



## LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN 6° GRADO DE PRIMARIA. CATÁLOGO DE CATEGORÍAS PARA SU OBSERVACIÓN

**Guadalupe Ruiz Cuéllar**

Universidad Autónoma de Aguascalientes

**Alejandra Serrano Antúnez**

Universidad Autónoma de Aguascalientes

---

**Área temática:** A.6 Educación en campos disciplinares.

**Línea temática:** 1 El análisis epistemológico y metodológico de un campo de saber disciplinar y de su enseñanza.

**Tipo de ponencia:** Reporte final de investigación.

---

### **Resumen:**

El objetivo general del estudio consistió en realizar una exploración, en un número reducido de casos, de las prácticas de enseñanza en ciencias naturales de docentes de 6° grado de primaria; con base en los resultados de este acercamiento intensivo, se buscó elaborar una propuesta conceptual y metodológica que fuese útil para el abordaje a gran escala de este objeto de estudio. Para lograr el propósito planteado se desarrolló una metodología que abarcó las siguientes fases: 1) revisión de literatura para identificar modelos de enseñanza en ciencias; 2) indagación empírica, consistente en la videograbación de clases de ciencias naturales durante un periodo prolongado de tiempo, entrevistas con los docentes observados y recolección de evidencias de su práctica; y 3) procesamiento de la información para elaborar la propuesta de categorías, conjugando los aportes de la revisión de literatura así como del análisis de los datos empíricos.

Se obtuvieron once categorías principales, que refieren, en su mayoría, a dimensiones de la práctica docente, pero también, a variables relacionadas con estas, como los conocimientos disciplinares de los profesores. Se concluye que, antes de diseñar instrumentos estructurados para abordar las prácticas docentes en estudios de gran escala, se requiere regresar sobre la revisión de literatura, a fin de plantear un marco de referencia más exhaustivo que permita reconocer tanto como sea posible, aspectos no sólo superficiales sino también profundos del trabajo de enseñanza, con niveles adecuados de confiabilidad y validez.

**Palabras clave:** Ciencias naturales, enseñanza, práctica docente

## Introducción

Los resultados de evaluaciones nacionales e internacionales reportan en forma consistente que el nivel de aprendizaje que alcanzan los estudiantes mexicanos en la asignatura de ciencias naturales es inferior no sólo al que se observa en otros sistemas educativos, sino al que el currículo del país establece como deseable. Aunque estos resultados pueden ser atribuidos a un conjunto amplio de factores, hay fundamentos para suponer que, las prácticas docentes tienen un peso significativo en ellos, una vez que se controla el nivel socioeconómico de los estudiantes (Flores Camacho, 2012; Candela, 2012; Valdez González, 2012, en Martínez Rizo y Chávez, 2016), por lo que la enseñanza aparece como un tema relevante de investigación.

Cabe decir que, la decisión de enfocar este estudio en la enseñanza de las ciencias naturales se justifica en el consenso internacional sobre la importancia que tiene esta área curricular para la formación de futuros ciudadanos, dado su extraordinario impacto sobre el desarrollo tecnológico y económico de los países, el medio ambiente y, en general, la vida de las personas.

La literatura nacional incluye estudios que investigan la calidad de las prácticas docentes, principalmente con enfoques cualitativos, que implican una colecta intensiva de información en muestras pequeñas de aulas. Estos estudios ofrecen gran riqueza de información sobre contextos locales, pero tienen limitaciones importantes para generalizar los hallazgos a otras aulas y escuelas. Otros estudios, centrados en investigar las prácticas docentes en mayor escala se han interesado en las áreas de lenguaje y matemáticas (cfr. Martínez Rizo y Chávez Ruiz, 2016), y comparativamente las ciencias han recibido menor atención.

De lo anterior se desprende la importancia de estudiar de manera empírica, sistemática y en profundidad, las prácticas docentes en ciencias naturales en educación primaria y secundaria de México. La investigación a la que se refiere esta ponencia se enfocó en abordar este objeto de estudio con docentes de 6° grado de primaria, mediante un acercamiento intensivo de baja estructuración, para, con base en los hallazgos, elaborar una propuesta conceptual y metodológica para el abordaje a gran escala de este objeto de estudio.

Esta investigación se inscribe en el área temática de *Educación en campos disciplinares* en la medida en que sus resultados enriquecen el conocimiento sobre la enseñanza en uno de los ámbitos de formación centrales en el currículum mexicano.

