y desde la conveniencia de introducir al currículo es colar el estudio de las relaciones entre ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA), así como el aprendizaje por investigación.

Dentro de los campos de investigación didáctica enunciados anteriormente, se resalta la importancia y vigencia de las relaciones CTSA y el aprendizaje por investigación, en tanto retoman aspectos de las formas en que la ciencia se construye, transforma y circula, para incorporarlas en la enseñanza.

Respecto a las relaciones CTSA, Gallego-Badillo (2004) hace una reseña del campo de investigación y una argumentación de su estructura; de tal manera, el autor señala el origen de este campo de estudio en didáctica de las ciencias como una respuesta al problema de la poca motivación o rechazo de los estudiantes hacia las ciencias, así como el de las actitudes o posiciones poco críticas frente a la producción y desarrollo científico-tecnológico en general. Desde otra perspectiva, se propone que el estudio de estas relaciones aporte a reducir la brecha científico-tecnológica entre países, para que el avance y cambio se haga de manera democrática, impulsando el desarrollo y la innovación de las naciones a través de la investigación (Sutz, 1998).

Estas dos vertientes han conllevado a propuestas curriculares que buscan dar contexto al conocimiento científico, cambiar la visión de la enseñanza en tanto se cambia la visión de la ciencia, lograr impacto de las instituciones educativas sobre el entorno a través de la participación, inclusión de procesos de innovación en diferentes instancias de la sociedad y una mayor y más coherente respuesta del sistema educativo a las necesidades de las naciones (López, 1998; Gil Pérez, 1998), lo que se traduce en cambio de percepciones, actitudes y acciones.

Asimismo, el enfoque del aprendizaje por investigación busca tomar el proceso de investigación mediante el cual se produce el conocimiento científico y emularlo a nivel educativo. Con esto surgen varias discusiones epistemológicas como la definición y argumentación de la llamada ciencia escolar, la investigación escolar, el problema de investigación escolar (diferente al problema científico), la posible aproximación entre las metodologías de investigación escolar y las metodologías de investigación científica, y con todo ello la discusión de la validez de los procesos.

Gil y Guzmán (1993) plantean la especificidad epistemológica de las disciplinas, concluyendo que esto lleva a especificidad en las formas de enseñar. Desde la perspectiva de los autores, si el conocimiento se construye al interior de comunidades de especialistas, en contextos particulares y a través de la historia, es necesario que en el aula se promueva el trabajo en pequeños grupos y que se aborden situaciones cotidianas como problemas de estudio.

Desde las dos líneas de investigación en didáctica de las ciencias que se acaban de referir, es posible afirmar que es coherente que la enseñanza de las ciencias privilegie el trabajo en equipo, la resolución de problemas, el aprendizaje de metodologías, el aprendizaje de la planeación, el diseño de prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes, la relación entre docentes y profesores como pares académicos, la consecución y procesamiento de la información, la evaluación constante y reformulación de estrategias de trabajo, las discusiones académicas, la presentación de resultados del trabajo en equipo y la divulgación de los mismos.

### **Las actitudes hacia la Ciencia**

Tener una opinión, posición, juicio y una acción específica hacia la ciencia, está influida por la concepción que de ella misma se tiene. Desde esta perspectiva, la actitud que se tenga frente a la producción, desarrollo e implicaciones del conocimiento científico, está relacionado con las propias epistemologías del sujeto.

Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo (2006) presentan resultados de investigación, mediante los cuales fundamentan cómo el estudio de las relaciones CTS (los autores asumen el ambiente como parte del componente social) implica avance en la formación en actitudes, en tanto las relaciones CTS vinculan valores propios de la ciencia y la tecnología, así como valores sociales.

En los términos anteriores, la misma ampliación de la visión de ciencia permite contemplar, no solo aspectos cognitivos, sino también aspectos valorativos, éticos, afectivos, emotivos, conductuales, normativos y de pensamiento divergente; por lo que los autores recogen todo ello para definir las actitudes como *"una disposición psicológica personal que implica la valoración, positiva o negativa, de un objeto, mediante respuestas explícitas o implícitas, que contienen a la vez elementos cognitivos, afectivos y de conducta"* (citando a Eagly y Chaiken, 1993), y le encuentran espacio y argumento dentro del estudio de las relaciones CTS.

