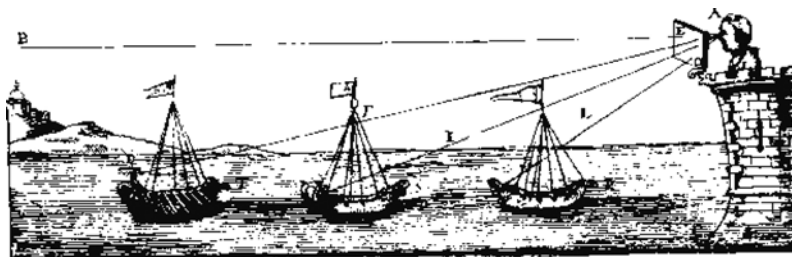


# INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



## LA CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE DE APRENDIZAJE EN UN LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL MEDIANTE MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN SOCIAL

LLORENS-MOLINA, JUAN ANTONIO<sup>1</sup>; LLORENS DE JAIME, JESÚS M.<sup>2</sup> y SANZ BERZOSA, ISIDORA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> E.T.S. Ingeniería Agronómica i del Medi Natural. Universitat Politècnica de València

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Complutense de Madrid

juallom2@qim.upv.es

jmllorens@estumail.ucm.es

isanz@qim.upv.es

---

**Resumen.** Desde una crítica al paradigma proceso-producto, que asume la causalidad entre el diseño del proceso de aprendizaje y su desarrollo, consideramos la caracterización de los *ambientes de aprendizaje* un requisito para la evaluación de innovaciones educativas. En este trabajo han sido incorporados métodos de la investigación social como los inspirados en la Teoría Fundamentada, a la caracterización del ambiente de aprendizaje en un contexto experimental. Mediante dichos métodos se ha llevado a cabo un estudio de caso en el que han sido analizadas las preguntas formuladas en el laboratorio y las reflexiones reflejadas en sus cuadernos por los estudiantes, con objeto de proponer un marco conceptual para la evaluación de dichos ambientes de aprendizaje. Los resultados justifican el uso de tales métodos, al ser notablemente contradictorios con los precedentes de la aplicación de un cuestionario basado en el conocido *Science Laboratory Environment Inventory*.

**Palabras clave.** Investigación cualitativa, ambiente de aprendizaje, laboratorio, química, Teoría Fundamentada.

---

### Characterization of the learning environment in a general chemistry laboratory through social research methods

**Summary.** From a critical view point of process-product paradigm, which accepts a causal relationship between learning process design and its classroom development, the characterization of Learning Environments as requirement for educational innovations assessment is considered. In this paper, research methods from Social Sciences as those inspired in the Grounded Theory have been applied to experimental learning environments. Students generated questions during laboratory sessions and self-reports have been analyzed by means of a case study in order to propose a framework to assess these learning environments. The results justify the use of suggested methodology since they are significantly contradictory with the ones from a questionnaire based on the well known *Science Laboratory Environment Inventory*.

**Keywords.** Qualitative research, learning environment, laboratory, Chemistry, Grounded Theory.

---

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### La relación entre investigación didáctica y práctica educativa como problema de partida

La transferencia de los resultados de la investigación didáctica a los procesos de cambio curricular y, en general, a la práctica educativa se enfrenta a numerosas dificultades de diversa índole que podemos agrupar en tres grandes categorías: en primer lugar, en el ámbito de las políticas educativas, las relacionadas con los procesos de cambio curricular y el diferente grado de participación de los agentes implicados; en segundo lugar, las concepciones del profesorado acerca del trabajo docente (Gil y Pessoa de Carvalho, 2000) y, por último, las derivadas de los objetivos y metodología de la investigación educativa.

Dentro del primer grupo de dificultades, las aportaciones de la investigación didáctica ponen el acento en diferentes problemas. Así, por ejemplo, Campanario (2003) alude a los prejuicios existentes frente a la didáctica de las ciencias como cuerpo de conocimientos; Gil y Vilches (2004) se refieren a la existencia de mitos educativos ampliamente arraigados que pueden bloquear el desarrollo profesional de los docentes, tales como el impacto de la falta de conocimientos previos en el acceso a la universidad. En relación con la evaluación de los aprendizajes y sus diferentes concepciones entre el profesorado universitario, puede citarse el amplio y detallado análisis realizado por Brown (2007). En el fondo de todas estas concepciones subyace la creencia, más o menos explícita, de que una adecuada formación disciplinar habilita sin más para enseñar eficazmente una determinada materia. Consecuentemente, el conocimiento pedagógico es considerado como algo complementario y externo al del contenido. En este sentido, los conceptos de «conocimiento pedagógico del contenido» (CPC) o de «transposición didáctica» son elementos clave a la hora de interpretar y afrontar este problema (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004). En el campo de la química, la identificación del CPC presenta aspectos específicos de interés derivados de su carácter eminentemente experimental o de la necesidad de integrar los niveles de representación macroscópico, simbólico y corpuscular (Clermont, Krajcik y Borko, 1993; Van Driel, Bulte y Verloop, 1998; Talanquer, 2004; Bond-Robinson, 2005). En realidad, y a modo de síntesis, podría interpretarse el desarrollo docente del profesorado frente al obstáculo de sus propias concepciones como la progresiva adquisición de una conciencia crítica y reflexiva acerca de la complejidad de su trabajo (Veal, 2004; Vázquez, Jiménez y Mellado, 2007).

Esta investigación se dirige hacia la tercera categoría de dificultades indicada. La reflexión de partida es que la investigación educativa ha de cumplir dos funciones primordiales: crear formulaciones accesibles al profesorado desde su práctica cotidiana (en otras palabras, desarrollar y consolidar el conocimiento pedagógico del contenido) y promover la implicación del profesorado en una formación basada en la investigación sobre su propia tarea docente. Esto tiene profundas repercusiones metodológicas y epistemológicas, por lo que, desde este doble punto de vista, se establecerán, en primer lugar, las características fundamentales de un paradigma de investigación que

responda a estas exigencias; y posteriormente se justificará la adopción del concepto de ambiente de aprendizaje como objeto de investigación.

### Un paradigma de investigación educativa que incorpore los instrumentos característicos de la investigación social

Desde el punto de vista metodológico, el principal objetivo de este trabajo es reivindicar una incorporación más generalizada y decidida de los métodos y estrategias de la investigación social al análisis de los procesos de aprendizaje. Sus resultados deben generar formulaciones teóricas que permitan fundamentar la práctica del aula en el conjunto de principios, de naturaleza epistemológica y psicológica principalmente, que configuran el modelo de aprendizaje adoptado. Estas formulaciones estarían situadas, dentro del modelo concéntrico de los niveles de formalización teórica (Munné, 1993), en el ámbito de las denominadas microteorías (nivel I) y teorías de alcance medio (nivel II). Estarían vinculadas, por tanto, a problemas de aprendizaje de un cierto nivel de concreción, cumpliendo así el papel de nexo con los principios generales del paradigma educativo en el que nos situamos, en este caso, el socioconstructivismo. Éste es el nivel en que podría situarse el conocimiento pedagógico del contenido concebido como conjunto de formulaciones teóricas que permiten la transposición didáctica de los contenidos disciplinares.

Desde estos presupuestos iniciales, podemos partir de un análisis crítico de la investigación educativa basada en el paradigma proceso-producto y en las estrategias de investigación derivadas del mismo. Este movimiento, cuyas líneas y aportaciones fundamentales vienen descritas por autores como Dunkin y Biddle (1974), representó en su día una importantísima contribución a la consideración de los procesos de enseñanza-aprendizaje como objeto de investigación y a una racionalización y fundamentación de la práctica educativa. En el marco de este paradigma, adquirió un notable desarrollo la evaluación de metodologías alternativas frente a otras consideradas como tradicionales. Estos estudios comparativos se han realizado habitualmente mediante la aplicación de diseños cuasiexperimentales basados en grupos experimentales y grupos control, predefinidos dentro de la estructura funcional de los centros educativos (Pérez-Gómez, 1996; Pous et al., 2009). En este tipo de estrategias, coherentes con un enfoque epistemológico positivista, se partía de la existencia de una relación causal entre las propuestas didácticas (caracterizadas por sus enfoques teóricos, recursos, conductas docentes, organización de la clase, etc.) y los resultados del aprendizaje. Esta visión reduccionista de los procesos de enseñanza-aprendizaje ha sido cuestionada en las últimas décadas desde los paradigmas mediacional y ecológico, incorporando la consideración de los factores contextuales y de las interacciones de todo tipo que tienen lugar en el aula (Shulman, 1989; Gimeno-Sacristán y Pérez-Gómez, 1996; Pou et al., 2009). Este paradigma de investigación ha dado lugar a diferentes enfoques metodológicos que, bajo diferentes denomina-

ciones (cualitativo, naturalista, etnográfico, interpretativo, etc.), coinciden en asignar una atención prioritaria a la indagación acerca del significado de los procesos educativos desde la complejidad de los contextos reales en que acontecen. De este modo, el objetivo prioritario ya no es obtener grandes generalizaciones transferibles a cualquier otro ámbito educativo, ni dar lugar a instrumentos de validez universal independientes del contexto y de los profesionales que los aplican, sino más bien la transformación y el perfeccionamiento de la práctica docente. Por otra parte, cabe precisar también que las metodologías cuantitativas, además de servir para la verificación de hipótesis bien definidas y concretas sobre aspectos específicos de los procesos de enseñanza-aprendizaje, pueden constituir una poderosa herramienta para identificar problemas relevantes, susceptibles de profundización mediante los métodos cualitativos, ya que permiten extender el ámbito de la investigación tanto en relación con los problemas tratados como con la población objeto de estudio. Puede afirmarse, en definitiva, que la perspectiva integradora de ambos tipos de metodologías ha sido una constante a lo largo de la evolución reciente de la investigación educativa (Biddle, 1989). Esta perspectiva se manifiesta actualmente en la emergencia de un paradigma de orientación no positivista, que pone el acento en el establecimiento de criterios de calidad independientes del carácter cualitativo o cuantitativo de los métodos empleados (Howe, 1988; Howe y Eisenhart, 1990). Tal como afirman estos autores, son los problemas los que deben guiar la metodología y no viceversa; así, la clave no está en optar a priori por un tipo u otro de métodos, sino en seleccionar éstos en función de la naturaleza del problema planteado y del tipo de formulaciones teóricas a las que se pretende llegar.

