

Aprendizaje de la ciencia basado en la indagación y argumentación

Dra. Isabel López Zamora
Universidad Veracruzana

Línea temática: Nuevas formas de aprender y enseñar.

Palabras clave: Enseñanza-aprendizaje, indagación, argumentación, investigación, invasión.

Resumen

El presente estudio aborda el uso de la indagación científica y la argumentación como una metodología aplicada a la enseñanza y aprendizaje en un curso de ciencias. En esta investigación educativa se propone su adopción para promover el aprendizaje de la ciencia e incrementar el interés de los estudiantes por la investigación. Se presentan evidencias de una docencia instruccional de la ciencia que genera el desarrollo de habilidades de aprendizaje vinculadas a la investigación en el campo de la ecología de la invasión con el respaldo tecnológico de la plataforma educativa institucional *Eminus*. Se demuestra que esta metodología representa una viable inversión educativa a corto y largo plazo, y que su implementación didáctica puede adoptarse fácilmente por medio de la vinculación de las actividades de investigación en los diferentes campos del saber. Se presenta información sobre las técnicas de indagación construidas en la práctica reflexiva del curso ofertado para conocer el desarrollo de las competencias y explorar el aprendizaje de los diferentes contenidos, temáticas y preguntas de investigación sobre la ecología de la invasión. Se espera que el presente estudio sea de utilidad en la labor de otros docentes interesados en desarrollar y fomentar el aprendizaje basado en la indagación y cultivar en los estudiantes el interés por la ciencia.

Marco Teórico

El uso de la Indagación en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia

Una de las estrategias más recientemente favorecidas para mejorar la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en Europa y Norteamérica consiste en incorporar la educación en ciencias basada en la indagación dentro de cada uno de los planes y programas de estudios tanto a nivel medio como medio superior (Lena, 2009; Rocard et al., 2007; NRC, 2000b). Para poder lograrlo, los profesores necesitan oportunidades para participar de forma activa en una amplia variedad de experiencias de desarrollo profesional docente que fomenten un entendimiento de la ciencia y la enseñanza de la ciencia basada en la indagación (Bakkenes et al., 2010; López-Zamora, 2015).

La investigación ha demostrado que el aprendizaje que incluye actividades basadas en sitios fuera del aula de clases resulta ser muy motivante, no solo para los estudiantes sino también para el profesor. Declaraciones por parte del sector educativo de los gobiernos del Reino Unido y de Europa han lanzado programas como es “learning outside the classroom” para enfatizar este aspecto de la educación en ciencias (Dillon, 2007; Dillon et al., 2006), y han hecho un reconocimiento global del potencial del aprendizaje fuera del aula de clases para apoyar la implementación de métodos para la educación en ciencias basada en la indagación a gran escala (Rocard et al., 2007; NRC 2000a).



Para facilitar el aprendizaje basado en la indagación, se necesita percibir la progresión desde la enseñanza de la ciencia como una actividad que se interesa principalmente en la acumulación de conocimiento intercambiable a la apreciación del aprendizaje de la ciencia como un proceso de construcción y adquisición de conocimiento centrado en el estudiante. Esta postura resemblance la indagación científica, que se caracteriza como una actividad multifacética que involucra el realizar observaciones, plantear preguntas, examinar diversas fuentes de información, planear investigaciones, revisar lo que ya es conocido a través de la evidencia experimental, utilizar herramientas para acumular, analizar, e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados.

La indagación científica requiere la identificación de suposiciones, el uso de pensamiento crítico y lógico, y la consideración de explicaciones alternativas para encontrar respuestas a preguntas (NRC, 1995). En el término de indagación, se incluye al menos tres categorías diferenciadas de actividades de aprendizaje:

- Las actividades que realizan los investigadores (el llevar a cabo investigaciones utilizando métodos científicos),
- Cómo aprenden los estudiantes? (indagando de forma activa a través del razonamiento y la ejecución ejemplificando los procesos utilizados por los investigadores),
- El abordaje instruccional adoptado por el docente (diseñando o implementando planes y programas académicos que permitan la vinculación con la investigación).

Por lo tanto, una enseñanza basada en la indagación conduce al estudiante a construir su propio entendimiento científico de ideas centrales a través de la experiencia directa con materiales, recursos diversos, consultas, visitas de expertos, y a mediante la argumentación y debate entre sí. Todo esto tiene lugar bajo la guía, liderazgo, y función del profesor como facilitador del curso dentro y fuera del aula de clases.