Ahora bien, para objetivos de la propuesta que se está desarrollando en este artículo, la propuesta de abordar la química desde una epistemología

amplia, que considera aspectos internos y externos de la estructura del conocimiento, significa actitudes más amplias y más complejas. En este caso, la discusión que se pone a consideración de la comunidad de especialistas (que quizás se fundamente desde posteriores avances en investigación) es si las actitudes se *cambian* o se *generan*. Es decir que si es posible un *cambio epistemológico*, con ello se *cambien las actitudes* y otras estructuras, pero de otro lado, si no es posible el cambio por incompatibilidad entre la anterior y la nueva epistemología, habría que *generar o construir esa nueva epistemología*, y con ella, *generar o construir actitudes* y estructuras nuevas.

### **Los problemas de estudio: la organización espacial del laboratorio y el manejo de residuos químicos**

Ahora bien, luego de la construcción de un referente teórico epistemológico y didáctico, para el objetivo específico del presente artículo que es la propuesta de un modelo para aprender el concepto *reacción química y actitudes hacia la ciencia* a través del estudio del *problema de la organización espacial de los laboratorios y el manejo o disposición de residuos químicos*, es necesario ampliar estos dos últimos.

Para la disposición, gestión y funcionamiento de un laboratorio, es necesario asumir e implantar las directrices de políticas locales, nacionales e internacionales. La aplicación de la normativa tiene como objetivo asegurar procesos adecuados y estandarizados y elevar la competitividad; todo esto argumentado a través de la certificación, concesión de registros o acreditación.

Existen diversas normas a nivel nacional e internacional, que se encargan de regular el funcionamiento de los laboratorios, la prestación de servicios y generación de productos. Para este caso se cita la norma del Sistemas de Calidad ISO/IEC 17025:2005 (definida y emitida por la Organización Internacional de Normas y La Comisión Electrotécnica Internacional) para Laboratorios de Ensayo y Calibración, la cuál reemplaza la Guía ISO 25 y EN 45001 y cumple con los requisitos de ISO 9000:2000 e ISO 9001, siendo aceptada en más de 35 países (Bulltek LTD, 2007). Algunos de los ítems que apuntan a la organización espacial del laboratorio son: 5.3 Instalaciones y Condiciones Ambientales, 5.5 Equipos, 5.6 Correlación de Medidas, 5.7 Muestras, 5.8 Manejo y Transporte de Artículos de Ensayo y/o Calibración (Quality Systems Innovations, INC., 2007)

De igual manera, es relevante retomar otras directrices para la gestión y funcionamiento, que permiten especificar cada vez más las posibles formas de distribuir espacialmente un laboratorio. Finalmente, se revisan las normas del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC, s/f). Estas pautas también retoman aspectos de normas como la EN 45001, ítem 5.3.2, y la Guía ISO 25, apartado 7, las cuales son validadas por los países del Acuerdo Multilateral de Reconocimiento Mutuo de la EAL (European Cooperation form Accreditation of Laboratories).

Desde estos organismos es posible resaltar normas que específicamente aportan al objetivo de este capítulo del artículo; estas son:

- Norma EN 45001 / UNE 66-501. "Criterios generales para el funcionamiento de los Laboratorios de Ensayo".

- PE-ENAC-LEC/01. "Procedimiento de Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración".

- CGA-ENAC-LE. "Criterios Generales de Acreditación de un Laboratorio de Ensayo".