## Desarrollo

El objeto de estudio del proyecto son las prácticas docentes en ciencias naturales, definidas como las actividades y estrategias de planeación, enseñanza y evaluación que los maestros llevan a cabo para promover el aprendizaje de sus alumnos. Las prácticas incluyen elementos instruccionales, así como de apoyo afectivo y gestión del aula y se definen por la forma de actuar del maestro al enseñar (López-Mota, Rodríguez-Pineda y Bonilla, 2004).

Los maestros pueden utilizar diferentes métodos y estrategias al enseñar ciencias, que, según el grado de control que tiene el docente, van desde las centradas en el maestro hasta las centradas en el alumno. Treagust y Chi Yan (2014) proponen un modelo sobre métodos y estrategias de enseñanza de carácter general, que incluye cinco métodos:

### **1. Métodos de demostración**

Son los más centrados en el docente. Han sido muy utilizados para enseñar ciencias, y con las tecnologías digitales su accesibilidad aumenta, con las ventajas de menor costo y mayor seguridad.

Métodos de exposición

Tienen tres usos: explicar, identificar causas y justificar. Según los autores, *la enseñanza en ciencias implica descripciones y exposiciones de fenómenos científicos*, éstas deberían basarse tanto en la teoría como en la evidencia, usar términos científicos correctos, e incluir modelos analógicos.

### **2. Métodos de cuestionamiento**

Además de la secuencia de tres pasos de iniciación-respuesta-retroalimentación, se propusieron formas de interacción como el diálogo con cuestionamientos a los alumnos y diálogos amplios o debates (Treagust y Chi-Yan, 2014). En un esfuerzo por categorizar las preguntas que se utilizan en las aulas de ciencias por parte del docente, Eliasson, Karlsson y Sorensen (2017), establecen que existen preguntas cerradas y abiertas, las que a su vez se clasifican según su complejidad.

### **3. Métodos de razonamiento científico**

Recomienda seguir un proceso de complejidad creciente, comenzando con un razonamiento basado en fenómenos, seguido por uno basado en relaciones, para llegar a uno basado en modelos (Treagust y Chi-Yan, 2014).

### **4. Métodos de aprendizaje por representaciones**

Los autores distinguen seis tipos de representaciones, y desarrollan características, ventajas y desventajas de cada una (Treagust y Chi-Yan, 2014): a) lingüísticas: analogías y metáforas; b) visualizaciones; c) modelos y aprendizaje basado en ellos; d) representaciones multinivel; e) representaciones multimodales, y f) representaciones externas múltiples.

Por su parte, Kloser (2014) a través de un estudio Delphi identifica un conjunto de prácticas de enseñanza de las ciencias que comprende las siguientes: 1) involucrar a los estudiantes en investigaciones; 2) facilitar la interacción verbal en el aula; 3) recuperar, evaluar y usar las ideas de los estudiantes sobre la ciencia; 4) proporcionar retroalimentación a los estudiantes; 5) construir e interpretar modelos; 6) conectar la ciencia con sus aplicaciones; 7) relacionar los conceptos de la ciencia con fenómenos, y 8) enfocar las ideas básicas, conceptos y prácticas transversales de la ciencia.

Sanmartí (s.f.), en una propuesta sobre cómo enseñar ciencias, menciona la existencia de cinco procesos; para efectos de este trabajo, se retomaron los *procesos característicos del sistema-aula*, que hacen referencia a las actividades que sólo se llevan a cabo en el marco del sistema escolar, manifestando la importancia de que todo diseño pedagógico tome en cuenta la diversidad de actividades que pueden favorecer el desarrollo de capacidades de los alumnos.

Las aportaciones de los autores mencionados constituyen una muestra de los hallazgos de la revisión de literatura que sugieren elementos valiosos para la propuesta de elementos conceptuales y metodológicos para el estudio a gran escala de las prácticas de enseñanza en ciencias naturales.

Por otro lado, en la fase de indagación empírica, y siendo esta la otra gran dimensión considerada para la elaboración de la propuesta referida, se realizó la videograbación de clases de ciencias naturales y el llenado de cédula de observación con dos profesores de sexto (de febrero a junio en el ciclo escolar 2016-2017 abarcando los bloques IV y V del programa de estudios, y de agosto a octubre en el ciclo escolar 2017-2018, bloque I).