Beneficios del aprendizaje con indagación

El aula bajo indagación

La investigación educativa es cada vez más clara al señalar que el aprendizaje fuera del aula de clases está asociado con varios resultados positivos como son un mayor compromiso en el aprendizaje y niveles más altos en logros académicos (Rickinson et al., 2004). Asimismo, la investigación sugiere que las salidas de campo bien estructuradas que incluyen una planeación integral del viaje con profesores, estudiantes, expertos, personal técnico, e incorporan instrucciones por visita, y hacen uso de las reflexiones post-visita al sitio están consideradas como elementos que elevan y enriquecen las oportunidades para aprender (Cox- Petersen et al., 2003; Kapelari & Bromley, 2009). Las visitas locales a instalaciones de experimentación, viveros, jardines botánicos, parques y reservas naturales, así como pequeños recorridos en las áreas verdes dentro del propio campus, representan fuentes diversas de conocimiento y desarrollo de habilidades dado que contienen asombrosas y diversas colecciones de plantas y artículos botánicos, etno-botánicos, y hortícolas. Muchos de estos sitios están situados en áreas urbanas y esto los hace más accesibles para su visita. Estos lugares realmente ofrecen ser sitios únicos de “aprendizaje fuera del salón de clases” en donde todos los estudiantes obtienen experiencias de primera fuente en la educación en ciencias basada en la indagación.



La transformación del docente en el aula

El éxito de un aula de clases bajo indagación ocurre cuando hay un cambio genuino en el papel del docente, transformándose de una “figura central”, en donde él tiene el conocimiento y lo transmite a los estudiantes, quienes simplemente memorizan la información y la reproducen después en una examinación, con frecuencia sin ser aún reflexionada, a su papel de “guía o facilitador permanente y cercano” (Russell & Weaver, 2011). Bajo este modelo de transmisión del proceso de enseñanza-aprendizaje, los estudiantes se convierten en aprendices activos. Esta visión resulta mucho más efectiva para las demandas del mundo actual, donde se espera que los individuos sean capaces de pensar por sí solos, plantear y resolver problemas complejos y generalmente produzcan conocimiento en lugar de solo reproducirlo.

El docente debe convertirse en un auténtico facilitador clave del aprendizaje en un aula de clases bajo indagación. El docente actúa con liderazgo, pero brindando la libertad suficiente para promover la iniciativa y creatividad en el estudiante, es un “coach”, quien cuestiona sus preguntas, proporciona y facilita la disponibilidad de recursos y materiales de apoyo informativo, y quien ayuda a construir las teorías.

La construcción de auténticas comunidades de aprendizaje en el aula

La construcción de una comunidad de aprendizaje en el aula de clases con nuestros estudiantes debe alinearse perfectamente con un principio muy influyente del aprendizaje, el de mantener expectativas muy claras dentro de los estándares más altos socialmente y académicamente. Se debe iniciar el periodo escolar mostrando a todos los estudiantes claramente cuál será la dinámica de trabajo esperada, y señalando los principios básicos escolares y de conducta, así como los requerimientos del curso que estarán atendiendo, dejando claro que no hay tolerancia para la falta de respeto o las acciones perjudiciales hacia otros. Para que la enseñanza con indagación sea exitosa, los estudiantes deben sentirse seguros de poder tomar riesgos, plantear, criticar, compartir ideas, y creer que las ideas pueden conducir a otras ideas y a más preguntas, aún cuando estas no sean correctas. El facilitador debe monitorear las condiciones prevalecientes para crear un ambiente de aprendizaje diverso y funcional en donde los estudiantes acompañados por su facilitador, están involucrados en la construcción de su propia comunidad de pares en el aula, y ejercen influencia con la contribución de sus ideas sobre las bases para la indagación. Las comunidades de aprendizaje pueden establecerse a diferentes niveles, sin embargo, los objetivos en común son los de mejorar las habilidades de enseñanza y aprendizaje, el de compartir responsabilidad para el crecimiento y desarrollo académico de los estudiantes y su participación guiada para lograr su propio aprendizaje.