- NTP 550: Prevención de riesgos en el laboratorio: ubicación y distribución

- NTP 551: Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño

De entre las anteriormente enlistadas, se considera de mayor relevancia citar la Nota Técnica de Prevención (NTP) 550, sobre prevención de riesgos en el laboratorio: ubicación y distribución. La primera disposición de esta NTP es el aseguramiento de la protección de la salud y el medio ambiente, y en una segunda medida, el aseguramiento de la actividad y funcionalidad del laboratorio. Con objeto de lograr estos dos aspectos, se determina la adecuada ubicación y distribución espacial del laboratorio.

En tanto el laboratorio se hace más complejo en las zonas o regiones especializadas, la NTP define el concepto Departamento de Laboratorios, entendiéndolo que *"está constituido por uno o varios laboratorios con sus correspondientes pasillos, despachos, vestuarios, etc., siempre que estén físicamente unidos entre sí"*, por lo que se imposibilita anexar espacios como oficinas, salas de juntas y atención al público, entre otras. Desde esta perspectiva se definen elementos que favorecen la seguridad en el laboratorio y la reducción de los costos.

De otro lado, continuando con el abordaje de los temas y problemas que se articulan en la propuesta de moldeo didáctico que se presentará más adelante, se retoma un trabajo de tesis realizado en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional en Colombia –UPN- (García y Lara, 2005). Los autores de esta hacen un estudio de las principales sustancias que se desechan en los laboratorios del Departamento de Química de la UPN. Al respecto, hacen una revisión de la normativa nacional e internacional, respecto a la seguridad en el laboratorio y la disposición de los residuos, para finalmente proponer soluciones para el almacenaje y tratamiento de los residuos.

Parte de la propuesta específica de García y Lara que aquí se retoma, consistió en el diseño y disposición de colectores de los residuos químicos. El tipo de residuos que se deposita en uno u otro colector depende del tipo de reacciones que se dan entre los mismos y busca transformar pequeñas cantidades de productos químicos reactivos, en productos derivados menos agresivos o más inocuos, asegurando almacenaje y eliminación más segura.

Los autores reconstruyen una tabla en la que recopilan recomendaciones sobre la disposición de residuos químicos, que hacen diferentes normas y organismos como la Comisión Económica Europea. Así, determinan 31 formas para disponer los residuos, en términos de la compatibilidad o

incompatibilidad química, el tratamiento previo de ser necesario, el tratamiento posterior de ser necesario, y los colectores (recipientes) donde se hace el almacenaje. Debido a que la tabla mencionada es muy extensa, esta se presenta en la sección de anexos como tabla 1, *Disposición de productos químicos según la CEE. Extraído de García y Lara, (2005).*

Una vez hecha una breve revisión estos dos aspectos relevantes (por sus impactos y complejidad) en la producción del conocimiento científico, vale la pena cuestionar a los docentes de ciencias ¿qué visión tienen del trabajo práctico de laboratorio?, ¿qué versión del trabajo de laboratorio muestran o enseñan a sus estudiantes?, ¿en qué medida, los trabajos prácticos de laboratorio, aportan al aprendizaje de conceptos químicos? y ¿en qué medida, la forma de asumir los trabajos prácticos de laboratorio aporta a la generación de actitudes hacia la ciencia?, concluyendo con otras preguntas más abarcadoras como ¿qué enseña cuando enseña química?, ¿qué debe saber o qué exige a sus estudiantes antes, durante y después de una práctica de laboratorio?, las cuales hacen parte, entre otras, de la línea de investigación que soporta la propuesta presentada en este artículo.

### **Propuesta para el aprendizaje de la reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia**

Durante la construcción de los *referentes epistemológicos y didácticos* en este artículo, se concluyó que reconociendo de manera amplia la dinámica de la producción del conocimiento científico, es conveniente que en la didáctica de las ciencias se privilegie el trabajo en equipo (discusión entre pares), el abordaje de problemas cotidianos y socialmente relevantes, la construcción de estructuras conceptuales, el aprendizaje de la planeación y construcción de las habilidades involucradas en la dimensión metodológico-práctica de las ciencias, así como la reflexión sobre las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (relaciones CTSA).