Para complementar la información, se realizaron, transcribieron y validaron tres entrevistas a los profesores observados, una al inicio del periodo de observación; una intermedia, de monitoreo, y otra al término del trabajo de acopio de información. Adicionalmente, se recolectaron evidencias de trabajo: planes de clase del docente, y, en el caso de los alumnos, cuadernos, exámenes y actividades en libros de texto.

Para un análisis preliminar de la información se elaboró una “narrativa” que dio cuenta de forma general del trabajo realizado por cada docente en el tratamiento de los contenidos curriculares abordados durante el periodo en que se les observó. El trabajo fundamental, que llevó a la elaboración del catálogo de categorías, consistió en procesar aquella información relacionada con el objeto central del proyecto (las prácticas de enseñanza en aulas de primaria); leyendo la información desde las categorías aportadas por la revisión de literatura, pero también, con la apertura necesaria para identificar categorías emergentes de los propios datos.

A continuación, se presentan las once categorías principales obtenidas; de cada una de ellas se enlistan los indicadores que les corresponden.

### **1. Conocimientos y habilidades del docente**

Esta categoría consta de cuatro elementos fundamentales que el docente debería presentar en cuanto a habilidades y conocimientos, tanto generales, como propios de las ciencias: a) conocimiento preciso de los contenidos a enseñar; b) construcción de comunidad en el aula; c) apoyo a las necesidades de la diversidad de estudiantes; d) apoyo al uso del discurso científico en el aula.

## 2. Desarrollo de actividades

Los indicadores de esta categoría remiten a conductas del docente: a) expresa los objetivos de las actividades, es decir, establece metas de aprendizaje claras; b) permite o provoca que los estudiantes expresen sus ideas previas sobre el tema; c) induce la duda orientada al razonamiento y al pensamiento crítico; d) impulsa a los alumnos a ofrecer explicaciones o justificaciones utilizando conceptos científicos; e) favorece que los alumnos planteen preguntas científicas; g) promueve la profundidad cognitiva en las actividades; h) genera evidencias del conocimiento y la comprensión conceptual de los alumnos.

## 3. Cuestionamiento

Esta categoría comprende la formulación de preguntas por parte del docente; en el aula se pueden realizar diferentes tipos: a) organizativas; b) retóricas; c) cerradas cortas; d) cerradas amplias; e) abiertas generales; f) abiertas de evaluación.

## 4. Explicaciones del profesor

En esta categoría se encuentran los distintos tipos de explicaciones que el docente maneja en el aula, los que, según el objetivo que persiguen pueden clasificarse de la siguiente manera: a) introducir el tema y despertar el interés por su estudio; b) dar información, introducir nuevos conceptos, ideas y/o procedimientos; c) facilitar el análisis de los resultados de trabajos prácticos, salidas al campo, lecturas, etc.; d) resumir los contenidos relacionados con una temática determinada; e) ayudar a establecer interrelaciones entre distintos contextos; f) apreciar los aportes de la ciencia al mejoramiento de la calidad de vida; g) hacer referencia al impacto medioambiental de los aportes de la ciencia; h) hacer referencia al uso ético de los aportes de la ciencia; i) retomar conocimientos o acciones de sesiones pasadas.

## 5. Trabajos prácticos

Los trabajos prácticos pueden tener diferentes finalidades y características, las que dan pauta a los siguientes indicadores: a) observación/análisis de fenómenos; b) deducción/comprobación de leyes; c) identificación de conceptos vistos en el aula; d) planteamiento de preguntas; e) aprender a utilizar instrumentos; f) medir y hacer registros; g) robustecer un modelo explicativo; h) manipular un fenómeno y obtener respuestas .

## 6. Realización de investigaciones

En el estudio de las ciencias naturales la realización de investigaciones es una actividad fundamental que se compone de diferentes etapas: a) involucrar a los estudiantes en investigaciones; b) orientar a los alumnos a plantear preguntas de investigación; c) apoyar a los alumnos a recoger información en su proyecto; d) apoyar a los alumnos en el análisis de datos; e) favorecer la comunicación de los resultados de su investigación.

## 7. Ejercicios y problemas

Además de los trabajos prácticos, los ejercicios realizados en clase también forman parte de la práctica docente; pueden existir, según se identificó en la observación: a) ejercicios de habilidades básicas como dictar, copiar o dibujar; b) problemas académicos; c) problemas como investigaciones; d) situaciones de aplicación o de relación con la vida cotidiana; e) ejercicios de resumen, síntesis, definición.