En el marco de este paradigma emergente, cabe aludir, una vez más, a propuestas integradoras como las formuladas por Johnson y Onwuegbuzie (2004), Onwuegbuzie y Leech (2005), Johnson, Onwuegbuzie y Turner (2007), que apuestan por la convergencia de los métodos cualitativos y cuantitativos desde un enfoque pragmático, estableciendo criterios de demarcación que configuran la naturaleza de dicho paradigma al que denominan *Mixed Methods Research*. Johnson y Onwuegbuzie (2004), a partir de un análisis crítico de la influencia negativa que a su juicio ha tenido la pugna entre métodos cualitativos y cuantitativos, describen detalladamente las características, potencialidades y debilidades de este enfoque frente a la investigación exclusivamente cuantitativa.

### El análisis de los ambientes de aprendizaje como aproximación conceptual en la evaluación de innovaciones educativas

Las características de este nuevo paradigma exigen una profunda redefinición del objeto de la investigación. En este sentido, el concepto de ambiente de aprendizaje (*Learning Environment*) surge como una aproximación conceptual más coherente, válida y fiable para la caracterización y evaluación de las innovaciones didácticas (Wilson, 1995; Brown y Cole, 2000). Tal como lo define Duarte (2009), un ambiente de aprendizaje es «un espacio y un tiempo en movimiento, donde los participantes desarrollan capacidades,

*competencias, habilidades y valores*». Consecuentemente, su caracterización no puede limitarse a la identificación de ciertas características básicas de carácter material (infraestructuras, recursos, etc.) o a la especificación de algunas pautas de interacción entre docentes y estudiantes, sino que debe adentrarse en aspectos ligados al desarrollo humano y afectivo, así como en la relación entre contexto y aprendizaje. Desde orientaciones constructivistas, se han definido los denominados ambientes de aprendizaje poderosos o ricos (REAL: *Rich Environments for active learning*), descritos por diferentes autores como McRobbie y otros, 1990; Grabinger y Dunlap, 1995; Dochy y otros, 2005; Gijbels y otros, 2006; Ramos y Palacios, 2007). Todos ellos coinciden al identificar los rasgos sustanciales de un enfoque constructivista del aprendizaje, tales como la adopción de contextos basados en problemas auténticos o la consideración de las preconcepciones de los estudiantes. Es notorio, no obstante, el énfasis que ponen en la promoción de la autonomía personal y los procesos mediante los que ésta es construida. Así, la negociación y la compartición de significados a través de la discusión y las diferentes formas de colaboración en contextos de aprendizaje cooperativo, así como el desarrollo de la responsabilidad del estudiante, su iniciativa, capacidad de decisión e intencionalidad del aprendizaje, son objeto de atención prioritaria.

Se han propuesto numerosos instrumentos para caracterizar los ambientes de aprendizaje. Ya en la década de los 60 se introdujeron el LEI (*Learning Environment Inventory*) y el CES (*Classroom Environment Scale*) vinculados a la experimentación de proyectos educativos como el *Harvard Project Physics* (Fraser, 1998, 2002). Generalmente, se trata de instrumentos basados en la aplicación a gran escala de cuestionarios, aunque en otros se da una concurrencia de métodos cualitativos y cuantitativos (Fraser y Tobin, 1991). En cuanto a sus objetivos, quedan claramente explícitos a través del conjunto de factores contextuales, comunicativos y culturales evaluados a través de sus escalas (Waldrup y Fisher, 1998). Así, Fraser (2007) hace referencia al QTI (*Questionnaire on Teacher Interaction*), que está orientado hacia el estudio de las relaciones de liderazgo e interacción en el aula. Desde el punto de vista de la relación entre los estudiantes y su implicación en el aprendizaje, puede citarse el WIHIC (*What Is Happening in the Class?*) y, en cuanto a ambientes de aprendizaje más específicos, como las prácticas de laboratorio, cabe citar el SLEI (*Science Laboratory Environment Inventory*), al que posteriormente nos referiremos más detalladamente. Cabe prestar una particular atención a los instrumentos cuyo objetivo es evaluar el grado en que un ambiente de aprendizaje puede considerarse de orientación constructivista. Uno de ellos es el CLES (*Constructivist Learning Environments Survey*) (Taylor, Fraser y Fisher, 1997), dirigido principalmente a evaluar la capacidad crítica y los procesos de negociación entre los estudiantes.

El SLEI (*Science Laboratory Environment Inventory*) ha sido aplicado en numerosas investigaciones con muestras muy numerosas de estudiantes (Mc Robbie, Giddings y Fraser, 1990; Hofstein, et al., 1996; Fisher et al., 1998; Hofstein, Nahum y Shore, 2001). Este instrumento está constituido por cuestionarios de carácter objetivo y en él se distinguen las siguientes escalas:

1. Cohesión entre los estudiantes, es decir, en qué medida comparten conocimientos, ayudan y son ayudados por otros.
2. Divergencia de las actividades de laboratorio o medida en que su desarrollo puede considerarse abierto.
- 3 Integración, o grado en que las actividades del laboratorio forman parte de un conjunto coherente y estructurado con el resto de actividades del curso.
4. Claridad de las reglas que determinan la organización y desarrollo de las sesiones de laboratorio.
5. Aspectos de infraestructura: adecuación de los materiales y equipos.

### Las clases de laboratorio como ambientes de aprendizaje singulares

La presente investigación pretende contribuir a la caracterización de los ambientes de aprendizaje en el laboratorio desde un punto de vista diferente, aunque complementario, al de las líneas de investigación citadas. Para ello se discutirán previamente algunas características de las clases de prácticas como ambientes de aprendizaje particularmente complejos (Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007). Esta complejidad viene determinada tanto por ciertas variables contextuales como por otras relacionadas con el alumnado y profesorado, que en los trabajos de laboratorio cobran una especial relevancia o adquieren matices específicos.

En primer lugar, puede citarse la influencia de aspectos organizativos y de infraestructura. El trabajo de laboratorio, por la utilización de material y equipos específicos, así como por la necesidad de adquirir destrezas en su manejo, requiere un esfuerzo notable en la organización y gestión de los medios materiales y en la asignación de personal, sobre todo, en la medida en que se ponga el acento en los procesos de indagación y de resolución de problemas (De Jong, 1998).

En cuanto al alumnado, cabe referirse a la actividad metacognitiva y al desarrollo de actitudes como factores que presentan cierta especificidad en el contexto del trabajo experimental. Éste posee dos características que acentúan la importancia de estos factores. Por una parte, las tomas de decisiones han de producirse necesariamente en un marco espacio-temporal muy definido, en el que procesos tales como la solución de un problema manipulativo, la reorientación de un proceso en función de los resultados obtenidos, etc., no pueden posponerse en el tiempo. Por otra parte, se trata de un contexto habitualmente colaborativo que, tal como señalan Sandi-Ureña, Cooper y Stevens (2010) promueve la actividad metacognitiva. Desde el punto de vista metodológico, la adquisición de este tipo de destrezas incide notablemente en el desarrollo de los trabajos de laboratorio en la medida en que son concebidos, de modo más o menos explícito, como resolución de problemas (Cooper, Sandi-Ureña y Stevens, 2008). Estos autores han desarrollado una metodología para la evaluación de las

destrezas cognitivas consistente en el análisis simultáneo de autoinformes y de ejercicios interactivos multimedia basados en situaciones problemáticas abiertas. El inventario de conductas que proponen es de particular interés, ya que refleja muchas de las actividades metacognitivas y de autorregulación que pueden observarse en una sesión de laboratorio y son, a la vez, una valiosa herramienta para interpretar las dificultades que surgen a la hora de transformar las tradicionales prácticas de laboratorio en procesos de indagación basados en la resolución de problemas.

El grado de motivación del alumnado como consecuencia del desarrollo de actitudes positivas hacia el trabajo de laboratorio juega un papel esencial en la creación de un ambiente de aprendizaje satisfactorio. El modo en que se desarrolla una sesión de laboratorio depende en gran medida de la calidad de relaciones interpersonales y la existencia de conductas participativas. Desde un punto de vista más general, que incluye también la influencia recíproca entre variables afectivas y cognitivas, los resultados de diferentes investigaciones destacan la importancia del autoconcepto del alumnado, tanto en relación con la percepción de su propia capacidad como también de su desempeño y el grado de implicación en las tareas (Bauer, 2005; Nieswandt, 2007). El análisis de los factores que afectan a la motivación es descrito detalladamente por Berg (2005) que parte de un marco más amplio basado de la teoría de Perry (1970) acerca del desarrollo intelectual y ético de los estudiantes, identificando comportamientos que pueden ser utilizados como indicadores de motivación.

Desde el punto de vista del profesorado, el trabajo experimental exige extender el conocimiento pedagógico del contenido a un conjunto mucho más amplio de destrezas y habilidades. En el contexto del laboratorio, la transposición didáctica va más allá de una reinterpretación del contenido disciplinar mediante nuevas conceptualizaciones, ejemplos, analogías, etc., ya que requiere la reconstrucción de procesos experimentales basados en problemas científicos y tecnológicos surgidos en su día en el contexto del trabajo puramente disciplinar como actividad de aprendizaje.