Así mismo, desde una revisión general del *referente normativo* que define y estandariza la distribución espacial y estratégica de las zonas o espacios en el laboratorio, así como del que regula lo referente al problema de los residuos; es posible determinar que ambos problemas de estudio se fundamenta en conceptos químicos, en tanto reacciones no controladas, contaminación, riesgo intrínseco, almacenaje de reactivos y manejo de residuos, entre otros. Abordar dichos aspectos como problema escolar, y desde una metodología que articula CTSA y aprendizaje por investigación, posibilita un potencial aporte para al aprendizaje de conceptos químicos y para la generación de actitudes hacia la ciencia.

La perspectiva anterior permite pensar en que la práctica de laboratorio hace parte del proceso de investigación y al mismo tiempo es el objeto de investigación; y que desde ello es posible ampliar la visión de trabajo científico, reconocer la complejidad del proceso y dar un mayor sentido y utilidad a los protocolos, guías de laboratorio, talleres, matrices de trabajo, metodologías de construcción de informes, en tanto aportan al aprendizaje (Ladino-Ospina y Tovar-Gálvez, 2005 a; García *et al*, 2006).

Esta propuesta de intervención didáctica se constituye como proyecto de investigación, en tanto se propone reconocer aspectos conceptuales y

metodológicos de los estudiantes, así como aspectos referentes a sus actitudes y epistemologías; de igual manera aportándoles nuevas perspectivas para su formación. Inicialmente se trabajará con un grupo de estudiantes de licenciatura en química y se proyecta extenderlo a estudiantes de ingenierías y de educación secundaria, teniendo en cuenta ciertas particularidades contextuales; y con todo ello se espera dirigir un proceso de construcción de conocimiento didáctico con los docentes de ciencias, y otro de construcción de conocimiento y participación con los estudiantes. La metodología de trabajo tiene la estructura que se presenta a continuación:

Etapa 1. Reconocimiento del contexto: el inicio del proceso tiene como objetivo mostrar a los estudiantes el panorama de los residuos químicos y los posibles problemas que significan para ello la estructura de los laboratorios de química. Desde el reconocimiento de esta situación se define el problema de la gestión de los residuos químicos en los laboratorios; cuya operativización o viabilidad se consigue con la definición de preguntas con grados de dificultad a resolver por períodos. Las preguntas a resolver por períodos y con grados de dificultad y exigencia, pueden tener la estructura y sentido de algunas como:

¿Es posible reducir los niveles de contaminación con residuos químicos?, ¿qué aspectos del diseño de un laboratorio –de docencia, de investigación o de la industria- favorecen o controlan los niveles de contaminación?, ¿qué tipo de efectos o qué impactos (sociales, ambientales, económicos) tienen verter residuos químicos en cañerías?, ¿qué tipo de reacciones químicas se dan en los procesos de contaminación?, ¿cómo disponer los residuos químicos del laboratorio?, ¿cómo diseñar el almacenaje de los residuos desde los fundamentos de la reacción química?, ¿qué aspectos (procesos, políticas, etc.) se pueden sugerir para optimizar los procesos en el laboratorio y reducir la contaminación?, ¿qué procesos se pueden sugerir para la descontaminación?

Evidentemente se han presentado una gran cantidad de preguntas que demandan un extenso trabajo (por etapas) y mucho esfuerzo para los equipos de trabajo; pero es precisamente desde allí que se puede asumir el problema de investigación escolar, definido para conseguir el aprendizaje de las ciencias. De esta manera, se entiende que el problema que se presenta a los estudiantes posee una naturaleza distinta al problema científico; este problema formulado para la docencia, en principio es una situación que no se resuelve fácilmente, que conlleva al estudiante a procesos complejos, que integra varios aspectos (no solo los conocimientos teóricos de la química, también aspectos metodológicos y actitudinales) y que finalmente es posible resolver.