La docencia reflexiva

Se espera que una práctica reflexiva respalde a quienes la ejecutan y ayude a establecer una relación de investigación para su propia práctica, permitiendo actuar tanto en el aula como en cualquier sitio de aprendizaje fuera del salón de clases, y a facultarlos para poder actuar como auténticos facilitadores y educadores reflexivos (Schön, 1983). La vinculación de la labor de docencia con las actividades de investigación facilita esta práctica que ahora tiene un mayor reconocimiento como una herramienta de propia reflexión que permite promover el desarrollo profesional de educadores, profesores e investigadores (Morris & Parker, 2003; Reid & Dillon, 2004). El enfoque y la adopción de una enseñanza y aprendizaje basado en la indagación, el conjunto integral de profesores, estudiantes, expertos, y personal técnico, y las propias instituciones y centros de investigación y extensión educativa, está estimulado para comprometerse y



conectarse en la práctica reflexiva. Al trasladar esta dinámica a sus propias actividades dentro y fuera del aula de clases, cursos de superación docente, y a su investigación, los que la ejercen logran más fácilmente reflejar la realidad, y la eficiencia en los resultados y desempeños de aprendizaje.

Exploración del aprendizaje con indagación

Implementación en un curso de ciencias

La educación en ciencias basada en la indagación dentro del curso se realiza en un ambiente de aprendizaje único que se crea a partir de la estrecha asociación de la labor docente y las actividades de investigación del profesor responsable de la oferta del curso. Es un abordaje educativo multifacético que se construye sobre un rango de conocimiento y recursos educativos proporcionados por esta relación de colaboración. La estrategia educativa de la indagación se aplica en el curso basándose en el entendimiento que la naturaleza de la ciencia no solo se trata de seguir planes de operación fijos e inalterables los cuales tienen que ser completados un paso después de otro de forma predefinida. La realidad es que se trata de un proceso creativo pero comprensible y reproducible para obtener información. El principal fundamento de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia basado en la indagación es el de promover un modelo del estudiante como un individuo pensante autónomo e independiente, alguien que sea capaz de enfrentar exitosamente con los diversos aspectos de la ciencia. Por lo tanto, a los estudiantes se les debe proporcionar de espacios libres para organizar sus procesos de aprendizaje individualmente. Al mismo tiempo, ellos también van a necesitar de la enseñanza de algunos contenidos de ciencia por los profesores, ya que simplemente no pueden descubrir conocimiento científico sin contar con un nivel básico de conocimiento científico.

La docencia del curso bajo indagación contribuye a respaldar a profesores, expertos, educadores de las ciencias de la vida y estudiantes, y a largo plazo ayuda a entender las diferentes y creativas formas de abordar la ciencia las cuales representan los cimientos del aprendizaje científico, capacitándolos para experimentar estos acercamientos de primera fuente. Al utilizar la estrategia de la indagación en la instrucción y aprendizaje de la ciencia, los participantes y los estudiantes deben ser capaces de desarrollar la habilidad de examinar críticamente la información que han leído en línea, consultado en diferentes medios e incluso publicada en revistas especializadas de investigación y educación. De la misma forma, los estudiantes deben examinar sus propias ideas de forma crítica y asegurarse tanto como les sea posible, de basarse en evidencias. Dentro de cada sesión de clase, se sugiere que siempre se brinde un espacio para permitir que los estudiantes prolonguen y profundicen en sus conversaciones, y para animarlos a desear saber, a preguntar, y a motivar su curiosidad por la naturaleza de la ciencia. Se recomienda plantearles una serie de preguntas como son: “por qué piensas eso?”, “qué te hace preguntarlo?”, “por qué esperas que ocurra eso?”, “cómo lo puedes explicar?”, etc. Se debe ir más allá de las respuestas poco desarrolladas, y explorar en la construcción de sus ideas y en la elaboración sobre las de otros estudiantes, probándolas, y planteándose “el cómo sabemos eso?”. Todo este proceso dinámico de aprendizaje ayuda a los estudiantes a desarrollar las estrategias o posturas del pensamiento científico.

La práctica de una docencia bajo indagación también habilita al profesor para adaptarse y adoptar de forma permanente una educación flexible, auto reflexiva, competente y enfocada en las necesidades propias y de sus estudiantes.