## 8. Actividades fuera del aula

Pueden clasificarse como: a) salidas al campo, escuelas de naturaleza, centros de educación ambiental; b) visitas a los servicios municipales como depuradoras o plantas de tratamiento de residuos; c) visitas a industrias o talleres; d) visitas a museos o exposiciones; e) utilización del entorno escolar como los patios, o jardines.

## 9. Medios y materiales de enseñanza

Para la práctica docente se pudo identificar el uso de: a) medios audiovisuales como fotografías o grabados, diapositivas películas, videos, prensa o televisión; b) enseñanza asistida por computadora, que podría utilizarse como base de datos, para recoger y tratar datos, para la simulación de fenómenos, para la evaluación y autorregulación de los errores o como proyector en sustitución del pizarrón. De igual manera, los docentes pueden hacer: c) uso de materiales de consulta (libros de texto, de consulta, historia de la ciencia, enciclopedias, revistas); d) uso de instrumentos didácticos como mapas conceptuales, contratos didácticos, cuestionarios de autoevaluación, resúmenes, etcétera).

## 10. Evaluación

Esta categoría, como parte fundamental de la práctica docente incluye: a) el grado de identificación de los objetivos de las actividades de aprendizaje; b) la calidad de los planes de acción para resolver las tareas; c) el grado de identificación de los criterios de evaluación. Además, otros indicadores corresponden al grado en el que el docente: d) ofrece retroalimentación a los estudiantes; e) utiliza la información sobre el aprendizaje de los estudiantes para mejorar la enseñanza. Así como: f) frecuencia de las evaluaciones; g) variedad de las evaluaciones; h) alineación de las evaluaciones con las metas de aprendizaje; i) participación de los estudiantes en su propia evaluación.

## 11. Administración de la clase

Esta categoría surge de la observación de la práctica docente y aunque comprende actividades generales, no exclusivas de la enseñanza en ciencias, se incluye ya que en la práctica se encontró que los docentes dedican un tiempo considerable a ellas, las cuales pueden ser: a) explicación de la actividad, como instrucciones y/o consignas; b) reparto de material; c) dictado de título; d) dictado de aprendizaje; e) reparto de material de laboratorio; f) supervisión de trabajo; g) pase de lista; h) preparación del material; i) dictado, explicación y revisión de tarea; j) dictado de material que ocuparán en el laboratorio; k) explicación de lo que verán en clase; l) llamadas de atención para ubicar en el tema; m) formación de equipos.

## Conclusiones

Algunas de las aportaciones identificadas en la revisión de literatura, que pueden actuar como marcos para el análisis e interpretación de la información reunida, plantean categorías de gran relevancia para el estudio de las prácticas de enseñanza en ciencias naturales (Kloser, 2014; Windschitl et al., 2012; Treagust y Chi-Yan, 2014; Sanmartí, s.f.); su formulación, como categorías para este estudio, requirió un esfuerzo expreso de operacionalización y sistematización antes de poder ser aplicadas al análisis de la información obtenida mediante las videograbaciones del trabajo en aula. Aun así, traducir estas categorías a otra clase de instrumentos de obtención de información planteará demandas adicionales de definición operacional. El trabajo de campo realizado ratifica la complejidad de observar y medir las prácticas docentes, con niveles adecuados de confiabilidad y validez. Si bien, estas cuestiones tendrían que ser abordadas en estudios de gran escala para determinar la calidad técnica de aquellos instrumentos estructurados que se utilicen, la propuesta de elementos conceptuales y metodológicos para ese tipo de estudios, a los que la presente investigación contribuye, obliga a reflexionar cuidadosamente sobre las categorías necesarias para reconocer aspectos no sólo superficiales sino también profundos del trabajo de enseñanza, siendo estos últimos los más difíciles de abordar empíricamente.

Por todo lo anterior, se concluye que el conjunto de categorías obtenido refleja un esfuerzo de sistematización de las características de la práctica docente en ciencias, y que, aunque no se conoce un modelo de enseñanza que predomine para esta asignatura, sí existen características que los docentes debieran tomar en cuenta en el desarrollo de sus clases. A continuación se incluye una breve reflexión sobre cada una de las categorías propuestas, así como los desafíos que conllevan para ser retomadas en estudios de gran escala.