Otros aspectos particularmente críticos del trabajo en el laboratorio tienen más relación con su función en los procesos de aprendizaje, tanto por cuestiones metodológicas como por su propia finalidad (Hodson, 1994; Hofstein y Lunetta, 2003; Hofstein, 2004). Entre éstos podemos considerar:

1. La descontextualización. Desde la investigación didáctica, una crítica generalizada al enfoque habitual de los trabajos de laboratorio es su descontextualización, tanto desde el punto de vista del currículo como en relación con el medio socioeconómico y profesional (Llorens, 2007). Una de las principales consecuencias en el terreno metodológico es su ejecución como una secuencia predeterminada de operaciones transmitidas al alumnado que deben llevar necesariamente y de modo unívoco al «resultado correcto».
2. La gestión de la información. En una sesión de laboratorio confluyen multitud de aportes de información derivados del complejo, dinámico y multidireccional (profesorado-

alumnado, alumnado-recursos didácticos, alumnado entre sí, etc.), entramado de interacciones que se manifiestan en una gran variedad de situaciones comunicativas concretas. De este modo, los textos orales y escritos en que se reflejan los flujos de información existentes en el laboratorio se convierten en elementos decisivos para la caracterización de su ambiente de aprendizaje. Ejemplos de tales textos son las preguntas realizadas por los alumnos, las intervenciones del profesorado para orientar la actividad o proporcionar realimentación, los manuales de prácticas, las notas y reflexiones del cuaderno de laboratorio, etc. Al considerar los procesos comunicativos en el laboratorio puede constatar una situación muy característica y ampliamente discutida en la bibliografía, denominada *ruido* (Byrne, 1990). Éste puede considerarse consecuencia de la confluencia de flujos de información escasamente estructurada y jerarquizada (Johnstone y Letton, 1990), constituida por un elevado y heterogéneo número de aportes. En definitiva, se trata de la recepción por el alumnado de información muy diversa, de muy distinto nivel cognitivo y a veces escasamente relevante, que oculta los aspectos esenciales y el significado del trabajo que realiza (señal). Tal como señala Insausti (1997), las preguntas realizadas por los estudiantes durante el trabajo de laboratorio pueden ser una manifestación concreta de dicho *ruido*.

El diagrama de la figura 1 pretende expresar desde un punto de vista sistémico el conjunto de factores que determinan el ambiente de aprendizaje en el laboratorio, así como los flujos de comunicación que generan. A partir de este análisis, el objetivo de este trabajo es proponer, aplicar y evaluar una alternativa metodológica para caracterizar dicho ambiente de aprendizaje desde el paradigma de in-

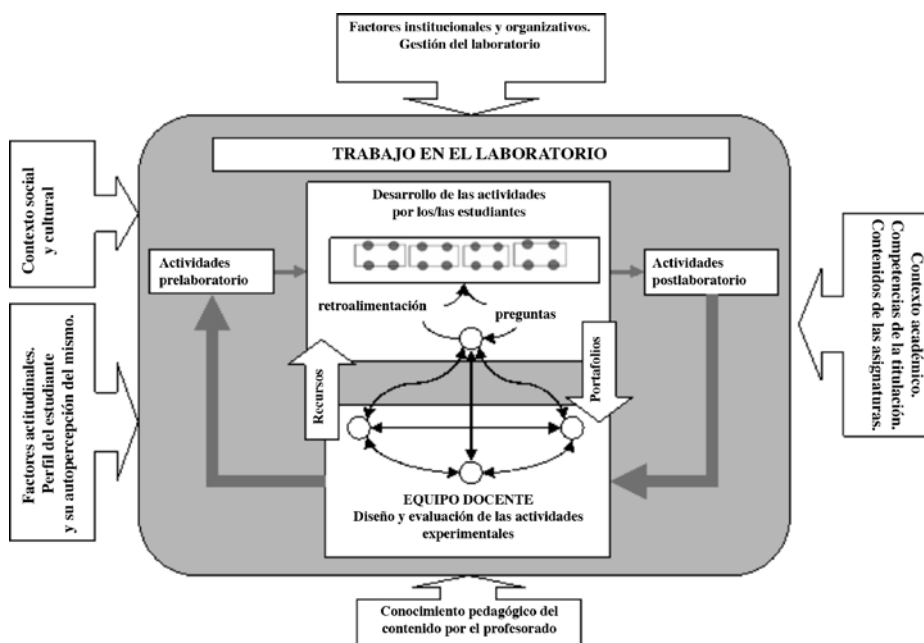
vestigación anteriormente definido y que se concreta en la aplicación de la denominada Teoría Fundamentada (Glaser y Strauss, 1967) para la caracterización de los ambientes de aprendizaje experimentales. Por otra parte, dado que muchos de los instrumentos utilizados para este fin se han basado hasta ahora en el empleo de cuestionarios, otro objetivo de la investigación es evaluar la convergencia entre los resultados obtenidos a partir de un cuestionario basado en el ya citado SLEI y los datos procedentes del método inspirado en la Teoría Fundamentada.

### HIPÓTESIS DE TRABAJO

La discusión anterior nos lleva a proponer como hipótesis de trabajo la posible discordancia entre la percepción que los estudiantes manifiestan a través de sus respuestas a cuestionarios y la información obtenida directamente en el laboratorio así como a través de las reflexiones acerca de su trabajo en el mismo. La constatación de esta discordancia justificaría la necesidad de un cambio metodológico a la hora de caracterizar el ambiente de aprendizaje. Esta hipótesis se apoya en las siguientes consideraciones:

1. La valoración por los estudiantes de los diferentes factores que configuran el ambiente de aprendizaje está condicionada por su percepción global de la asignatura y de la relación con el profesorado. En dicha percepción intervienen factores afectivos y relacionados con intereses personales, que condicionan las respuestas a los cuestionarios, sobre todo cuando son objetivos y planteados a partir de categorías predefinidas.

Figura 1  
Diagrama que expresa la complejidad de los factores contextuales que determinan el trabajo en el laboratorio y los flujos de comunicación que generan.



2. Una autopercepción satisfactoria del trabajo en el laboratorio no se corresponde necesariamente con un aprendizaje de calidad. De hecho, la contribución efectiva de las prácticas de laboratorio al aprendizaje ha sido uno de los puntos de controversia más generalizados en la literatura sobre este tema (Hofstein y Lunetta, 2004). Así, podemos afirmar, coincidiendo con las conclusiones del trabajo de Insausti (1997), que en las clases de laboratorio puede percibirse una elevada motivación, probablemente relacionada con el ambiente más distendido que en él se crea, compatible con una elevada ineficacia en cuanto al aprendizaje.

3. La triangulación entre los resultados procedentes del análisis de textos generados espontáneamente por los estudiantes (preguntas formuladas espontáneamente al profesor durante las sesiones de laboratorio y reflexiones formuladas en sus cuadernos), la evaluación de las diferentes tareas relacionadas con los trabajos de laboratorio y las respuestas a cuestionarios inspirados en el SLEI pueden proporcionarnos una formulación teórica más realista y útil, cuya finalidad sería diagnosticar: *a)* las conductas representativas del mayor o menor grado de autonomía de los estudiantes y de los factores que favorecen u obstaculizan su desarrollo y *b)* los problemas relacionados con la existencia del «ruido» al que antes nos referíamos, derivados, tanto de las deficiencias en la infraestructura y organización del laboratorio como en una inadecuada contextualización del trabajo experimental en el marco de la asignatura y del entorno social y profesional.

Una metodología que consideramos útil para la interpretación de los textos generados espontáneamente por los estudiantes es la ya citada «Teoría Fundamentada», formulada desde el campo de la sociología por Glaser y Strauss (1967) en su obra *The Discovery of Grounded Theory*. Dichos autores defendían la utilidad de las teorías sustantivas o de medio alcance, a las que se aludió ya en la introducción, para explicar un área específica de investigación, pudiendo así establecer un esquema analítico abstracto de un fenómeno que se relaciona con una situación y un contexto particulares como puede ser, en nuestro caso, un laboratorio de química. La teoría fundamentada ofrece así un método sistemático para la generación de formulaciones teóricas que se construyen en el mundo real con el objetivo de explicarlo, yendo más allá de las teorías y marcos conceptuales preconcebidos existentes.

Desde el punto de vista metodológico, la procedencia de los datos en la *Teoría Fundamentada* es tanto cuantitativa como cualitativa, aunque con el predominio de esta última por su mejor adecuación para captar los significados simbólicos que emergen en la interacción social.

## CONTEXTO Y METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN

### Contexto

El presente estudio tuvo lugar en un grupo de prácticas de laboratorio constituido por 15 estudiantes de 1.º curso de Ingeniería Técnica Agrícola, durante el 2.º cuatrimestre de la

asignatura «Fundamentos Químicos de la Ingeniería», dedicado a la introducción a la química orgánica. La asignatura fue impartida mediante dos sesiones semanales de noventa minutos consistentes en periodos de exposición y discusión relativamente breves, con actividades individuales y colaborativas. Paralelamente, se desarrollaba con carácter voluntario una actividad fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (Llorens, 2010) convenientemente coordinada con las prácticas de laboratorio, de modo que éstas constituirían un elemento de su desarrollo. Las prácticas eran realizadas por parejas a lo largo del cuatrimestre en sesiones de 2 h. Previamente a cada una se proponía una actividad prelaboratorio consistente en un test *on-line* asociado a una grabación en vídeo cuya calificación era registrada automáticamente dentro de la plataforma de docencia en red *PoliformaT* dentro del proyecto Sakai (Busquets et al., 2006) en el que se halla integrada nuestra universidad. El alumnado disponía de un manual de laboratorio que contiene, principalmente, los protocolos experimentales y las instrucciones para el manejo de los equipos, así como las actividades poslaboratorio. A lo largo del periodo de prácticas, los estudiantes confeccionaban un portafolios en el que se les solicitaba, entre otros aspectos, explicitar dudas, sugerencias, reflexiones, así como una breve síntesis de lo que creían haber aprendido en cada práctica. La evaluación final se realizaba mediante la aplicación de un conjunto de rúbricas al contenido de los cuadernos y la realización de una prueba de razonamiento experimental.

En un trabajo anterior (Llorens, 2008) ya se introdujo la aplicación del *software* Atlas.ti a un estudio de caso en un contexto muy similar, cuyo objetivo era evaluar comparativamente dos modelos de actividad prelaboratorio en cuanto a su impacto en el ambiente de aprendizaje. En dicho trabajo aparecen además numerosos ejemplos de preguntas y de los códigos asociados a ellas.