Algunos Resultados de la Exploración

Aprendiendo sobre la ecología de la invasión a través de la indagación

El curso contiene 60 horas de sesiones de trabajo teórico-práctico dentro y fuera del aula, enfocándose a profundidad en la identificación diagnóstica y aspectos de la ecología de especies de malezas invasoras aplicando la estrategia de la indagación respaldada con la ejecución de actividades y proyectos de aprendizaje práctico. Las malezas invasoras han ido aumentando en número, escapando del control y siendo fácilmente introducidas tanto de forma deliberada como natural en nuestros ecosistemas, representan un serio peligro para la conservación de la biodiversidad nativa. Estas especies, al llegar a establecerse con gran éxito y de forma muy competitiva gradualmente son capaces de desplazar y reemplazar a las especies nativas de plantas y animales. Esta amenaza es reconocida en el mundo científico como la segunda causa global de la disminución de la diversidad biológica. La educación en ciencias basada en la indagación juega un papel importante en la generación de capacidad para aplicar la ciencia y tecnología y lograr un desarrollo sustentable, ya que estimula la curiosidad y fomenta la capacidad de observación seguida por la habilidad para la resolución y experimentación. A través del uso del pensamiento crítico y la reflexión, la indagación capacita a los estudiantes para darle significado a la evidencia obtenida. Los contenidos educativos del curso bajo indagación se enfocan en los impactos ecológicos, sociales y económicos que genera la presencia de plantas invasoras sobre la conservación y diversidad de las especies de plantas nativas como una forma de conectar al estudiante con esta problemática ambiental global y capacitarlos para tomar las mejores decisiones a nivel personal y colectivas basándose siempre en evidencias.

Es uno de los principales objetivos del curso bajo indagación el poder visualizar las ideas y conceptos que se brindan en los contenidos educativos para facilitar su instrucción y el aprendizaje práctico en el estudiante al inicio de sus actividades y mientras continua su estancia en el curso. Dentro de esta práctica docente reflexiva se crea una auténtica comunidad de aprendizaje en donde se logra el objetivo de un entendimiento de las necesidades particulares del curso y sus integrantes al aplicar un programa educativo de ciencias basado en la indagación, y se encuentra evidencia de objetivos de desempeño y progresión de cada uno de sus participantes. Se generan diversas preguntas para indagar a nivel individual y grupal, se intercambian ideas y recursos, se construye sobre el trabajo de cada participante, y se comparte el conocimiento obtenido no solo entre pares, sino también con profesores y expertos invitados a participar en algunas sesiones del curso, a través de la permanente comunicación vía la plataforma educativa institucional *Eminus* y durante las presentaciones grupales al final de cada actividad de aprendizaje ejecutada.

Una muestra del aula bajo indagación

Investigando a las especies de malezas invasoras

Se presenta una breve descripción del desarrollo de una docencia instruccional basada en la indagación para enseñar y aprender sobre un tema particular en el campo de la ecología de la invasión. Esta guía considera la ejecución de actividades dentro y fuera del aula que abordan los principales aspectos sobre las especies de malezas invasoras usando la indagación, sin embargo, esta muestra puede ser utilizada para diseñar otros temas bajo indagación. La guía describe el proceso de organizar la exploración inicial con



materiales, discutiendo, resumiendo, y aclarando preguntas para la continuación de la investigación, y desarrollando futuras exploraciones y aplicaciones en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia de las malezas. Se consideran las posibilidades para motivar el aprendizaje de los estudiantes en una actividad donde se construyen situaciones que fomentan en el estudiante el deseo de saber, de preguntar y de llevar a cabo acciones que les ayudará a proporcionarles las respuestas a sus planteamientos. Todo ello a su vez, conduce a una exploración prolongada de su aprendizaje, brinda una amplia variedad de oportunidades para la resolución de problemas reales y facilita la progresión desde la observación hasta la investigación a través de la indagación científica.

Las preguntas que a continuación se presentan tienen la intención de ayudar a diseñar un tema basándose en la indagación científica, sin embargo, los planteamientos han sido establecidos para abordar específicamente el tema de las especies de malezas invasoras.

I. Cuáles son los objetivos de aprendizaje?

a. Cuáles son las ideas principales?

1. *Qué son las especies de malezas invasoras?*

b. Qué contenido educativo deseo que investiguen los estudiantes? Características y adaptaciones ecológicas de las malezas invasoras a través de un estudio de monitoreo de su invasión

II. Qué conocen los estudiantes acerca de las especies de malezas invasoras?

a. Estrategias de pre-evaluación

1. *Qué saben sobre las malezas invasoras?*

Qué preguntas tienen acerca de las malezas invasoras?

Registrar lo que dicen

Utilizar material familiar para enfocar su atención: fotos de un jardín, cultivo, etc.

b. Evaluación informal

Evaluar el conocimiento previo de los estudiantes usando materiales de su investigación inicial

Breves exámenes prácticos

Aplicar “quizzes”

III. Cómo voy a presentar este tema?

a. Observación del material (por ejemplo, presentar frente al grupo una muestra de plantas ornamentales, algún cultivo, pasto)

1. *Cómo puedo ayudar a los estudiantes a hacer observaciones?*

Qué notaste que ocurrió?



