

Congreso Iberoamericano de Educación

METAS 2021

Un congreso para que pensemos entre todos la educación que queremos
Buenos Aires, República Argentina. 13, 14 y 15 de septiembre de 2010

ESPACIO IBEROAMERICANO DEL CONOCIMIENTO

La bioquímica: ¿una disciplina? Implicaciones del análisis epistemológico en los trabajos prácticos para su enseñanza

Rozo González Edward Fernney;
Valbuena Ussa Édgar Orlay¹

¹ Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional. edwardrozo@gmail.com, edgarorlay@hotmail.com

Problema

Considerando que los documentos estudiados hacen referencia a investigaciones desarrolladas en relación con los trabajos prácticos, entre estos las prácticas de laboratorio y sus principales tendencias son la innovación, la reflexión acerca del objeto del trabajo práctico, los aspectos metodológicos, la tendencia a formar para la investigación. Se encontró que en el objeto de estudio no abordan investigaciones que problematicen la estructuración de las guías de laboratorio herramienta didáctica de comunicación y tal vez de construcción de significados entre el profesor y los estudiantes durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio. La guía de laboratorio se constituye entonces en una fuente importante de estudio a través de la cual se identifiquen algunos elementos que contribuyan a reflexionar acerca de la formación de futuros profesores de ciencias.

Otro aspecto a considerar es la Bioquímica como campo de conocimiento que se imparte como asignatura en los programas de formación de futuros profesores y de la cual resulta escaso el estudio al respecto de la estructura disciplinar.

Con lo anterior consideramos relevante el planteamiento de cuestionamientos relacionados con *¿Cuáles son las características de la Bioquímica que se enseñan a futuros profesores de ciencias mediante las prácticas de laboratorio, analizadas a través de la guía de laboratorio?, ¿Cuáles son y cómo se han organizado los contenidos de la bioquímica? y ¿Cómo se produce el conocimiento bioquímico?*

Para el análisis de las guías de laboratorio de Bioquímica se puede evidenciar la importancia que representa el conocimiento de la estructura sintáctica y sustantiva de la bioquímica y el conocimiento que tenga el profesor acerca de esto. Lo anterior resulta relevante en la estructuración de los contenidos de enseñanza, así como de las actividades por desarrollar en el aula. Consideramos que para el caso de las prácticas de laboratorio, los referentes epistemológicos sobre las Ciencias y en este caso particular, sobre la Bioquímica inciden por ejemplo en el enfoque de los procedimientos, en el planteamiento de las preguntas y en los propósitos, así como en las relaciones entre la teoría y la práctica. En este sentido, para efectos de la caracterización de las guías de laboratorio no basta con identificar el rigor y coherencia de los aspectos teóricos y procedimentales, sino además analizar los referentes epistemológicos que existen detrás de la estructuración de dichas guías. Al respecto, resultan pertinentes cuestionamientos como: *¿qué importancia representa el análisis epistemológico de la Bioquímica en la estructuración de materiales de enseñanza como las guías de laboratorio?, ¿cómo analizar los referentes epistemológicos de la Bioquímica implícitos o explícitos en materiales curriculares como las guías de laboratorio?, cuando se planifican materiales de enseñanza de la Bioquímica, ¿se tienen en cuenta aspectos relativos a la estructura sustantiva y sintáctica de este campo del conocimiento?*