### Fuentes de información utilizadas

Los métodos de trabajo aplicados en esta investigación parten del empleo de varias fuentes complementarias de información:

1. Las preguntas formuladas espontáneamente por el alumnado durante las clases de prácticas.
2. La valoración de las actividades experimentales que el alumnado refleja en sus cuadernos.
3. La implicación en las actividades previas y la calificación obtenida en ellas.
4. El rendimiento obtenido en la prueba de razonamiento experimental.
5. Las respuestas a un cuestionario basado en *SLEI*.
6. Las encuestas institucionales realizadas a los estudiantes para la evaluación del profesorado.

Justifiquemos ahora qué aporta cada una de estas fuentes de información.

### Preguntas formuladas durante la sesión de prácticas y las valoraciones que el alumnado formula en sus cuadernos. Uso del *software* Atlas.ti.

De acuerdo con Chin y Osborne (2008), las preguntas generadas por los estudiantes representan un importante papel en un aprendizaje significativo y coherente con la metodología científica, dando lugar a una interesante línea de investigación en la que podemos apreciar dos vertientes: por una parte, su capacidad para promover el aprendizaje, analizando su influencia en el mismo (Teixeira-Dias, Pedrosa de Jesús y Watts, 1999; Harper, Etkina y Lin, 2003) y por otra, su utilidad en la caracterización de estilos y ambientes de aprendizaje (Pedrosa de Jesús, Teixeira-Dias y Watts, 2004; Pedrosa de Jesús et al. 2007).

En el laboratorio, el análisis de las preguntas de los estudiantes puede ser útil por las siguientes razones:

- Suelen ser valiosos indicadores de los problemas de comprensión derivados de un deficiente planteamiento de las actividades. En este sentido permiten evaluar los recursos didácticos diseñados como guías y orientaciones del trabajo en el laboratorio.
- Evidencian las carencias derivadas de una pobre comprensión global del significado de las tareas. Consecuentemente, dado que la autonomía, como capacidad para adoptar decisiones, está íntimamente ligada a la comprensión global del sentido y objetivos de una actividad, la naturaleza de las preguntas puede ser un buen indicador en este sentido.
- Pueden contribuir al diagnóstico de problemas de gestión y organización.
- Ponen de manifiesto la mayor o menor adecuación de las actividades previas al trabajo de laboratorio indicando si la información que proporcionan es la idónea, si es capaz de situarlo en el contexto de un problema auténtico, etc.
- Por último, también muestran en qué medida el estudiante distingue lo importante de lo accesorio. Ésta es una cuestión clave a la hora de valorar la ya citada sobrecarga conceptual y operativa (*ruido*) a que pueden estar sometidos los estudiantes en el laboratorio.

En cuanto a los cuadernos de laboratorio, su importancia es ampliamente destacada en la literatura didáctica, proponiéndose diversos enfoques para su elaboración (Byrne, 1990; Olney, 1997), sugiriendo diferentes métodos de trabajo para que su confección contribuya a mejorar las destrezas lingüísticas (Tilstra, 2001) y formulando estrategias para su adecuación a la estructura del trabajo científico (Whelan y Zare, 2003). En el modelo de cuaderno que proponemos se incluye un apartado específico en el que se solicita un análisis crítico y la opinión personal acerca del trabajo realizado en el laboratorio, tratando así de favorecer la actividad metacognitiva en la línea de otras investigaciones que incorporan la elaboración de autoinformes (Cooper, Sandi-Ureña, Stevens, 2008).

Para el análisis de los textos procedentes de ambas fuentes de información se ha aplicado un proceso de codificación basado en la ya citada Teoría Fundamentada (Charmaz, 2006) y descrito detalladamente por Casasempere (2007). Éste comienza con la anotación in situ de las preguntas directamente dirigidas al profesor, obteniendo así un informe por cada sesión. Ocasionalmente, se incorporan pequeñas explicaciones o notas al margen para contextualizar el significado de las preguntas y facilitar su posterior codificación. Del mismo modo, se extraen los fragmentos del cuaderno de laboratorio referidos al apartado de reflexiones ya citado. Ambos tipos de textos son los denominados «documentos primarios». A partir de ellos se definen las «citas», que son las unidades de significado susceptibles de codificación. A partir de ellas se lleva a cabo un primer proceso de «codificación abierta» consistente en extraer los significados más relevantes de las citas. Con estos códigos se pueden ir construyendo sucesivas redes (*networks*) en las que podemos establecer diferentes tipos de relaciones entre los códigos (asociación, causalidad, contradicción, etc.) así como establecer familias de códigos (códigos que comparten algún significado relevante) o supercódigos (códigos de mayor generalidad). El progresivo análisis de estos códigos y de sus interrelaciones permite, mediante su fusión, subdivisión o redefinición, llegar a proporcionar una lista de códigos que permita la codificación cerrada (*by list*). Las redes de códigos así obtenidas pueden servir como herramientas para el análisis de situaciones similares. Ésta ha sido la estrategia seguida en este trabajo, en la que se adoptó como punto de partida el resultado de un estudio anterior en un contexto similar (Cita propia a incorporar en caso de aceptación). En esta investigación se ha utilizado la aplicación (*CMapttools*) empleada para la confección de mapas conceptuales, como formato para mostrar las redes de códigos ya que a nuestro juicio es gráficamente más atractiva, flexible y fácil de interpretar.






## RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

El número de preguntas procesadas fue 90, obtenidas a lo largo de cuatro sesiones de laboratorio (De las siete sesiones una fue meramente introductoria y otras dos no se consideraron por consistir en demostraciones experimentales y descripción de equipos). La relación número de preguntas/número de alumnos en las cuatro sesiones estudiadas fue, respectivamente: 1,5, 1,7, 2,3 y 1,4. Los textos de dichas preguntas constituyeron el documento primario del que se extrajeron 93 citas. En el anexo 1 se representa la red obtenida tras el proceso de codificación, incorporando por razones de coherencia códigos procedentes del estudio anterior (Llorens, 2008) aunque en el actual no haya citas vinculadas a ellos. Para identificar los códigos más fuertemente interrelacionados se seleccionan los que más citas comunes comparten mediante la herramienta de búsqueda: *query tool* del Atlas.ti, que permite recuperar de manera sencilla la concurrencia entre códigos. En las redes obtenidas (anexos 1 y 2) dichas asociaciones se han representado con una línea de trazos indicando numéricamente la cantidad de citas comunes.

En cuanto a los cuadernos de laboratorio, se obtuvieron 30 textos procedentes de la totalidad del alumnado participante (Debe tenerse en cuenta que algunos estudiantes redactaron reflexiones comunes a varias prácticas), a los que se aplicó un proceso de codificación similar, cuyo resultado se muestra en el anexo 2.

Para expresar de un modo visualmente sencillo la frecuencia de los códigos (número de citas con que se hallan asociados), se ha utilizado el grosor de sus marcos en las redes conceptuales, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1  
Expresión gráfica de la frecuencia observada en los diferentes códigos.

	Preguntas (Fig. 2)	Cuadernos (Fig. 3)
	>15	>10
	15 – 10	5 – 9
	9 – 5	3 – 4
	4 – 1	1 – 2
	0	0

A la vista de los resultados obtenidos, cabe destacar la convergencia entre algunos códigos y la distinción que Pedrosa de Jesús y otros (2003) establecen entre dos tipos de preguntas; por una parte, las que implican procesos metacognitivos que permiten al estudiante controlar por sí mismo su proceso de aprendizaje, siendo un indicador de su grado de autonomía y, por otra, las de tipo operativo, relacionadas con la organización de las tareas y procesos manipulativos concretos. Asimismo, a través de las familias de códigos quedan definidas varias dimensiones en el estudio de los trabajos de laboratorio, notablemente convergentes con las escalas de *SLEI* ya enumeradas anteriormente:

1. El uso de la información y la necesaria coordinación de tareas y recursos.
2. El grado en que los trabajos de laboratorio se apoyan en la adquisición de conceptos y al mismo tiempo contribuyen a su desarrollo.
3. La metacognición, que se concreta en la reflexión sobre el significado y objetivos del trabajo.
4. Las habilidades manipulativas, tanto las específicas del laboratorio químico como aquellas que son comunes a muchas operaciones de la vida cotidiana.
5. La valoración del trabajo realizado desde el punto de vista afectivo: satisfacción y apreciación de su utilidad.
6. La relación con el contexto, tanto de la propia asignatura como del entorno social y profesional.
7. La participación y evaluación, con la capacidad de

formular sugerencias y propuestas acerca del propio desarrollo del trabajo.

8. La gestión de recursos y la aplicación de normas de seguridad.

Desde un punto de vista cuantitativo destaca la elevada incidencia de los siguientes tipos de preguntas:

- Las de índole metodológica, tanto las referidas al proceso experimental como manipulaciones concretas de laboratorio, muchas veces cotidianas.
- Las que implican solicitar información ya disponible en el contexto de la práctica.
- Las que pretenden confirmar la pertinencia o corrección de ciertas operaciones o resultados. Éstas pueden interpretarse como índice de un escaso grado de autonomía; así, muchos estudiantes conciben el hecho experimental, no como una observación que debe interpretar sino como el resultado de algo que ha de «hacer bien».
- Las que pueden relacionarse con la comprensión global del trabajo, que en algunos casos muestra ser insatisfactoria.

De las asociaciones entre códigos se desprende que gran parte de las preguntas de carácter metodológico se refieren a información que no cabe suponer previamente adquirida. Asimismo, las preguntas que muestran falta de comprensión global se hallan fuertemente asociadas a información disponible en el contexto de la práctica: actividades previas y manual de laboratorio, lo que parece reflejar un escaso trabajo personal, previo al laboratorio. Del mismo modo, son muy escasas las preguntas de carácter reflexivo o divergente. Por otra parte, también cabe valorar el «ruido» aportado a la sesión por el número relativamente elevado de preguntas relacionadas con la disponibilidad del material, su organización y normas de seguridad (principalmente, las relativas a la eliminación de residuos).