Dime lo que ves
Notaste que...?
Qué preguntas tienes acerca de?

2. *Qué preguntas harán los estudiantes?*

Preguntas sobre:
las malezas de un jardín,
su forma de propagación,
cómo reconocerlas,
sus características

b. Procesamiento

1. *Cómo puedo ayudar a los estudiantes a compartir sus observaciones y preguntas?*

Qué notaste?
Qué descubriste?
Tienen otros estudiantes las mismas preguntas?
Qué preguntas sobre las malezas tienes ahora?
Cómo podríamos responder algunas de estas preguntas?

IV. Qué materiales les conducirán mejor a una investigación sobre este tema?

a. Existen materiales disponibles con los cuales iniciar una exploración?

Plantas herbáceas de un jardín,
Plantas de las áreas verdes cercanas al campus,
Plantas de un cultivo

b. Qué materiales adicionales necesitarán para facilitar su exploración?

Audiovisuales
Galerías de fotos
Posters,
Material de herbario

c. Cómo debo considerar las necesidades de los estudiantes para abordar el tema de las malezas como una parte esencial de la exploración inicial?

Se debe saber que todos los estudiantes vienen a la exploración con diferentes experiencias, saber que la familiaridad con las plantas es un componente esencial para preguntar acerca de las malezas invasoras, proporcionar una amplia oportunidad para que los estudiantes exploren las plantas de malezas invasoras sin una pregunta formal para investigar, etc.

V. Qué conceptos podrán surgir a través de una investigación con estos materiales?

La descripción de las características y estructuras diagnósticas de las malezas invasoras (identificación diagnóstica)



Las formas de propagación de las malezas invasoras (eventos del ciclo de vida)
Las características ecológicas y adaptaciones de las malezas invasoras (competencia)
El monitoreo de su invasión en un sitio dado (proceso de invasión)

VI. Cómo podríamos investigar estos conceptos e ideas principales en una forma sistemática?

a. Identificar y formular preguntas de investigación

1. ***Qué preguntas tienen acerca de las malezas?***

Cuáles especies de malezas observan con mayor frecuencia en su entorno?

Cuáles de estas malezas son especies de pastos?

En qué sitios o condiciones se encuentran dichas especies?

Cuáles de estas especies son más invasoras y por qué?

2. ***Cuál de estas preguntas podemos empezar a encontrar sus respuestas?***

3. ***Podemos replantear otras preguntas de modo que sea más fácil buscar las respuestas?***

b. Planear investigaciones metódicas

1. ***Qué pregunta tratarás de responder?***

Qué procedimiento vas a seguir?

Qué equipo y materiales vas a necesitar?

Cómo vas a registrar/documentar tus observaciones

VII. Cómo serán procesados los resultados de estas investigaciones?

a. Trabajo en pequeños equipos de colaboración

Formular un resumen de resultados

Identificar otras preguntas que hayan surgido

b. Colaboración frente a todo el grupo

Comunicar y discutir los resultados basados en las observaciones

Comparar e interpretar los datos

Generar más preguntas

Planear más investigaciones del tema

VIII. Cómo podemos empezar a aplicar los conceptos e ideas principales en otras formas?

a. Cuáles son algunas de las aplicaciones de la identificación diagnóstica?

b. Qué uso tiene conocer el ciclo de vida de las especies de plantas?



- c. Qué aplicación tiene el conocimiento sobre las formas de propagación de las plantas invasoras?
- d. Qué importancia tiene el conocer sobre la competencia entre las especies de plantas?
- e. Qué aplicación tiene el conocimiento sobre el proceso de invasión?
- f. Cómo se puede prevenir la invasión de las malezas?

Algunas preguntas de investigación que emergen de este estudio y merecen futura consideración:

1. Es posible la amplia propagación de la enseñanza basada en la indagación?
2. Qué obstáculos y dilemas siguen conectados con la enseñanza bajo indagación?
3. Cómo se les puede apoyar a los docentes a desarrollar el uso de la enseñanza con indagación?
4. Qué reformas deben hacerse en el contexto de evaluación del aprendizaje y colaboración dentro de la práctica docente?
5. Qué estrategias pueden adoptarse para reformar la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y producir la orientación con indagación deseada en los programas curriculares por competencias?