Antecedentes

De la búsqueda realizada se estudiaron artículos relacionados con los Trabajos Prácticos en los que identificamos entre sus principales tendencias como: La innovación, García, S et al (1997), González, E (1992); el desarrollo de habilidades de observación BÍlim, E, et al, (2009); tipos de trabajo práctico, Álvarez, (2007) y Jiménez, et al (2006), propuesta de un sistema de categorías, Puentes, M, (2008); contenidos, Contreras, P, (2009), Insuasti, et al, (2000), De Pro Bueno, (1998), Del Carmen, L, (1996); características de los trabajos prácticos Dourado, (2006); aspectos metodológicos, Baldaia, (2006), Álvarez y Carlino, (2004), De Cudmani, et al (2000), Izquierdo, et al (1999), Díaz, J y Jiménez, M (1997); aspectos sintácticos de la guía de laboratorio, González, M, et al, (2005); aspectos metodológicos y naturaleza, Avi, H y Lunnetta, V, (2003), García, et al (2003), Reigosa y Jiménez, (2000), Insuasti, M (1997), Barberá, O y Valdés, P (1996), Gil, D y Valdés, P (1996), Tamir, P, (1989), Kirschner & Meester (1988), Liras, M, (1985), Comin, P. (1984); relación teoría-práctica, Serè, (2002), Rodrigo, et al (1999); clasificación de los trabajos prácticos, Caamaño A, (2001), Del Carmen, (1998), Gallet, C (1998); enfoque y formación de futuros profesores; García, B, et al (1998), Contreras, P, (2009); experimentos, De Jong, O, (1996), desarrollo de habilidades, García, S, et al, (1995), finalidades, Hodson, D (1994) y Miguens, M y Garrett, R, (1991), de los cuales, tres de ellos hacen parte de los antecedentes de la investigación atendiendo a criterios como son: Trabajos prácticos de laboratorio y Aspectos relacionados con las categorías de análisis de la guía de laboratorio. Del primer artículo Liras, M, (1985), se toma los elementos metodológicos de la experiencia realizada con estudiantes de Medicina, primer ciclo en la asignatura de Enzimología que corresponde a la Bioquímica. El segundo, González, M, et al, (2005), que presenta un sistema de categorías para el análisis de la "forma" de las guías de laboratorio de Química y el tercero, Puentes, M, (2008) que presenta un estudio del arte acerca de las categorías que presentan los trabajos prácticos, de lo cual realiza una propuesta de categorías para el estudio de los trabajos prácticos en Biología. En la tabla 1. Se pueden observar algunos aspectos relacionados con el desarrollo de cada estudio.

Metodología

Para este estudio, abordamos una investigación de tipo cualitativo teniendo en cuenta el planteamiento de Cerda (2005), puede ser descrita en relación con sus características propias, como lo es la interpretación que se da a los fenómenos que no pueden ser explicados totalmente desde la estadística o la matemática, en este caso se utiliza preferentemente el análisis documental. Para nuestra investigación, el análisis documental resulta de gran importancia, ya que nos permite conocer y analizar no solo las generalidades del Trabajo Práctico, sino cómo los referentes de éste han ido cambiando de acuerdo con las diferentes visiones que se tienen de la Ciencia, de la enseñanza y del aprendizaje mismo.

En relación con estos cuestionamientos y mediante el sistema de categorías propuesto (Tabla 1) se abordó el estudio de las guías de laboratorio utilizadas en Bioquímica.

CATEGORÍAS	CATEGORÍAS ESPECÍFICAS	
1. CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO	1.1	Naturaleza
	1.2	Finalidades
	1.3	Aspectos Metodológicos
	1.4	Evaluación
2. CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO DISCIPLINAR	2.1	Estructura sustantiva
	2.2	Estructura sintáctica
	2.3	Estructura organizativa

Tabla 1. Categorías establecidas para el estudio de la caracterización de las Guías de Laboratorio utilizadas en la formación de futuros profesores de Ciencias.

En el desarrollo de la investigación otras categorías han emergido, las cuales hacen parte de los resultados, en los que se reflexiona acerca algunos niveles y categorías de análisis que son productos de este estudio. A continuación presentamos cada una de las categorías y las subcategorías de la investigación

Categoría 1. CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO

De acuerdo con Shulman, (1986, 1987) el Conocimiento Didáctico del Contenido como categoría de conocimiento involucra los saberes que le permiten al profesor **hacer enseñable el contenido**, lo cual se realiza mediante diversas formas de representación, algunas de ellas como: Analogías, demostraciones, ilustraciones, ejemplos, ejercicios, para el presente estudio: experimentos, actividades que involucren práctica-teoría, explicaciones, demostraciones, entre otras; de manera que se pueda representar y formular la materia para hacerla comprensible a otros y teniendo en cuenta que los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias muestran elementos del conocimiento didáctico del contenido, le hemos tomamos como categoría de estudio.

Categoría 2: EL CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO DISCIPLINAR

Además las relaciones entre el conocimiento de los contenidos y los conocimientos pedagógicos dentro de una comprensión acerca de cómo temas particulares, problemas o situaciones son organizadas, representadas o adaptadas para la enseñanza. Esta relación sugiere que para enseñar, el profesor requiere transformar lo comprendido de determinado cuerpo de conocimientos de una disciplina; esta capacidad reposa en el conocimiento profundo, flexible y cualificado del Conocimiento del Contenido Disciplinar. En esta categoría de estudio se tiene como referente a Schwab, (1973) y sus planteamientos acerca de la estructura de las disciplinas (Sustantiva, sintáctica y organizativa).