La primera corresponde a los conocimientos y habilidades que el docente debería poseer para la impartición de la clase de ciencias, y que le implican un alto compromiso con la asignatura y con sus alumnos. Un elemento fundamental corresponde al conocimiento preciso de los contenidos a enseñar, principalmente de los conceptos de la ciencia; observar este conocimiento en un docente representa un desafío para el investigador que no esté familiarizado con los conceptos científicos y no pueda distinguir imprecisiones o errores por parte del docente. Los otros indicadores pueden ser más fácilmente operacionalizables pues, tanto la construcción de comunidad en el aula, como el apoyo a las necesidades de los alumnos, o el uso de un discurso científico, pueden ser más evidentes en la práctica, y por ende más fáciles de identificar.

La siguiente categoría, que hace referencia al desarrollo de actividades, resulta compleja, principalmente por la cantidad de indicadores que agrupa, los cuales representan incluso, actividades que pueden suceder al mismo tiempo, lo que obligaría al observador a analizar los registros más de una vez. Un ejemplo podría manifestarse cuando el docente le pide al alumno que amplíe una respuesta plasmada en una síntesis elaborada por este; en esta actividad, el docente estará promoviendo la profundidad cognitiva en el contenido, generando evidencias del conocimiento del alumno e impulsándolo a ofrecer explicaciones; el investigador deberá ser muy hábil para rescatar todos los indicadores.

El cuestionamiento en el aula es fundamental para la apropiación del conocimiento, así como para su evaluación; como muestra la revisión de literatura, han sido numerosos los trabajos desarrollados al respecto y se ha advertido que no todas las preguntas tienen la misma importancia ni el mismo impacto en el aprendizaje. Se esperaría que las preguntas abiertas abundaran en el aula, principalmente en la asignatura de ciencias naturales; sin embargo, el análisis de la evidencia empírica refleja que los docentes utilizan con bastante frecuencia las preguntas retóricas (aquellas que ni siquiera se espera que sean respondidas por los alumnos) y las cerradas (que implican más memorización que comprensión).

Como se mencionó en el apartado de revisión de literatura, los modelos de enseñanza pueden estar más centrados en el docente, o más centrados en el alumno, sin embargo, aunque en mayor o menor medida, las explicaciones del profesorado siempre estarán presentes en el aula con diferentes objetivos. Los indicadores que pertenecen a esta categoría deberán ser cuidadosamente definidos para que el observador pueda clasificar correctamente las explicaciones que el docente brinda. Algunos indicadores pueden ser más propios de la práctica docente en general, como por ejemplo introducir el tema, retomar conocimientos de sesiones pasadas o introducir nuevos conceptos, y otros pueden ser muy específicos para la asignatura de ciencias naturales, como, por ejemplo, cuando el docente hace referencia al uso ético o el impacto medioambiental de los aportes de la ciencia, o cuando intenta facilitar el análisis de los resultados de investigaciones.

Los trabajos prácticos y la realización de investigaciones son dos categorías que guardan relación entre sí, son parte fundamental de las ciencias naturales y no deberán nunca confundirse con trabajos de baja complejidad como lo son los resúmenes o ilustraciones. El trabajo práctico como se entiende en esta categoría implica un procedimiento sistemático que desarrolle habilidades, conocimientos y actitudes favorables hacia las ciencias. Un gran desafío para los investigadores (y para los docentes) es saber diferenciar una investigación de un experimento o de una simple "receta de cocina", es decir, aquellas actividades en las que el docente dicta a los alumnos la serie de pasos que deben realizar para obtener un resultado esperado pero que no involucran planificación, formulación de preguntas, experimentación, ni análisis de resultados por parte de los alumnos.

Como se menciona en el apartado de resultados, también los ejercicios y problemas realizados en clase forman parte de la práctica docente (incluso realizándose en mayor cantidad que los trabajos prácticos, según la evidencia empírica) por lo que se consideran dentro de una categoría diferente. Estos ejercicios en general, plantean una menor complejidad cognitiva y no siempre desarrollan habilidades o conocimientos propios de las ciencias naturales (como los dictados, los resúmenes o los dibujos). El desafío entonces será identificar hasta qué punto estos ejercicios son favorables para el aprendizaje de las ciencias y no solo para el desarrollo de habilidades básicas. Esta categoría se incluye por el uso de estas actividades en la realidad de las aulas mexicanas, más no por su peso en el desarrollo de aprendizajes científicos.