Etapa 2. Evaluación Diagnóstica: tiene como objetivo valorar los estados iniciales o previos de los estudiantes, desde la perspectiva multidimensional de Tovar-Gálvez (2008 b): conceptual, administrativo-metodológica, actitudinal, comunicativa e histórico-epistemológica. Esto implica evaluar aspectos como: a) Conceptualmente: reacción química, equilibrio químico, cinética, termodinámica, ecosistema, contaminación, seguridad en el laboratorio, b) metodológica y comunicativamente: prácticas de laboratorio, fuentes de información, procesamiento de información, métodos de análisis

de información, capacidad de planeación, capacidad para trabajo en equipo, y c) actitudes y aspectos epistémicos: actitud hacia el espacio académico y la ciencia, las relaciones CTSA.

En términos conceptuales y metodológicos, el instrumento a aplicar es una prueba escrita que plantea situaciones a resolver, involucrando relaciones conceptuales e indicadores de aspectos prácticos propios de la química. Para las dimensiones actitudinal, comunicativa e histórico-epistemológica, se realizará el análisis del discurso escrito de los estudiantes (quienes realizarán una composición escrita frente al problema); la matriz de evaluación del instrumento contendrá criterios de análisis de argumentación, coherencia, tendencias y creencias.

Etapa 3. Construcción de estrategias: para este momento, los equipos de estudiantes tiene dos objetivos generales: 1) pensar en actividades y dinámicas que les permitan avanzar o construir frente a los aspectos conceptuales y metodológicos previos de la química que, según el diagnóstico, no manejan y son vitales para los próximos aprendizajes; y 2) abordar la solución del problema, a través de las preguntas planteadas para cada período. Para los dos casos, se tomará como referencia un instrumento que permite que los estudiantes organicen su trabajo y estrategias; de tal manera que se expliciten las hipótesis frente al problema y las posibles fuentes de información, se diseñen actividades (de aprendizaje y prácticas: intra-grupales, inter-grupales y con el docente guía), se diseñen instrumentos o procesos, y se establezca un cronograma de actividades.

La ejecución de las estrategias debe permitir la apropiación de varios escenarios de trabajo, como las clases de construcción conjunta, discusión, ponencias, la visita a bibliotecas, manejo de bases de datos, utilización de audio-visuales, consulta a expertos, lecturas especializadas, visitas y trabajo de campo, entre otros.

Etapa 4. Implementación de estrategias y regulación de procesos: una vez establecidas las bitácoras de los equipos de trabajo, vienen las acciones en busca de evaluar las hipótesis, avanzar en los aprendizajes, cambiar perspectivas y tomar decisiones. Este proceso será regulado por dos instrumentos: 1) un portafolio en el que los equipos registrarán su trabajo inicial, incluirán sus productos e indicadores de trabajo; y 2) matrices de evaluación, que guían la reflexión sobre los procesos de aprendizaje y el desarrollo y pertinencia de las actividades; de tal manera que se pueda tomar decisiones frente a la conducción de los procesos.

Etapa 5. Análisis de los procesos: la recolección de información, los indicadores del trabajo y los productos de las actividades, proporcionan los suficientes insumos para realizar análisis que permitan evaluar las hipótesis, valorar el desarrollo de las estrategias de trabajo y reflexionar sobre los aprendizajes. Una vez más, para guiar este proceso, se presentan unas directrices que permitan realizar un reporte por cada equipo de trabajo.

Etapa 6. Presentación de resultados: este proceso se realizará a través de un evento que se aproxime a los encuentros de las comunidades de especialistas. Así que los equipos de trabajo presentarán sus resultados frente al problema, como ponencias y de manera escrita (formato de artículo científico); se realizarán discusiones entre los grupos y se

construirán documentos de consensos. En términos de los aprendizajes, los equipos presentarán sus informes de evaluación global, expectativas y posibles proyecciones.

En esta etapa se consolida todo lo desarrollado, se promueve la discusión entre pares, el reconocimiento del poder heurístico de la investigación, se toman elementos presentados por otros grupos y se replantea el trabajo propio, todo ello mediado por el análisis de los procesos y la divulgación de los mismos. Durante esta etapa, el trabajo evaluativo se hace más evidente, en tanto los estudiantes recurren a sus reportes o matrices de evaluación y el docente a las propias diseñadas.