Resultados

En la revisión realizada, identificamos los principales hitos que han incidido en la consolidación de la Bioquímica como campo de conocimiento producto de la interacción histórica existente entre la bioquímica y otras ciencias biológicas, como son:

- Desde la química fisiológica: Félix Hoppe-Seyler en Tubinga desde 1861 y en Estrasburgo desde 1872; uno de los fundadores de la química fisiológica y Franz Hofmeister en Praga desde 1883 y de 1896 hasta 1918 en Estrasburgo.
- Desde la enzimología: A partir de los estudios realizados por Emil Fischer entre otros.
- Desde la neurofisiología: Con descubrimientos acerca de la composición y los mecanismos de acción de las vitaminas y hormonas.
- Como también los progresos tecnológicos y metodológicos a partir de la teoría de las partículas elementales de la materia y
- Los estudios desarrollados desde la genética y los errores del metabolismo, realizados por E. Archivald Garrod.
- Lo anterior demarca gran importancia ya que el desarrollo y aporte han sido mutuos, si bien es cierto que otras ciencias han contribuido al desarrollo de la Bioquímica, es también relevante conocer que esta ha impulsado de manera considerable el desarrollo y avance de las demás ciencias y disciplinas, particularmente las biomédicas. De igual manera, identificamos algunos conceptos que consideramos únicos de la producción del conocimiento bioquímico a través de las relaciones que establece con otras ciencias. Estos son:
 - Las relaciones existentes entre el metabolismo, las bases moleculares y las enfermedades, las enzimas como biocatalizadores y procesos de regulación.
 - La investigación bioquímica para la regulación metabólica del organismo y la comprensión de las causas moleculares de numerosas enfermedades.
 - El desarrollo de técnicas diagnósticas de laboratorio y el empleo de medicamentos en el tratamiento de determinadas afecciones son ejemplos de la aplicación directa de esta ciencia a la práctica médica.

Teniendo presente que esta investigación se ubica en el marco referencial del Conocimiento Profesional del Profesor (en adelante CPP), relacionamos la estructuración de guías de Laboratorio para la enseñanza de la Bioquímica en la formación inicial de futuros profesores de ciencias, con la caracterización del conocimiento disciplinar bioquímico. Para ello, acogemos el modelo propuesto por Schwab (1978), el cual ha sido reconocido por investigadores del CPP como Grossman (1990).

En dicho enfoque se destacan los siguientes elementos del conocimiento disciplinar: La estructura sustantiva y la estructura sintáctica.

En relación con las categorías

1. Conocimiento Didáctico del Contenido

CATEGORÍA	CATEGORÍA ESPECÍFICA	GUÍA DE LABORATORIO DE BIOQUÍMICA N°1
1. CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO	1.1. NATURALEZA (Clases de Tp y Relación Teoría-Práctica)	Aplicación de técnicas AB1,8 Técnica Prueba de Molisch para identificar carbohidratos AB1,10 Técnica Reconocimiento de polisacáridos AB1,15 Técnica para reconocimiento de ácidos nucleicos Relaciones AB1,25 Relación prácticoteoría Relación práctica teoría Consulta y análisis Relación teoría-práctica y cotidianidad
	1.2. FINALIDADES (objetivos planteados en ce de práctica de laboratorio)	Desarrollo de habilidades AB1,20 Preparación de las muestras AB1,21 Reconocimiento de proteínas (Aplicación de la técnica) AB1,22 Reconocimiento de carbohidratos (Aplicación de la técnica) AB1,23 Solubilidad de las lípidos AB1,24 Reconocimiento de ácidos nucleicos
	1.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	AB1,1 Muestra de origen vegetal y animal Técnica: Pruebas cualitativas AB1,8 Técnica AB1,10 Técnica AB1,15 Técnica AB1,16 Reactivos: Se presenta un listado de los reactivos que se utilizarán en el protocolo AB1,17 Materiales AB1,18 Material biológico Hígado fresco, papa, leche, manteca, aceite de cocina, algodón, papel. AB1,19 Procedimiento (Tabla de datos, soluciones control) AB1,20 Preparación de las muestras AB1,21 Reconocimiento de proteínas (Aplicación de la técnica) AB1,22 Reconocimiento de carbohidratos (Aplicación de la técnica) AB1,23 Solubilidad de las lípidos AB1,24 Reconocimiento de ácidos nucleicos
	1.4. EVALUACIÓN	AB1,25 Relación prácticoteoría Relación práctica teoría Consulta y análisis Relación teoría-práctica y cotidianidad

Tabla 1. Categorías CDC y categorías específicas

La **Naturaleza** del trabajo práctico de laboratorio a través de la guía de laboratorio determina características sobre el tipo de trabajo práctico y la relación Teoría-Práctica.