En cuanto a los cuadernos, las valoraciones de los estudiantes se caracterizan por su carácter general, con referencias globales al interés o la utilidad, pero con escasas referencias a aspectos concretos, siendo escasa la explicación de dudas.

**Otras fuentes de información**

Se confeccionó un cuestionario para valorar la opinión de los estudiantes acerca de diferentes aspectos del trabajo de laboratorio y contrastar sus resultados con el resto de la información obtenida, adoptando como referencia los formularios empleados en el *SLEI* (Fraser, Giddings y McRobbie, 1992). Dicho cuestionario y sus resultados se muestran en el anexo 3. Éstos pueden ser discutidos conjuntamente con los procedentes de la encuesta institucional aplicada para la evaluación del profesorado (Tabla 2).



Tabla 2  
Síntesis de los resultados de la encuesta institucional de opinión del alumnado.

DIMENSIÓN	PROFESOR EN LA ASIGNATURA CONSIDERADA	PROMEDIO DEPARTAMENTO
Conocimiento de la materia	9,72	8,1
Organización y planificación	9,17	7,37
Desarrollo/Metodología docente	9,03	7,14
Motivación/Interacción/Ayuda	9,72	7
Satisfacción general	10	7,85
Media global	9,48	7,45

### Valoración conjunta del cuestionario y de la encuesta de opinión

Destaca la elevada satisfacción general, consistente con los resultados de la encuesta de opinión, siendo particularmente significativa la valoración de las actividades prelaboratorio. Es llamativa la contradicción entre la percepción de autonomía (Anexo 3, h) y el hecho de que los propios estudiantes afirmen que prefieren preguntar antes que interpretar (d); esta contradicción no resulta sorprendente a la luz de lo observado en el análisis de las preguntas.

También llama la atención la elevada autopercepción de los estudiantes acerca de su comprensión de los objetivos del trabajo, así como de sus conocimientos teóricos y prácticos previos. La consideración conjunta de las tres preguntas relativas a la interacción social muestra que ésta es también percibida de un modo muy satisfactorio. En cuanto a la encuesta de opinión del alumnado, referida a la asignatura en su conjunto, no muestra contradicción con esa percepción, sino más bien la refuerza.

### Rendimiento de los estudiantes en la evaluación del trabajo de laboratorio

La tabla 3 muestra las calificaciones globales obtenidas en los diferentes aspectos evaluados y las correlaciones entre ellas.

Puede observarse una elevada congruencia entre los diferentes instrumentos de evaluación, que justifica la fiabilidad de los resultados obtenidos. Éstos no son excesivamente satisfactorios en la prueba escrita, si se tiene en cuenta que en ella se puede consultar el cuaderno de laboratorio. Los elevados coeficientes de variación reflejan una notable heterogeneidad en el grupo y, consecuentemente, la existencia de estudiantes con muy bajo rendimiento. Considerando el contexto general del curso, cabe indicar que el buen rendimiento en prácticas estuvo notablemente asociado a la calificación global del curso y muy particularmente (salvo una excepción) con la participación en la actividad voluntaria sobre resolución de problemas. Todo ello muestra que los resultados del cuestionario reflejan una sobrestimación por parte de los estudiantes acerca de sus logros.

### CONCLUSIONES

En primer lugar, las categorías o dimensiones del trabajo experimental definidas a partir de la codificación de las preguntas y textos generados por los estudiantes proporcionan un conjunto de criterios útiles para optimizar el diseño y evaluación de las prácticas de laboratorio, tal como se refleja en las figuras 1 y 2. Al mismo tiempo, muestran una notable coherencia con los elementos considerados a priori como definitorios del ambiente de aprendizaje, constituyendo así una validación experimental del modelo propuesto en los anexos 1 y 2. Consideramos, además, que estas dimensiones pueden contribuir a una mejor definición, en el contexto del laboratorio, de los ya citados *ambientes poderosos de aprendizaje*, ya que los resultados obtenidos muestran la relevancia de ciertos factores potencialmente conflictivos, relacionados con el desarrollo de comportamientos autónomos y con el *ruido* en las prácticas de laboratorio.

Tabla 3  
Calificaciones obtenidas en los diferentes aspectos del trabajo de laboratorio y correlaciones entre ellas.

	CALIFICACIÓN MEDIA	COEFICIENTE VARIACIÓN	CORRELACIÓN LINEAL Y SIGNIFICACIÓN		
			Prueba	Cuaderno	Prelab*
Prueba escrita	5,71	47,8%		0,94 P < 0,001	
Cuaderno	6,54	47,4%			0,82 P < 0,002
Prelab (test on-line)	7,50	29,9%	0,93 P < 0,001		
Nota final curso*	3,07	114,9%	0,45 P < 0,1	0,61 P < 0,05	0,59 P < 0,05

\* Actividad prelaboratorio consistente en un test de opción múltiple *on-line* asociado a una breve presentación en vídeo cuyo objetivo es contextualizar la práctica y proporcionar información acerca de procesos experimentales y normas de seguridad.

Dichos factores, a los que creemos no se les concede la suficiente atención, son:

1. La necesaria coherencia entre todos los aportes de información que recibe el alumno cuando trabaja en el laboratorio. Es necesario, por tanto, evitar contradicciones e incoherencias entre la información proporcionada a través de los manuales de prácticas y los recursos y métodos de trabajo realmente utilizados, así como con las actividades pre y poslaboratorio.

2. La claridad y accesibilidad de las normas organizativas y de seguridad, así como una eficiente organización de los recursos: material, reactivos, etc., que favorezca su localización y disponibilidad.

3. El nivel de conocimientos experimentales previos. Es sorprendente el contraste entre el enorme esfuerzo realizado en la investigación acerca de las concepciones alternativas y errores conceptuales y la escasa atención prestada a lo procedimental y manipulativo. Es llamativa, por ejemplo, la presencia significativa de preguntas acerca de operaciones que incluso pueden considerarse cotidianas, como trasvasar un producto sólido o líquido.

En cuanto a la caracterización del ambiente de aprendizaje en el contexto concreto de nuestro trabajo, los resultados no son sorprendentes si se tiene en cuenta que la investigación se enmarca en un proceso de introducción de cambios metodológicos, dentro de un contexto general en el que impera una visión del trabajo de laboratorio dirigida casi exclusivamente a la adquisición de técnicas fuera de contexto. En efecto, en el caso estudiado, es evidente que la realización de las actividades prelaboratorio, pese a su elevada valoración por los estudiantes, no es del todo satisfactoria a la hora de generar una comprensión global y generalizada de los objetivos del trabajo. Tampoco parece que la inclusión en el cuaderno de un apartado específico para la reflexión y autoevaluación haya sido excesivamente eficaz. Del mismo modo,

también es escasa la conexión con el contexto social o cultural. No obstante, si estas deficiencias son valoradas en el contexto general del curso, puede apreciarse que son consecuencia de un planteamiento metodológico incoherente, ya que esta realidad cambia ostensiblemente cuando la actividad de laboratorio se halla inmersa en una de las actividades voluntarias planteadas como resolución de problemas (Llorens, 2010). Asimismo, también pueden identificarse modos de proceder muy arraigados, como disponer previamente en bandejas el material necesario para una práctica, que son justificables en determinados enfoques de las prácticas de laboratorio, pero completamente contradictorios cuando, a través de éstas, se intenta promover un trabajo autónomo e investigativo.