Etapa 7. Evaluación comparativa: cerrando el proceso se aplicarán los instrumentos implementados durante la etapa diagnóstica, con el objetivo de establecer posibles cambios, avances, ampliaciones y/o construcciones; para desde ello retroalimentar procesos y re-orientar próximas aplicaciones de esta propuesta.

### **Comentarios finales**

Retomar los recientes modelos que dan cuenta de la dinámica del conocimiento científico, como referente para el diseño de modelos didácticos, supone que el docente tenga conocimiento de la ciencia que pretende enseñar, sin olvidar la necesidad de una fuerte formación en didáctica específica, historia y epistemología, principalmente. De esta manera, los procesos desarrollados en el aula y otros espacios académicos pueden ser más coherentes con la producción del conocimiento científico; admitiendo una posible aproximación, pero sin olvidar las diferencias epistemológicas y fines entre lo educativo y lo científico.

El reconocimiento de la complejidad de la estructura de la ciencia y sus relaciones con otros ámbitos, disciplinas, estamentos y espacios (ambos aspectos en constante cambio), exige un cuestionamiento permanente por parte del docente, y no solo por estar a la vanguardia, sino por aportar a la motivación de sus estudiantes, y en conclusión, para aportar a la formación de ciudadanos con una posibilidad de interpretar, explicar y transformar su realidad desde el paradigma científico (no siendo el único actual y válido).

Desde lo anterior, el aprendizaje de las ciencias no solo se limita a lo cognitivo (conceptualmente hablando), sino que abarca aspectos administrativo-metodológicos, actitudinales, comunicativos y epistémicos; y conviene generar dichos aprendizajes desde enfoques como CTSA y aprendizaje por investigación, en tanto representan, de una manera más aproximada, la dinámica de la producción, desarrollo e impactos del conocimiento científico. Se entiende que desde estas posturas epistemológicas y didácticas, no solo asume a la ciencia por ciencia, sino que reconoce la dinámica de la misma en contextos históricos específicos (sociales, ambientales, políticos, económico, culturales).

Este amplio espectro de supuestos permite dimensionar de una forma más abarcadora la investigación didáctica, así como los roles de docentes y estudiantes. Así que enseñar ciencias implica abordar, en lo posible, todas las dimensiones y procesos de las ciencias.

Al hacer específica la aplicación de los supuestos presentados, es posible dar valor de relevante al estudio de los problemas relacionados con los residuos químicos y con la distribución espacial de los laboratorios, pues ambos se fundamenta en conceptos químicos, en tanto reacciones no controladas, contaminación, riesgo intrínseco, almacenaje de reactivos y manejo de residuos; además implican impactos sobre la salud humana y sobre el ambiente, significan estudio y aplicación de normativas, significan la posibilidad para construir argumentos que permitan tener una posición crítica frente a la ciencia, y proponer acciones. Estas ventajas permiten dar relevancia al trabajo práctico de laboratorio, en tanto aporta al aprendizaje de conceptos y metodologías en química, así como generar actitudes hacia la Química y mostrar otras perspectivas sobre el conocimiento científico.

### Referencias bibliográficas

Adúriz-Bravo, A. e M. Izquierdo (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, 3, Art.1. En: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Bulltek L.T.D. (1997). *ISO 17025, Acreditación de Laboratorios*. En: [http://www.bulltek.com/Spanish\\_Site/ISO%209000%20INTRODUCCION/ISO%209000-2000\\_Spanish/ISO17025\\_Spanish/iso17025\\_spanish.html](http://www.bulltek.com/Spanish_Site/ISO%209000%20INTRODUCCION/ISO%209000-2000_Spanish/ISO17025_Spanish/iso17025_spanish.html)

Cachapuz, A., Praia, J., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., e I. Martínez (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, 14, 1, 155-195. En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37414108>

Eagly, A., y S. Chaiken (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers. En: Vázquez, Á., Acevedo, J., Manassero, M., y Acevedo, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2, 8. En: <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-vazquez2.html>

ENAC. (s/f). *Entidad Nacional de Acreditación*. En: [www.enac.es/](http://www.enac.es/)

ENAC. (s/f). *Descarga de documentos*.