La aplicación de técnicas instrumentales para el reconocimiento e identificación de biomoléculas como carbohidratos, polisacáridos, ácidos nucleicos

(AB1,8) "Técnica Prueba de Molisch para identificar carbohidratos"
 (AB1,10) "El reconocimiento y diferenciación de estos polisacáridos puede realizarse por la reacción con yodo, el cual puede enlazarse con la cadena ramificada dando con el almidón una coloración azul intenso y el glucógeno con algo más de yodo produce un color café rojizo"
 (AB1,15) "El reconocimiento de los ácidos nucleicos puede realizarse con el reactivo de difenilamina, que en condiciones ácidas forma un compuesto de color azul con el ADN y verde con el ARN"

y las relaciones que se presentan en el desarrollo de la práctica son de orden: práctica - teoría

(AB1,25) “Según los resultados deducir cuáles de las muestras contienen: Proteínas, carbohidratos, (polisacáridos) y ácidos nucleicos”

en la que a partir de la práctica se relaciona información teórica; análisis y consulta de verificación y/o contratación,

(AB1,25) En un cuadro resumir las funciones de las proteínas consultando ejemplos de cada actividad encontrada

Así también se presentan actividades que relacionan la práctica con la teoría y relaciona con la cotidianidad.

(AB1,25) Consultar el grado de solubilidad de los lípidos de consumo frecuente en la dieta alimenticia humana

Las **Finalidades** además de ser planteadas como objetivos de la práctica de laboratorio:

(AB1, 1) “Reconocer la presencia de carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos en diferentes tipos de muestras de origen animal y vegetal, utilizando pruebas cualitativas específicas.

Verificar la solubilidad de los lípidos en solventes orgánicos.

Analizar los resultados obtenidos en cada una de las pruebas.”

Se evidencian luego durante el desarrollo del protocolo:

(AB1,20) Preparación de las muestras

(AB1,21) Reconocimiento de proteínas (Aplicación de la técnica)

(AB1,22) Reconocimiento de carbohidratos (Aplicación de la técnica)

(AB1,2) Solubilidad de los lípidos (Comprobación)

(AB1,24) Reconocimiento de ácidos nucleicos

Acerca de los **aspectos metodológicos**, se plantean como formas de proceder al enseñar la Bioquímica desde un **enfoque expositivo** se plantean procesos algorítmicos a través de los cuales los estudiantes comprueban o corroboran aquellos datos que han sido expuestos por su profesor, a partir de lo que plantea el profesor, los estudiantes desarrollan algunas habilidades en el manejo y/o manipulación de materiales y técnicas de campo o de laboratorio.

Como también presenta elementos del **enfoque del aprendizaje por investigación**, asumiendo que se debe producir no solo un cambio conceptual, sino también actitudinal y metodológico, y para esto el aprendizaje de las Ciencias debe procurar el acercamiento del estudiante al Trabajo científico. El Trabajo Práctico cobra gran importancia y trata de situar al estudiante en un contexto similar al de un científico, bajo guía del docente, quien acompaña el proceso y en determinado caso puede tomar parte en su planteamiento, preparación, realización, análisis y socialización.

(AB1, 1) Muestra de origen vegetal y animal Técnica: Pruebas cualitativas

(AB1,8)Técnica

(AB1, 10) Técnica

(AB1, 13) Técnica

(AB1, 16) Reactivos: Se presenta un listado de los reactivos que se utilizaran en el protocolo

(AB1, 17) Materiales

(AB1,18) *Material biológico* Hígado fresco, papa, leche, mantequilla, aceite de cocina, algodón, papel.