En cuanto a la hipótesis de trabajo planteada inicialmente, la posible divergencia entre la información procedente del trabajo en el laboratorio y el rendimiento asociado a su trabajo, por una parte, y la percepción del alumnado acerca de su desarrollo, por otra, queda claramente confirmada en el grupo estudiado. A la vista de los datos obtenidos, podríamos pensar, incluso, que ambos tipos de información se refieren a realidades distintas, lo que nos lleva a cuestionar el empleo exclusivo de instrumentos de evaluación basados en valoraciones realizadas a posteriori por los estudiantes. Una adecuada caracterización del ambiente de aprendizaje en el laboratorio requiere, a nuestro juicio, confrontar dichas valoraciones, cuya utilidad no discutimos, con información vinculada a los propios procesos de aprendizaje. En este sentido, herramientas típicas de la investigación sociológica como la empleada pueden ser de gran utilidad. Por otra parte, y en relación con las reflexiones iniciales de este trabajo, dado que las investigaciones realizadas mediante diseños con grupos control y experimentales seguirán constituyendo una herramienta útil para la evaluación de innovaciones metodológicas, consideramos que la metodología propuesta puede contribuir a una adecuada caracterización y distinción de dichos grupos, coadyuvando a una mayor calidad en el diseño de tal tipo de investigaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER, C.F. (2005). Beyond «Student Attitudes»: Chemistry Self-Concept Inventory for Assessment of the Affective Component of Student Learning. *Journal of Chemical Education*, 82(12), pp. 1864-1870.
- BERG, C.A.R. (2005). Factors related to observed attitude change toward learning chemistry among university students. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1), pp. 1-18.
- BIDDLE, B.J. (1989). Teoría, métodos, conocimiento e investigación sobre la enseñanza, en Wittrock, M.C. *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. 1.<sup>a</sup> Ed. Paidós Educador-M.E.C. . Barcelona.
- BOND-ROBINSON, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), pp. 83-103.
- BROWN, K. y COLE, M. (2000). Socially Shared Cognition: System Design and the Organization of Collaborative Research, in *Theoretical Foundations of Learning Environments*; Jonassen, D. y Land, S. M. (eds.). Lawrence Erlbaum Associates, publishers, Mahwah, New Jersey, pp. 197-214.
- BROWN, S. (2007). Estrategias institucionales en evaluación, en Brown, S. y Glasner, A. (eds.). *Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques*, pp. 23-34. Madrid: Ed. Narcea.
- BUSQUETS, J., ROLDÁN, D., MARTÍNEZ, S. y DEL BLANCO, D. (2006). PoliformaT: Una estrategia para la formación online en la educación superior, *Virtual Educa 2006*; <<http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2006/pdf/177-DRM.pdf>>, (acceso: 28/05/2007).
- BYRNE, M.S. (1990). More effective practical work. *Education in Chemistry*, 27, pp.12-13.
- CAMPANARIO, J.M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp. 319-328.
- CASASEMPERE, A. (2007). «Curso Atlas.ti» *Inmigración y Educación. Curso de Atlas.ti* <[http://www.popdeporte.uma.es/pdf/Curso\\_ATLAS.ti\\_2008%20\\_mayo\\_.pdf](http://www.popdeporte.uma.es/pdf/Curso_ATLAS.ti_2008%20_mayo_.pdf)>, (acceso: 27/05/2008).
- CHARLESWORTH, B., DEVLIN, M., MCFADYEN y TREGLOAN, P. (2007). «ChemCal prelabs online», <<https://chemical.chemistry.unimelb.edu.au/about/uniservePrelabs.pdf>>, (acceso: 26/01/2007).
- CHARMAZ, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis*. London, UK, SAGE Publications Ltd.
- CHIN, C. y OSBORNE, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science, *Studies in Science Education*, 44(1), pp. 1-39.
- CLERMONT, C.P., KRAJCIK, J.S. y BORKO, H. (1993). The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), pp. 21-43.
- COOPER, M.M., SANDI-UREÑA, S. y STEVENS, R. (2008). Reliable multi method assessment of metacognition use in chemistry problem solving. *Chemistry Education Research and Practice*. 9, pp. 18-24.
- DE JONG, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 305-314.
- DOCHY, F., SEGERS, M., VAN DEN BOSSCHE, P. y STRUYVEN, K. (2005). Students' perceptions of a problem-based learning environments, *Learning Environments Research*, 8, pp. 41-66.
- DUARTE, J. (2009). Ambientes de aprendizaje: una aproximación conceptual, *Revista Iberoamericana de Educación*, <[www.rioei.org/deloslectores/524Duarte.PDF](http://www.rioei.org/deloslectores/524Duarte.PDF)> (acceso: 26/12/2009).
- FISHER, D., HARRISON, A. y HENDERSON, D. (1998). Laboratory Learning Environments and Practical Tasks in Senior Secondary Science Classes, *Research in Science Education*, 28(3), pp. 353-363.
- FRASER, B.J. (1998). Classroom Environment Instruments: Development, Validity and Applications, *Learning Environments Research*, 1, pp. 7-33.
- FRASER, B.J. (1998). *Science Learning Environments: Assessment, Effects and Determinants*, <<http://surveylearning.moodle.com/cles/papers/Handbook98.htm?PHPSESSID=069748ea157bd8846017f88d12358f67>> (acceso: 12/01/2009).
- FRASER, B.J. (2002). Learning Environments Research: Yesterday, Today and Tomorrow, en *Studies in Educational Learning Environments*, Swee Chiew Goh y Myint Swe Khine, Eds. Murdoch University, Australia.
- FRASER, B., GIDDINGS, G.J. y McROBBIE, C.J. (1992). The SLEI forms, en: *Assessing the Climate of Science Laboratory Classes*, Key Centre for School Science and Mathematics, Curtin University of Technology, Perth, Australia.
- FRASER, B.J. y TOBIN, K. (1991). *Combining qualitative and quantitative methods in classroom environment research*, en Fraser, B.J. y H.J. Walberg (eds). *Educational environments: Evaluation, antecedents and consequences*. London: Pergamon Press.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELASCO, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), pp. 2-6.
- GIJBELS, D., VAN DE WATERING, G., DOCHY, F. y VAN DEN BOSSCHE, P. (2006). New learning environments and constructivism: The students' perspective, *Instructional Science*, 34, pp. 213-226.
- GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A.M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, *Educación Química*, 11(2), pp. 250-257.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2004). La formación del profesorado de ciencias de secundaria y universidad. La necesaria superación de algunos mitos bloqueadores. *Educación en Química*, 15(1), pp. 43-58.
- GLASER, B. y STRAUSS, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Chicago: Aldine.

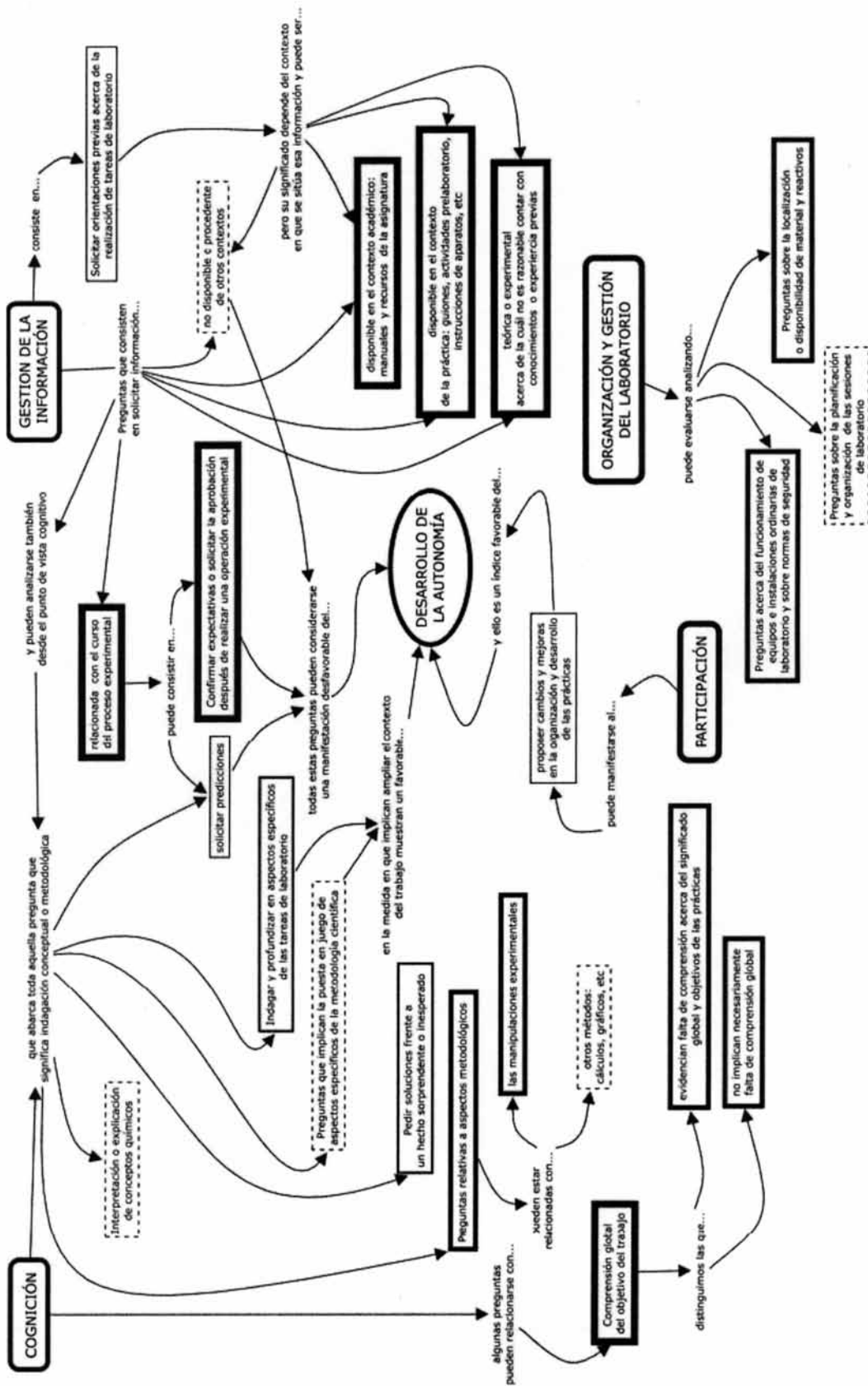
- GRABINGER, R.S. y DUNLAP, J.C. (1995). Ambientes ricos para el aprendizaje activo, en *Manual de la investigación para las comunicaciones y la tecnología educativas*. Nueva York: Jonassen.
- HARPER, K., ETKINA, E. y LIN, Y. (2003). Encouraging and Analyzing Student Questions in a Large Physics Course. Meaningful Patterns for Instructors. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, pp.776-791.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- HOFSTEIN, A. (2004). The laboratory in Chemistry Education: thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), pp. 247-264.
- HOFSTEIN, A. (1996). The Learning Environment of High School Students in Chemistry and Biology Laboratories, *Research in Science and Technological Education*, 14(1), pp. 103-116.
- HOFSTEIN, A., CARMELI, M. y SHORE, R. (2004). The Professional Development of High School Chemistry Coordinators. *Journal of Science Teacher Education*, 15(1), pp. 3-24.
- HOFSTEIN, A. y LUNETTA, V.N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, pp. 28-54.
- HOFSTEIN, A. y MAMLOOK-NAAMAN, R. (2007). The Laboratory in Science Education: the State of the Art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), pp. 105-107.
- HOFSTEIN, A., NAHUM, T.L. y SHORE, R. (2001). Assessment of the Learning Environment of Inquiry-Type Laboratories in High School Chemistry, *Learning Environments Research*, 4, pp. 193-207, 19(4), pp. 2-9.
- HOWE, K. (1988). Against the Quantitative-Qualitative Incompatibility Thesis or Dogmas Die Hard, *Educational Researcher*, 17(8), pp. 10-16.
- HOWE, K. y EISENHART, M. (1990). Standards for Qualitative (and Quantitative) Research: A Prolegomenon, *Educational Research*, 19(4), pp. 2-9.
- INSAUSTI, M.J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de química general en un primer curso de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, pp.123-130.
- JOHNSON, R.B. y ONWUEGBUZIE, A.J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come, *Educational Research*, 33(7), pp. 14-26.
- JOHNSON, R.B., ONWUEGBUZIE, A.J. y TURNER, L.A. (2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research, *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), pp. 112-133.
- JOHNSTONE, A.H. y LETTON, K.M. (1990). Investigating undergraduate laboratory work. *Education in Chemistry*, January 1990, pp. 9-13.
- LLORENS, J.A. (2007). La contextualización del trabajo de laboratorio. Una propuesta para un curso universitario de química general. *Educación Química*, 4(18), pp. 259-267.
- LLORENS, J.A. (2008). Design and Assessment of an Online Prelab Model in General Chemistry: A Case Study. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 2(4), pp. 15-31.
- LLORENS, J.A. (2010). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. *Química Nova*, 4(33), pp. 994-999.
- McROBBIE, C.J., GIDDINGS, G.J. y FRASER, B.J. (1990). Research into the Environment of Science Laboratory Classes in Australian Schools, *Research in Science Education*, 20, pp. 200-209.
- MUNNÉ, F. (1993). Pluralismo teórico y comportamiento social (I), *Psicothema*, 5(1), pp. 53-64.
- NIESWANDT, M. (2007). Student Affect and Conceptual Understanding in Learning Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), pp. 908-937.
- OLNEY, D. (1997). On Laboratory work. *Journal of Chemical Education*, 74, pp.13-43.
- ONWUEGBUZIE, A. y LEECH, N. (2005). On Becoming a Pragmatic Researcher: The importance of Combining Quantitative and Qualitative Research Methodologies, *International Journal of Social Research Methodology*, 8(5), pp. 375-387.
- PEDROSA DE JESUS, H., ALMEIDA, P., TEIXEIRA-DIAS, J.J. y WATTS, M. (2007). Where learner's questions meet modes of teaching: A study of cases. *Research in Education*, noviembre 2007.
- PEDROSA DE JESUS, H., TEIXEIRA-DIAS, J.J. y WATTS, M. (2003). Questions of Chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(8), pp. 1015-1034.
- PÉREZ GÓMEZ, A.I. (1996). Comprender la Escuela. Modelos metodológicos de investigación educativa, en Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A.I. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.
- PERRY, W.G. (1970). *Forms of Intellectual and Ethical Development*. Holt Paperbacks (Henry Holt and Company, Inc.), Nueva York.
- POU, S., AGUIRRE, L.C. y CORDERO, G. (2009). La práctica docente de profesores universitarios mediante la reflexión crítica, *Actualidades Investigativas en Educación*, 9(1), pp. 1-26.
- RAMOS, M. y PALACIOS, J. (2009). El ambiente de aprendizaje experimental basado en un problema para la enseñanza superior en Físicoquímica, <[www.epsevg.upc.edu/fdv/docs/doc300.pdf](http://www.epsevg.upc.edu/fdv/docs/doc300.pdf)>, (acceso: 26/12/2009).
- SANDI-UREÑA, S., COOPER, M.M. y STEVENS, R. (2010). Enhancement of Metacognition Use and Awareness by Means of a Collaborative Intervention. *International Journal of Science Education on line*, febrero 2010.
- SHILAND, T.W. Constructivism: The implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), p. 107.
- SHULMAN, L.S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea, en Wittrock, M.C. *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. 1.ª Ed. Paidós Educador-M.E.C. Barcelona.