En: <http://www.enac.es/web/enac/documentos-descarga>

ENAC. (2005). *Criterios generales para el funcionamiento de los Laboratorios de Ensayo y calibración según norma UNE-EN ISO/IEC 17025 CGA-ENAC-LEC*.

En: [http://www.enac.es/docs/documentos/CGA\\_ENAC\\_LEC\\_Rev3.pdf](http://www.enac.es/docs/documentos/CGA_ENAC_LEC_Rev3.pdf)

García, G., Saavedra, M., Tovar-Gálvez, J., y E. Vásquez (2006). Construcción de Conceptos Científicos desde la Relación Teórico-Práctica en el Aula y los Procesos Industriales: propuesta de Herramienta Didáctica. *CD Memorias VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Química*, Universidad de la Patagonia.

García, G., y N. Lara (2005). *Diseño e implementación de una estrategia para el tratamiento, la recuperación y la disposición segura de los residuos químicos de mayor impacto generados en los laboratorios de química de la*

*Universidad Pedagógica Nacional*. Tesis de Pre-grado, Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá-Colombia.

Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 3, 3. En: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Gallego Badillo, R. y R. Pérez (1997). *La Enseñanza de las Ciencias Experimentales, El Constructivismo del Caos*. Bogotá: Magisterio, mesa redonda.

Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 197-212.

Gil Pérez, D., y M. Guzmán (1993). *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática, Tendencias e Innovaciones*. OEI: Editorial Popular.

Gil Pérez, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.

Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C. et. al. (1999) ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 3, 503-512.

Insausti, M.J. (1997). Análisis de los Trabajos Prácticos de Química General en un Primer Curso de Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 1, 123-130.

Kuhn, T.S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Ladino-Ospina, Y., y J. Tovar-Gálvez (2005a). Construcción de conceptos alrededor de procesos químicos: una propuesta metodológica de laboratorio como investigación. *Tecné Episteme y Didaxis TEΔ*, Extra (II Congreso Sobre Formación de Profesores de Ciencias), 194-195.

Latour, B. y S. Woolgar (1995), *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza.

López, J.A. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 171-176.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (s/f). En: <http://www.mtas.es>

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (s/f). *Nota Técnica de Prevención NTP 550: Prevención de riesgos en el laboratorio: ubicación y distribución*. En: [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_550.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_550.htm)

Newton-Smith, J. (1987). *La racionalidad de la ciencia*. Madrid: Paidós.

Popper, K. (1985). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

Quality Systems Innovations, INC. (2007). *Manual De Calidad ISO 17025 Tabla de Contenidos*.

En: <http://www.qsinnovations.com/17025manualdecalidad.html>

Sutz, J. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 145-169.

Tovar-Gálvez, J. (2008b). Propuesta de modelo de evaluación multidimensional de los aprendizajes en ciencias naturales y su relación con la estructura de la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5, 3, 259-273. En:

[http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero\\_5\\_3/Tovar\\_2008.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero_5_3/Tovar_2008.pdf)