La asignatura de ciencias naturales se caracteriza por recurrir a las actividades fuera del aula, razón por la cual, estas se consideran en una categoría independiente. Es importante señalar que no se refiere a aquellas en las que el espacio exterior se utiliza sólo como una extensión del aula, sino cuando en verdad se recurre a la salida como una actividad de aprendizaje, por ejemplo, las visitas a los museos, o talleres, la asistencia a exposiciones, o la salida al patio para la observación de fenómenos naturales. Un desafío importante para esta categoría es poder registrar no sólo si se realiza o no la salida, sino la finalidad con la que se hace y el efecto que pueda tener en el aprendizaje.

Los medios y materiales de enseñanza que se pueden emplear en el aula son tantos y tan variados que esas características en sí mismas generan un gran desafío para su sistematización en un instrumento de observación; sin embargo, su registro es importante para identificar también, el nivel de complejidad cognitiva que el docente propicia en sus actividades, pues no es lo mismo utilizar el proyector para que los alumnos copien un texto, a que lo utilicen para observar la representación virtual de un fenómeno natural.

Una categoría importante, y que por sí misma puede ser objeto de un instrumento de observación es la evaluación, pues corresponde a una de las actividades más complejas de la enseñanza. Por lo anterior, la operacionalización de los indicadores implica un importante desafío ya que requerirá de un periodo largo de observación y la recopilación de materiales variados; por ejemplo, para identificar la alineación de las evaluaciones con las metas de aprendizaje, el investigador debe conocer la planificación del docente, y los instrumentos de evaluación (en caso de ser escritos); para registrar la frecuencia y variedad de las evaluaciones precisa un periodo largo de observación, y para registrar la autoevaluación, debe centrar su atención en los estudiantes.

Finalmente, se agrega la categoría de administración de la clase que corresponde a actividades muy generales realizadas por los docentes y no relacionadas específicamente con el aprendizaje de las ciencias naturales. Aunque existe literatura al respecto, para efectos de esta investigación los indicadores se obtuvieron únicamente de la información empírica. La decisión de incluirla aun cuando no está directamente relacionada con la enseñanza de las ciencias deriva de que se identificó que ocupa gran parte del tiempo asignado para la clase y su registro puede servir para evaluar las carencias que se tienen en este aspecto.

En síntesis, el trabajo realizado en el marco de esta investigación permitió conjugar tanto aportes de la literatura especializada en la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica, como una importante base de evidencia empírica -de pocos casos, pero abordados durante un prolongado periodo de observación-, con lo que se logró generar una propuesta de categorías para el estudio de las prácticas docentes en ciencias naturales, a través de estudios de mayor escala por cuanto a la cantidad y diversidad de unidades de observación se consideren. Si bien, los estudios de gran escala se caracterizan por utilizar instrumentos altamente estructurados y autoadministrados (cuestionarios, inventarios, escalas), parece indispensable, a la luz de los resultados del presente estudio, contemplar el uso de protocolos de observación, ya que la complejidad de las prácticas docentes lo hace imperativo.

## Referencias

- Eliasson, N., Göran, K. y Sorensen, H. (2017). The role of questions in the science classroom - how girls and boys respond to teachers' questions. *International Journal of Science Education*. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2017.1289420>
- Kloser, Matthew (2014). Identifying a Core Set of Science Teaching Practices: A Delphi Expert Panel Approach. *Journal of Research on Science Teaching*, 51(9), 1185-1217.
- López Mota, A., Rodríguez Pineda, D. P. y Bonilla, X. (2004). ¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente? *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 9 (22), 699-719.
- Martínez Rizo, F. y Chávez Ruiz, Y. (2016). *Enseñanza de matemáticas y ciencias. Investigaciones mexicanas en educación básica*. No publicado.
- Sanmartí, N. (s.f.). *Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones*.
- Treagust, D. F., y Chi-Yan, T. (2014). General Instructional Methods and Strategies. En Lederman, N. G., y Abell, S. K. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. Vol. II, 303-320. New York-London: Routledge.
- Windschitl, M., Thompson, J., Braaten, M., y Stroupe, D. (2012). Proposing a core set of instructional practices and tools for teachers of science. *Science Education*, 96(5), 878-903. Washington D.C.: AERA.