- TALANQUER, V. (2004). Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), pp. 52-58.
- TAYLOR, P.C., FRASER, B.J. y FISHER, D.L. (1997). Monitoring Constructivist Classroom Learning Environments, *International Journal of Educational Research*, 7(4), pp. 293-302.
- TEIXEIRA-DIAS, J., PEDROSA DE JESÚS, M.H., NERI DE SOUZA, F. y WATTS, M. (1999). Teaching for Quality Learning Chemistry. *International Journal of Science Education*. 7(9); pp. 1.123-1.137.
- TILSTRA, L. (2001). Using Journal Articles To Teach Writing Skills for Laboratory Reports in General Chemistry, *Journal of Chemical Education*. 78(6), pp. 762-764.
- VAN DRIEL, J.H., BULTE, A.M.W. y VERLOOP, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), pp. 303-322.
- VÁZQUEZ BERNAL, B., JIMÉNEZ PÉREZ, R. y MELLADO JIMÉNEZ, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 2007, 4(3), pp. 372-393.
- VEAL, W.R. (2004). Beliefs and knowledge in chemistry teacher development. *International Journal of Science Education*, 26(3), pp. 329-351.
- WALDRIP, B.G. y FISHER, D.L. (1998). *The Development, Validation and Application of a Culturally Sensitive Learning Environment Questionnaire*. Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education <<http://www.aare.edu.au/98pap/fis98267.htm>> (acceso: 18/02/2011).
- WHELAN, R.J. y ZARE, R.N. (2003). Teaching Effective Communication in a Writing-Intensive Analytical Chemistry Course, *Journal of Chemical Education*. 80(8), pp. 904-906.
- WILSON, B.J. (1995) Why We Talk about Learning Environments? *Educational Technology*, 35(5), pp. 25-30.

[Artículo recibido en marzo de 2010 y aceptado en febrero de 2011]

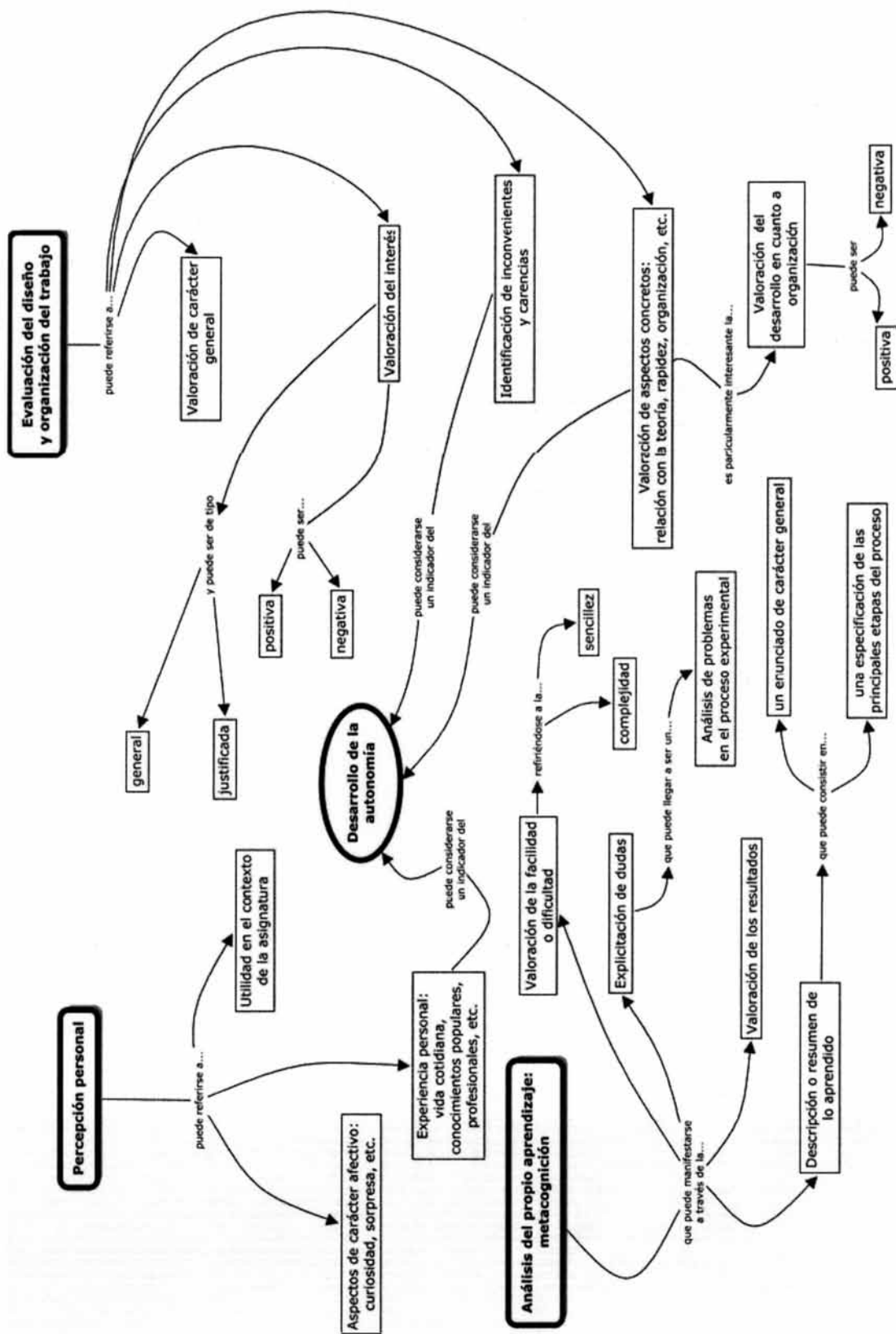
ANEXO 1

Análisis de las preguntas formuladas por los estudiantes durante las sesiones de prácticas.