**Anexo 1. Tabla 1. Disposición de productos químicos según la CEE. Extraído de García y Lara (2005).**

TIPO DE DISPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN	COLECTOR
1	Disolventes orgánicos exentos de halógenos, fuertemente ensuciados y soluciones de material orgánico.	A
2	Disolventes halogenados fuertemente impurificados o mezclados.	B
3	Reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico	A
4	Las soluciones acuosas de ácidos orgánicos pueden neutralizarse cuidadosamente con biftalato de sodio o hidróxido de sodio, antes de ser vertido en el colector	D
	Los ácidos carboxílicos aromáticos pueden precipitarse con ácido clorhídrico diluido.	C
5	Bases orgánicas y aminas en forma disuelta	A
6	Los nitrilos y mercaptanos pueden oxidarse agitando durante varias horas con solución de hipoclorito de sodio.	A
7	Los aldehídos hidrosolubles pueden transformarse en solubles por medio de sulfato ácido de sodio	A o B
8	Los compuestos órgano-metálicos sensibles a la hidrólisis, que generalmente están disueltos en solventes orgánicos, se añaden gota a gota y bajo la campana extractora en N-butanol. Después de acabado el desprendimiento de gases durante una hora añadiendo un exceso de agua.	D
9	Los compuestos combustibles caracterizados como <i>cancerígenos</i> y como <i>muy tóxicos</i> o <i>tóxicos</i>	F
10	Los peróxidos orgánicos pueden desactivarse fácilmente por exposición	A, B o D
11	Los halogenuros de ácido, para transformarlos en los ésteres metálicos, se pueden añadir, gota a gota, sobre un exceso de metanol.	B
12	Los ácidos inorgánicos y sus anhídros, según el caso, se diluyen o respectivamente se hidrolizan y respectivamente se neutralizan con hidróxido de sodio.	D
13	Las bases inorgánicas y alcoholatos, si es necesario, se diluyen introduciéndolas y agitando cuidadosamente en agua. Seguidamente se neutralizan con ácido sulfúrico.	D o E
14	Sales inorgánicas.	I
	Soluciones de estas sales	D
15	Soluciones que contienen metales pesados y materia sólida.	E
16	Soluciones salinas acuosas de talio, mediante hidróxido de sodio, se puede precipitar el óxido de talio III	E
17	Los compuestos de selenio inorgánicos tóxicos	E

	deben manipularse con precaución.	
18	En la manipulación con Berilio cancerígeno y sus sales, es necesaria gran precaución, evitar la inhalación.	E
19	Los compuestos de uranio y torio deben eliminarse, teniendo en cuenta el decreto de protección contra radiación (BGBI)	-
20	Residuos inorgánicos de mercurio.	G
21	Los cianuros, por adición de peróxido de hidrogeno pueden oxidarse primeramente a cianatos, añadiendo posteriormente mas oxidante, se oxidan a CO <sub>2</sub> .	D
22	Los peróxidos y oxidantes inorgánicos como bromo y yodo, introduciéndolos en una solución de tiosulfato sódico, pueden transformarse en productos de reducción menos peligrosos para el medio ambiente.	D
23	El fluoruro de hidrogeno y las soluciones de fluoruro inorgánicas deben manipularse con máxima precaución, los restos disueltos en agua pueden precipitarse con fluoruro de calcio, precipitado y fluoruros difícilmente solubles	D o E
24	Los residuos de halogenuros inorgánicos líquidos y reactivos sensibles a la hidrólisis pueden añadirse, gota a gota, con precaución y agitando, a solución de hidróxido de sodio al 10%	E
25	Los compuestos de fósforo III pueden oxidarse bajo refrigeración con hielo, con una solución de hipoclorito de sodio al 5% que contenga 5 mL de hidróxido de sodio al 50%, los fosfatos se precipitan tras la adición de hidróxido de calcio.	I
26	Los metales alcalinos se colocan en un solvente inerte y se desactivan por adición, gota a gota, de 2-propanol bajo agitación	D
27	Los residuos que contengan metales preciosos, deben reciclarse para su posterior recuperación.	H
28	Soluciones acuosas	D
29	Los alquilos de aluminio son extremadamente sensibles al aire y a la hidrólisis, por esta razón el colector debe contener un solvente inerte.	F
30	Hidratos de carbono, aminoácidos y otros residuos acuosos que suelen producirse en los laboratorios de bioquímica	D
	Si están disueltos en solventes orgánicos.	A o B
31	Residuos de cromatografía	I
	Sin embargo las sustancias agresivas, tóxicas o explosivas, absorbidas en las capas o los sorbentes, tienen que ser tratadas convenientemente antes de su tratamiento.	K