Contenidos:

(AB1,2) *Biomoléculas ADN*

(AB1,3) *El agua*

(AB1,4) *Biomoléculas, proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos.*

(AB1,5) y (AB1,6) *Proteínas*

(AB1,7) *Carbohidratos* AB1,9 *Polímeros: La celulosa, el almidón- enlace y estructura* AB1,11

Biomoléculas: los lípidos fuente de de reserva de energía, reguladores de funciones celulares y moléculas de señales químicas.

(AB1,12) *Lípidos: Grasas o triglicéridos, fosfolípidos y esteroides*

(AB1,13) *Los ácidos nucleicos*

(AB1,19) *Procedimiento (Tabla de datos, soluciones control)*

(AB1,20) *Preparación de las muestras*

(AB1,21) *Reconocimiento de proteínas (Aplicación de las técnica)*

(AB1,22) *Reconocimiento de carbohidratos (Aplicación de la técnica)*

(AB1,23) *Solubilidad de los lípidos*

AB1,24 *Reconocimiento de ácidos nucleicos*

En relación con **la evaluación** de dónde se pueden analizar las formas, instrumentos, finalidades, actores y momentos en que se evalúan los Trabajos Prácticos, para esto se toma como referente los postulados de Banet (2000), Geli (1995), García y Martínez (2003) y Campanario (1998). Dentro de estas propuestas para la evaluación hay que destacar los planteamientos hechos por Geli (1995) y retomados por Campanario (1998), quien plantea tres aspectos importantes a tener en cuenta en la evaluación:

(AB1,25) *Según los resultados deducir cuáles de las muestras contienen: Proteínas, carbohidratos, (polisacáridos) y ácidos nucleicos.*

En un cuadro resumir las funciones de las proteínas consultando ejemplos de cada actividad encontrada.

Consultar el grado de solubilidad de los lípidos de consumo frecuente en la dieta alimenticia humana.

- La búsqueda de una respuesta a un problema o cuestión, aclarando que dependiendo del enfoque esta respuesta puede ser una confirmación de lo que plantea la teoría.
- Que los alumnos realicen las manipulaciones necesarias para resolver la pregunta o problema.
- Los alumnos utilizan procesos intelectuales de distintos niveles dependiendo del tipo de trabajo que se proponga y del enfoque desde el cual se haga.
- Teniendo en cuenta estos planteamientos, se puede pensar en que existen diferentes tipos de evaluación del Trabajo Práctico y diversos instrumentos o herramientas que permitan realizar este proceso evaluativo.

Con respecto a la categoría 2: Conocimiento del Contenido Disciplinar

La estructura sustantiva

Los contenidos que constituyen la bioquímica son las biomoléculas, esta categoría específica consiste en las **características** y el **objeto de estudio** de la bioquímica

AB1,14
Relación con la historia
Relaciones
AB1,25 *Relación práctica-teoría*
Relación práctica teoría
Consulta y análisis

Entre las características de la Bioquímica están los contenidos de estudio:

Contenidos
(AB1,1) *Carbohidratos*
(AB1,2) *Biomoléculas ADN*
(AB1,3) *El agua*
(AB1,4) *Biomoléculas, proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos.*
(AB1,5) *Proteínas*
(AB1,6) *Proteínas*
(AB1,7) *Carbohidratos AB1,9 Polímeros: La celulosa, el almidón-enlace y estructura*
(AB1,11) *Biomoléculas: los lípidos fuente de de reserva de energía, reguladores de funciones celulares y moléculas de señales químicas.*
(AB1,12) *Lípidos: Grasas o triglicéridos, fosfolípidos y esteroides*
(AB1,13) *Los ácidos nucleicos*
(AB1,14) *Ácidos nucleicos estructura*

Y el objeto de estudio la identificación en muestras de material biológico de cada clase de biomoléculas.

Así en **la estructura sintáctica**, se identifican algunos de los procedimientos de análisis cualitativo en muestras biológicas, se identifican los componentes de dicho material objeto de estudio de la bioquímica.