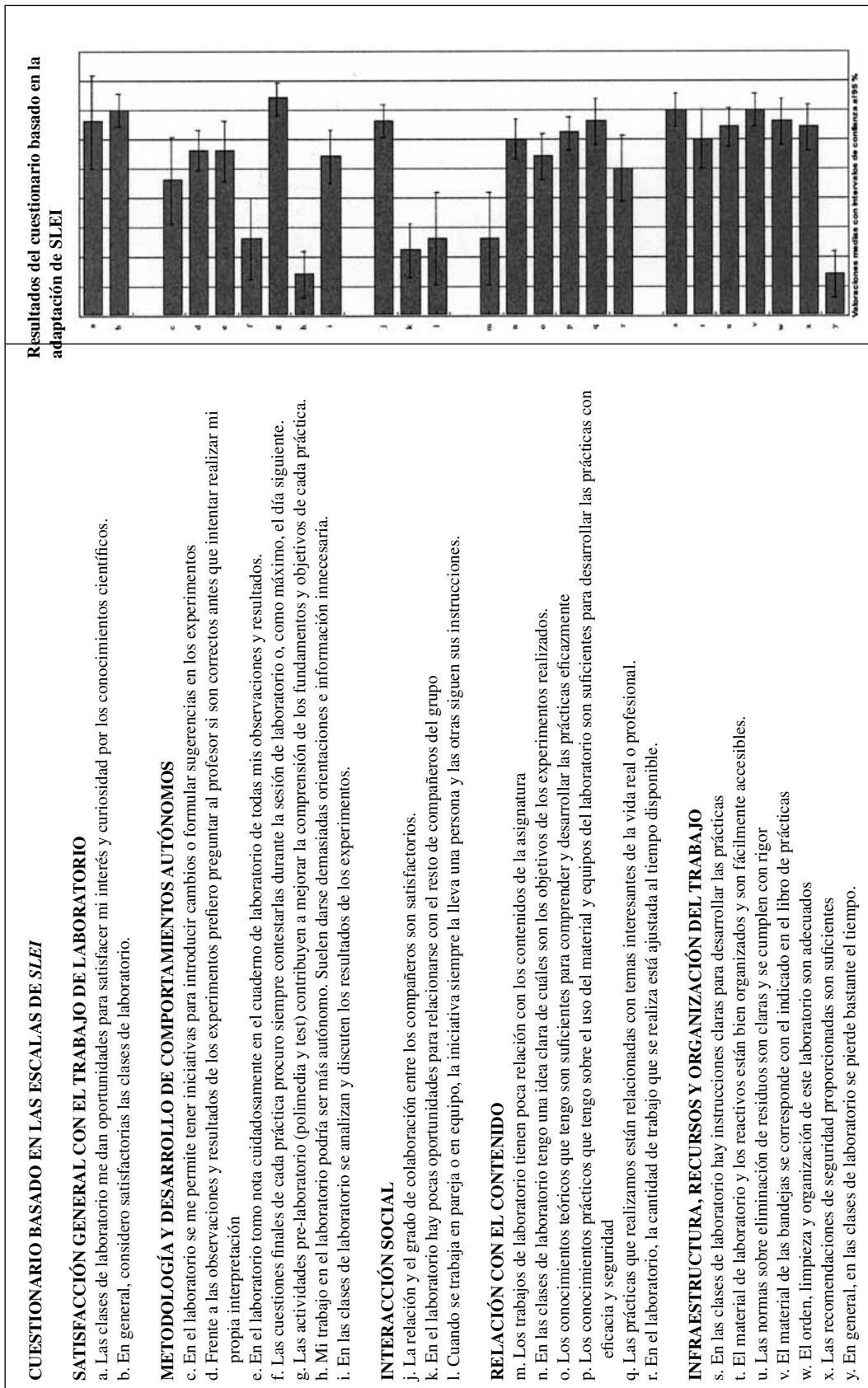


ANEXO 2

Análisis de las reflexiones efectuadas por los estudiantes en sus cuadernos de laboratorio.



Cuestionario adaptado de SLEI y resultados obtenidos en su aplicación.



**CUESTIONARIO BASADO EN LAS ESCALAS DE SLEI**

**SATISFACCIÓN GENERAL CON EL TRABAJO DE LABORATORIO**

- a. Las clases de laboratorio me dan oportunidades para satisfacer mi interés y curiosidad por los conocimientos científicos.
- b. En general, considero satisfactorias las clases de laboratorio.

**METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE COMPORTAMIENTOS AUTÓNOMOS**

- c. En el laboratorio se me permite tener iniciativas para introducir cambios o formular sugerencias en los experimentos
- d. Frente a las observaciones y resultados de los experimentos prefiero preguntar al profesor si son correctos antes que intentar realizar mi propia interpretación
- e. En el laboratorio tomo nota cuidadosamente en el cuaderno de laboratorio de todas mis observaciones y resultados.
- f. Las cuestiones finales de cada práctica procuro siempre contestarlas durante la sesión de laboratorio o, como máximo, el día siguiente.
- g. Las actividades pre-laboratorio (polimedia y test) contribuyen a mejorar la comprensión de los fundamentos y objetivos de cada práctica.
- h. Mi trabajo en el laboratorio podría ser más autónomo. Suelen darse demasiadas orientaciones e información innecesaria.
- i. En las clases de laboratorio se analizan y discuten los resultados de los experimentos.

**INTERACCIÓN SOCIAL**

- j. La relación y el grado de colaboración entre los compañeros son satisfactorios.
- k. En el laboratorio hay pocas oportunidades para relacionarse con el resto de compañeros del grupo
- l. Cuando se trabaja en pareja o en equipo, la iniciativa siempre la lleva una persona y las otras siguen sus instrucciones.

**RELACIÓN CON EL CONTENIDO**

- m. Los trabajos de laboratorio tienen poca relación con los contenidos de la asignatura
- n. En las clases de laboratorio tengo una idea clara de cuáles son los objetivos de los experimentos realizados.
- o. Los conocimientos teóricos que tengo son suficientes para comprender y desarrollar las prácticas eficazmente
- p. Los conocimientos prácticos que tengo sobre el uso del material y equipos de laboratorio son suficientes para desarrollar las prácticas con eficacia y seguridad
- q. Las prácticas que realizamos están relacionadas con temas interesantes de la vida real o profesional.
- r. En el laboratorio, la cantidad de trabajo que se realiza está ajustada al tiempo disponible.

**INFRAESTRUCTURA, RECURSOS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

- s. En las clases de laboratorio hay instrucciones claras para desarrollar las prácticas
- t. El material de laboratorio y los reactivos están bien organizados y son fácilmente accesibles.
- u. Las normas sobre eliminación de residuos son claras y se cumplen con rigor
- v. El material de las bandejas se corresponde con el indicado en el libro de prácticas
- w. El orden, limpieza y organización de este laboratorio son adecuados
- x. Las recomendaciones de seguridad proporcionadas son suficientes
- y. En general, en las clases de laboratorio se pierde bastante el tiempo.



## Characterization of the learning environment in a general chemistry laboratory through social research methods

LLORENS-MOLINA, JUAN ANTONIO<sup>1</sup>, LLORENS DE JAIME, JESÚS M.<sup>2</sup> y SANZ BERZOSA, ISIDORA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> E.T.S. Ingeniería Agronómica i del Medi Natural. Universitat Politècnica de València

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Complutense de Madrid

juallom2@qim.upv.es

jmllorens@estumail.ucm.es

isanz@qim.upv.es

rosamaria.pujol@uab.cat

### Summary

The transference process from educational research to classroom practice faces up to several hindrances. Among them, all those related with the educational research goals, methods and capacity to promote teachers' professional development should be enhanced. This can be considered in whole as a progressively raising of awareness regarding the complexity of educational process.

The starting point of this paper is the ascertainment that educational research should achieve two main goals: first, to be able to propose theoretical formulations which would be useful for everyday classroom activity, i.e.: developing and strengthening pedagogical content knowledge; second, to involve teachers in a reflective process about their own practice.

In order to put this kind of research into practice, a new emergent paradigm should be considered. It is focused on the nature of the problem and the type of theoretical formulations which we want to achieve, beyond the distinction between qualitative and quantitative research methods. Moreover, this paradigm involves the consideration of the contextual factors affecting the educational process. This brings the need to consider the Learning Environment as the central concept in educational research designs.

To take the Learning Environment as a research object is particularly relevant regarding laboratory work, since it involves a wide and varied set of competences, not only of conceptual or methodological nature, but also those related with cooperative work, task planning and organization, etc., which are strongly linked to affective and motivational issues. Likewise, several contextual issues concerning suitability of written materials, glassware and reagents availability, safety rules, waste disposals, etc., must be considered. This complexity accounts for several typical troubles:

- a) The occurrence of an information flow complex network, much of which is irrelevant and poorly structured hiding the meaning and goals of the work carried out.
- b) Sometimes, laboratory tasks are developed out of context regarding the whole learning sequence of subject-matter content usually ends up being the application of a recipe, with a low cognitive level.
- c) From the teachers' competences point of view, laboratory work involves a more extensive view concerning the pedagogical content knowledge since it requires a large amount of experimental knowledge and several skills related to teamwork management, such as planning and organization of sessions, etc.

With regard to Laboratory Learning Environments (LLEs), a well known approach is the SLEI (Science Laboratory Environment Inventory), which consists of questionnaires whose scales are focused on the students' opinions about the main aspects of laboratory tasks. Our starting hypothesis is the insufficiency of these to characterize LLEs and the need of a more naturalistic approach based on the «Mixed Methods Learning» paradigm. From this theoretical background, the purposes of our research are:

- a) To make an assessment tool to characterize LLEs deficiencies and «noise» sources, comparing their results to the ones from a SLEI inspired questionnaire and several data about academic performance.
- b) To identify characteristics of the students' behavior in experimental tasks as a first approach to laboratory learning styles.
- c) To apply this tool in our educational context, pointing out deficiencies to provide a suitable feed-back.

From the methodological point of view, the spontaneous students' generated questions and self-reports from laboratory portfolios have been chosen as a reliable source of information. To process it, a qualitative research design based on the Grounded Theory has been carried out. This design has been applied by means of the software ATLAS.ti. Taking into account several previous case studies, a reference framework to characterize LLEs has been made. Its central points are: the cognitive demand of activities, the involved autonomous behaviour, the nature of the information asked for and the infrastructure and organizational issues. These points are strongly related with the SLEI categories. For this reason, a triangulation method based on both kinds of research tools may give a detailed and reliable approach to Laboratory Learning environments.

Several conclusions may be pointed out from the application of these tools in our educational context: a) Great deficiencies have been found in basic manipulative skills, even those belonging to everyday life, which can not be considered learning prerequisites. b) Several contextual factors can be identified as strong noise sources, firstly, the greater or lower coherence among the different information inputs from laboratory textbooks, teacher guidelines, prelab activities, etc., secondly, the issues related to organization and infrastructure. c) When all these results are compared to the ones from questionnaires, a great divergence between these two information sources are found. This leads us to claim for a more extended application of qualitative and interpretative methods to Social Sciences in learning environment research.