Conclusiones

Se ha identificado el poder de atracción y conexión de los estudiantes atendidos en el curso con el aprendizaje al utilizar un abordaje docente basado en la indagación. La ejecución inmediata de las diversas actividades y proyectos reales bajo indagación, las breves visitas locales en áreas verdes dentro y fuera de las instalaciones del campus y la permanente participación en la plataforma educativa institucional a lo largo de su estancia en el curso han ido acrecentando el alcance de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia basado en la indagación y su inserción dentro de la práctica docente universitaria.

El aprendizaje logrado se construye sobre la base de un conocimiento con profundo entendimiento, con el uso de recursos educativos proporcionados, y el monitoreo y facilitación docente. Esta experiencia de aprendizaje no se trata solo de una serie de datos científicos que memorizar, sino de un auténtico trabajo colaborativo con el docente y entre los estudiantes, manipulando organismos vivos (principalmente plantas herbáceas), observando sus características, fenómenos naturales y procesos biológicos, formulando y respondiendo preguntas, enlazando evidencia a las explicaciones de estos procesos, y encontrando soluciones viables para dar a explicación a las observaciones y abordar diversas preguntas y problemas reales. A través de la ejecución de actividades de indagación simples o complejas, los estudiantes se conducen con mayor confianza a la labor científica de la investigación, y experimentan la emoción de resolver ellos mismos una pregunta de investigación o un problema, y de plantear nuevas preguntas, generalmente como parte de un equipo de colaboración científica.

El resultado de mayor influencia de la adopción de esta estrategia pedagógica en la oferta de este curso de ciencias ha quedado demostrado en la identificación del potencial de esta práctica reflexiva de enseñanza de la ciencia basada en la indagación y de su fácil propagación e inserción en los planes y programas educativos



de esta universidad, y aunque en este momento ya se tiene un avance gradual significativo, sigue siendo un reto muy estimulante para todos los docentes interesados en la verdadera transformación e innovación en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

Referencias

- Bakkenes, I., Vermunt, J.D., & Wubbels, T. (2010). Teacher learning in the context of educational innovation: learning activities and learning outcomes of experienced teachers. *Learning and Instruction*, 20(6), 533-548.
- Cox-Petersen, A., Marsh, D.D., Kisiel, J., & Melber, L.M. (2003). An investigation of guided school tours, student learning, and science reform: Recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 200-218.
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review*, 87(320), 107- 111.
- Dillon, J. (2007). Researching science learning outside the classroom. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(6), 519-528.
- Kapelari, S. & Bromley, G. (2009). Plant Scientists Investigate: Investigating plants – a splendid way to engage young people in science. Paper presented at Emergent Science Symposium, Annual Conference, The Association of Science Education ASE, Reading, UK.
- Lave, J., & Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: University Press.
- Lena, P. (2009). Europe Rethinks Education. *Science*, 326: 501.
- Lieberman, A. (2000). Networks as learning communities: Shaping the future of teacher development. *Journal of Teacher Education*, 51(3), 221-227.
- López-Zamora, I. (2015). Aprendiendo sobre la ciencia de las malezas a través de la indagación. Artículo presentado en el 4º Congreso Internacional sobre Tecnología, Educación y Sociedad CTES, Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente A.C. México.
- Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Education*, 47(4), 474-496.
- Morris, A., & Parker, P. (2003). Developing a typology for practice-based research in education: project specification. NERF working paper 7.1.
- National Research Council (1995). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.



- National Research Council (2000a). How people learn: Brain, mind, experience, and school. Washington , DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000b). Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.
- Reid, A., & Dillon, J. (2004). Issues in case-study methodology in investigating environmental and sustainability issues in higher education: towards a problem-based approach? *Environmental Education Research*, 10(1), 23-37.
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Young Choi, M., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). A Review of Research on Outdoor Learning. UK: National Foundation for Educational Research and King's College London.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D, Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe. Brussels: Report EU22-845.
- Russell, C. B. & Weaver, G.C. (2011). A comparative study of traditional, inquiry-based, and research-based laboratory curricula: Impacts on understanding of the nature of science. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 57-67.
- Schön, D. (1987). Educating the reflective practitioner. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Contacto

Dra. Isabel López Zamora, es Investigadora y Docente en el Área de Investigación en Biología Vegetal, Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana, Región Xalapa, Veracruz, México, Email: ilopez@uv.mx, 01-52 (228) 8418900 extensión 13419.