(AB1,1) *Muestra de origen vegetal y animal Técnica: Pruebas cualitativas*
(AB1,8) *Técnica*
(AB1,10) *Técnica*
(AB1,13) *Técnica*
(AB1,16) *Reactivos: Previo al protocolo: Se presenta un listado de los reactivos que se utilizarán.*
(AB1,17) *Materiales: Previo al protocolo: Se presenta previo al protocolo un listado de materiales que se utilizarán.*
(AB1,18) *Material biológico Hígado fresco, papa, leche, mantequilla, aceite de cocina, algodón, papel.*
(AB1,19) *Procedimiento (Tabla de datos, soluciones control)*
(AB1,20) *Preparación de las muestras*
(AB1,21) *Reconocimiento de proteínas (Aplicación de la técnica)*
(AB1,22) *Reconocimiento de carbohidratos (Aplicación de la técnica)*
(AB1,23) *Solubilidad de los lípidos*
(AB1,24) *Reconocimiento de ácidos nucleicos*

La estructura organizativa

En esta categoría específica tiene elementos que especifican relaciones hacia el interior de la bioquímica:

(AB1,25) [Relación con la historia]” Según los resultados deducir cuáles de las muestras contienen: Proteínas, carbohidratos, (polisacáridos) y ácidos nucleicos.

2. En un cuadro resumir las funciones de las proteínas consultando ejemplos de cada actividad encontrada.

3. Consultar el grado de solubilidad de los lípidos de consumo frecuente en la dieta alimenticia humana”

y otros hacia fuera, con otras ciencias.

(AB1,14) [Relación con la historia]”En un principio se pensaba que el ARN se encontraba sólo en el citoplasma, y el ADN en el núcleo, pero ya no se puede establecer esta distinción, pues el ARN también se encuentra en el núcleo y el ADN en algunos organelos como mitocondrias y cloroplastos”

Discusión y proyecciones

Con respecto a la formación de futuros profesores el conocimiento de estas estructuras a nivel disciplinar, puede generar mayor asertividad al incorporar este aspecto en práctica docente, a partir de los sus currículos de la materia que enseñan. Así, por ejemplo, en las clases teóricas y/o prácticas, se pueden incluir discusiones y actividades dirigidas a reflexionar en aspectos relacionados de los contenidos tratados, las técnicas utilizadas en el laboratorio, la forma de abordar y resolver problemas, el fundamento de la práctica, su importancia y acerca de la investigación

La especialidad de un no licenciado en una disciplina académica no garantiza necesariamente el conocimiento sintáctico. Sin embargo puede ser que muchos licenciados durante su formación académica, didáctica y pedagógica no adquieran conocimiento sintáctico de la disciplina que enseñarán.

Otra forma de aprender acerca de las estructuras de la disciplina, es cuando el estudiante se mueve tras el aprendizaje de la historia, por ejemplo para hacer historia para sí mismo, en el aprendizaje de sus propias investigaciones, científica , histórica, matemática, literaria, bioquímica u otra, se aprenden diferencias entre la evidencia que es aceptable y la inaceptable, suficiente e insuficiente, lo que se verá notablemente reflejado en la acción didáctica a diferencia de los que no tienen la suerte de adquirir este conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

BANET, Enrique. La Enseñanza y El Aprendizaje Del Conocimiento Biológico... En: Perales, F y Cañal, P. Didáctica de las Ciencias experimentales, Editorial Marfil. Alcoy, España.2000. pp. 449-478

BARBERÁ, O. y VALDÉS, P (1996). El Trabajo Práctico en la enseñanza de las Ciencias: Una revisión. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.

CAAMAÑO, A (2003). Los Trabajos Prácticos en Ciencias. En Jiménez (Coord) Enseñar Ciencias. Ed. Grao. Pp95-118.

CAMPANARIO, J. Preguntas y respuestas sobre la evaluación de los alumnos en la enseñanza de las Ciencias. 1998. 19, 69-84

GARCÍA, S y MARTINEZ, C. Análisis del Trabajo Práctico en Textos Escolares de Primaria y Secundaria. En: Enseñanza de las Ciencias. 2003. Número extra. Pp. 5-16
GELI, A. La Evaluación de los Trabajos Prácticos. En: Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales.1995. 4 (2), 25-32

GROSSMAN, P; WILSON, S y SHULMAN, L, (2005) Profesores de sustancia: El conocimiento de la materia para la enseñanza, Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado, 9, 2 (2005)

SCHWAB (1973): *Problemas, Tópicos y Puntos de Discusión*. En ELAM, S.: La Educación y la Estructura del Conocimiento. El Ate-neo, Buenos Aires.

PUNTES, M (2008). Propuesta de un sistema de categorías para el estudio del Trabajo Práctico en la enseñanza de la Biología. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Enseñanza de la Biología. Universidad Pedagógica Nacional: Bogotá D.C.

VALBUENA, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis para optar al título de Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid.