

Diseño de casos de estudio como herramienta didáctica B-Learning para la enseñanza del análisis de riesgo en Ingeniería Química

Ramos Vázquez Karina Itzel, Gavilán García Irma Cruz*

Unidad de Gestión Ambiental, Facultad de Química, UNAM. Av. Universidad 3000, Col. Copilco, Ciudad de México C.P. 04510, México.

*Autor para correspondencia: irmac@unam.mx

Recibido:

22/junio/2021

Aceptado:

09/noviembre/2021

Palabras clave:

Casos de estudio,
análisis de riesgo,
B-learning

Keywords:

Case study,
risk analysis,
B-learning

RESUMEN

La enseñanza tradicional de ciencias, particularmente en la ingeniería química, tiene como retos la integración de los conocimientos y el desarrollo de habilidades de análisis, síntesis, aplicación de conocimientos a situaciones reales, entre otros. Se propone el modelo de B-learning para casos de estudio en la enseñanza para superar dichos retos. Este trabajo se enfoca en el diseño y desarrollo de casos de estudio como herramienta para la enseñanza del análisis de riesgo como resultado del manejo de sustancias químicas peligrosas, en este caso Cloro. Se realizaron escenarios de simulación a través del programa de uso libre ALOHA. Se evaluó el efecto de las condiciones meteorológicas en los resultados de los diferentes escenarios para instalaciones industriales reales, donde el riesgo es latente por el tipo de materiales químicos utilizados en sus procesos.

ABSTRACT

Traditional science teaching, particularly in chemical engineering, faces challenges such as the integration of knowledge and the development of skills for analysis, synthesis, application of concepts to real situations, among others. The B-learning model is proposed for case studies in teaching to overcome those challenges. This paper focuses on the design and development of case studies as a tool to teach risk analysis. The risk is a result of the management of hazardous chemical substances, and in this case, chlorine was selected. ALOHA, a free simulation software, was used as a simulation tool for different scenarios. The effect of meteorological conditions was evaluated on the results of the simulations for real industrial facilities, where the risk is latent due to different types of chemical materials used in their processes.

Introducción

El manejo de sustancias químicas peligrosas forma parte esencial del quehacer del ingeniero químico. Estas sustancias son aquellas que, por sus propiedades físicas y químicas, al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas presentan la posibilidad de riesgos de inflamabilidad, de reactividad o peligros especiales, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños materiales a las instalaciones (CENAPRED, 2014). Entre las propiedades que presentan las sustancias químicas peligrosas se encuentran: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad.

Debido a que el conocimiento profundo sobre el manejo adecuado y seguro de las sustancias químicas es un requisito indispensable para una vida profesional satisfactoria, la enseñanza efectiva de estos conceptos en las aulas resulta sumamente relevante. Anaya (1998) identifica dos retos a superar en la enseñanza de la ingeniería Química: 1) La amplitud de los conocimientos a impartir y 2) La integración de conocimientos. El primero recae en la existencia de un criterio de selectividad para procurar que lo esencial sea enfatizado dado lo vasto del currículo. El segundo, por otro lado, nos habla de la dificultad que tienen los estudiantes para poder utilizar todo lo aprendido en el aula y resolver problemas reales que se le presenten en el ejercicio de su profesión. Es precisamente este último punto que se busca resolver y/o mejorar al introducir el estudio de casos reales como una herramienta de aprendizaje.

Freeman (2006) define un caso de estudio como una historia con un mensaje educativo. Asimismo, menciona que el objetivo de la enseñanza con el método de casos no es precisamente enseñar sobre el contenido científico (aunque sí sucede), sino enseñar cómo funciona el proceso científico y desarrollar habilidades de aprendizaje de mayor orden, es decir, enfocarse más en la comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación, entre otras.

Los casos de estudio pueden desarrollarse por completo o extraerse de alguna fuente y editarlos a conveniencia. En otras palabras, los casos pueden personalizarse de acuerdo con los objetivos del profesor. Freeman (2006) propone la siguiente clasificación para casos de estudio: a) Decisión o dilema, b) Casos de evaluación, c) Historias de casos. En el contexto de este trabajo, se busca que los casos se basen en accidentes reales relacionados con manejo de sustancias químicas peligrosas (principalmente en almacenamiento) y se adapten a las herramientas de simulación disponibles.

El surgimiento y popularización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) impactó a los procesos educativos y su consecuente incorporación dio lugar a la emergencia del E-learning como una modalidad formativa. En ella, la instrucción se funda en la web y los diversos recursos electrónicos disponibles. Sin embargo, las esperanzas puestas en el E-learning fueron decayendo y el Blended Learning (B-learning) surge como una formación alternativa. (Turpo, 2013)

Graham (2006) define B-learning como la combinación de dos modelos de enseñanza distintos: Sistemas de aprendizaje presencial y sistemas de aprendizaje distribuidos donde el uso de tecnologías basadas en computación tiene un rol central. La formación mediante la incorporación de las TIC como catalizador del proceso de renovación pedagógica favorece y promueve también la búsqueda de estrategias didácticas que involucren, en mayor medida, al estudiante en el proceso educativo (Vásquez, 2016).

Los ambientes de aprendizaje b-learning ponen a disposición del estudiante una serie de recursos informáticos que le permiten participar en la dinámica de construcción de conocimiento de una forma distinta mediante herramientas para simulación de escenarios, entornos personales de aprendizaje, aplicaciones que permiten la comunicación tanto sincrónica como asincrónica (Badel et al, 2005). Por otro lado, los ambientes b-learning aportan flexibilidad en los tiempos y espacios educativos, acceso a gran variedad de recursos que van más allá de los que ofrece el profesor, facilita el desarrollo de competencia digital e introduce nuevos modos de interacción entre alumno-profesor y entre alumnos (Salinas et al, 2018).

Los retos del b-learning desde la perspectiva pedagógica aparecen en la creación del nuevo espacio de aprendizaje, en el manejo del tiempo y en la función de los encuentros cara a cara respecto al uso del entorno virtual (Salinas et al, 2018). Megías (2016) menciona que cuando el alumnado esté conectado deben ser animados y guiados para que sean participativos. Además, la información debe ser tratada de forma adecuada, por lo que se requiere un conocimiento y capacidad para la correcta utilización e interpretación de la misma.

Al mismo tiempo, se requieren desarrollar herramientas y sistemas que soportan las diferentes actividades. Algunas son diseñadas específicamente con un objetivo educativo y en otros casos se utilizan servicios o aplicaciones de internet de uso general. (Salinas et al, 2018).

Una de las principales herramientas informáticas para el análisis de riesgo es, sin duda ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*, por sus siglas en inglés), el cual

es un programa computarizado desarrollado por la NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*, por sus siglas en inglés) y la EPA (*Environmental Protection Agency*, por sus siglas en inglés), diseñado para modelar dispersiones de accidentes químicos, que permite predecir el comportamiento de emisiones de vapores que pueden escapar a la atmósfera después de una descarga química accidental desde tuberías de gas colapsadas, fugas de tanques y charcos en evaporación (EPA y NOAA, 1998).

El uso de este programa permite a los estudiantes modelar diversos escenarios de fuga: Nubes de gases tóxicos, BLEVEs (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions*), dardos de fuego (*jet fire*), explosiones de nubes de vapor (*vapor cloud explosions*), incendios en líquidos (*pool fire*), variando parámetros como velocidades de viento, condiciones atmosféricas, efectos de conducción por el tipo de terreno, entre otros.

Asimismo, el ALOHA permite posicionar geográficamente el escenario en cualquier sitio, lo que ofrece una ventaja didáctica al diseñar el caso de estudio para instalaciones industriales reales donde el riesgo es latente por el tipo de sustancias químicas utilizadas en sus procesos. Un entorno B-learning con este modelo, nos ofrece versatilidad, tanto si trabajamos por proyectos, centrados en problemas o si nos planteamos objetivos orientados a desarrollar competencias específicas.

El objetivo de este trabajo es el diseño y desarrollo de casos de estudio basados en accidentes y/o condiciones reales que involucren sustancias peligrosas para introducir a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química al tema de riesgo y las herramientas disponibles para su análisis, y que paralelamente desarrollen el pensamiento crítico, toma de decisiones, procesamiento e interpretación de información. Posteriormente se llevará el material desarrollado al aula para cursos de temática ambiental, sin embargo, ese proceso se encuentra fuera de los alcances del presente trabajo.

Metodología

Definición de la sustancia química involucrada y la localización del caso de estudio

Se eligió el Cloro como sustancia química peligrosa luego de consultar el listado de las sustancias almacenadas en mayor volumen en México, disponible en la Guía de Riesgos Químicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014). El lugar seleccionado fue el Puerto de Altamira, en Tamaulipas, México debido a su relevancia para el sector industrial nacional.

Diseño del formato que integra los parámetros de trabajo con el software

Se construyó un formato que permite ordenar la información necesaria, de acuerdo con la estructura requerida por el programa. Divide los datos por secciones: Descripción del caso, Información básica, Parámetros meteorológicos y del terreno y Fuente de fuga; que, a su vez, se divide en los cuatro tipos de fuentes que ALOHA puede modelar: Directa, Charco, Tanque y Tubería.

Diseño y desarrollo del caso de estudio basado condiciones reales

Se especificaron los detalles del escenario, entre los que se encuentran el tipo y dimensiones del contenedor, fecha y hora, tipo de fuga, causa de la fuga, presión y temperatura. A continuación, se recolectó la información meteorológica necesaria en las que se llevó a cabo el evento para la modelación en ALOHA. Se utilizaron datos promedio dependiendo de la estación del año, temporada y hora del día. Entre los parámetros importantes, se encuentran temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad, nubosidad, por mencionar algunas.

La información se organizó a través del formato desarrollado a partir de la interfaz y requerimientos del simulador elegido. Se ingresó la información en la versión 5.4.7 del programa ALOHA. Los gráficos obtenidos se analizaron dentro del contexto en el que se desenvuelve el caso y se desarrollaron casos alternos donde se modificaron las condiciones meteorológicas para comparar su efecto.

Resultados y discusión

A continuación, se describe el caso bajo estudio como "Caso Cloro A":

La compañía Orbia (hasta el 2018 conocida como Mexichem) comenzó como un productor líder de materias primas, y debido a su expansión, actualmente es líder en polímeros, materiales e infraestructura (Orbia, s.f.). Entre su gama de productos, se encuentran resinas de PVC a partir de la producción de cloro combinado con etileno. En la mañana (8:30 am) del 8 de junio del 2020, los trabajadores se percatan que uno de los tanques de cloro tiene una fuga circular de 10 cm de diámetro. El tanque, con capacidad de 25,000 litros, se encuentra en la zona de almacenamiento en las instalaciones de Orbia en el Complejo Industrial Portuario del Altamira, Tamaulipas. Es un día nublado en el puerto, la temperatura es de 29°C, la humedad relativa de 76% y los vientos provienen del este a una velocidad de 3.92 m/s. Los trabajadores alertan de la fuga y comienzan a realizar los protocolos correspondientes. Días después,

el equipo de investigación del accidente identifica que la fuga fue resultado de una válvula defectuosa ubicada a 0.46 m del fondo del tanque, el cual se encontraba al 70% de su capacidad.

A partir de este escenario se construyeron variaciones (Casos Cloro B y C), para evaluar el comportamiento debido al cambio en las condiciones meteorológicas (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones meteorológicas para casos A, B y C.

Caso Cloro	Hora del evento	T [°C]	Humedad relativa [%]	Vel. del viento [m/s]	Dir. del viento	Nubosidad [%]
A	08:30	29	76	3.92	Este	100
B	15:00	32	5.28	Este	50	
C	02:30	27	66	3.33	Sureste	50

Para estos escenarios, ALOHA arroja un gráfico (Figura 1) para el caso Cloro A que muestra la nube tóxica que alcanza hasta 10 km de distancia desde el origen de la fuga, donde se distinguen diferentes concentraciones para un tiempo de exposición de 60 minutos.

Dicha nube se afecta por la velocidad y dirección del viento por lo que se crea una pluma. No obstante, el software muestra líneas de confianza de la dirección del viento, la cual es un área delimitada en la cual hay un 95% de probabilidad de que la acumulación de gas permanezca dada la supuesta cantidad de fluctuación en la dirección del viento (EPA y NOAA, 1998).

Para el caso Cloro A (Figura 2), la nube de gas puede distribuirse hasta alcanzar un ancho de 10 km. La emisión de cloro se realiza en 6 minutos con una velocidad máxima de 5,490 kg/min.

Si ocurre un aumento de temperatura, humedad y velocidad del viento (caso Cloro B), la pluma de gases se ve afectada directamente (Figura 3). Las líneas de confianza indican que la nube se puede dispersar hasta alcanzar aproximadamente 7 km de ancho. El aumento de temperatura provoca que se evapore con más facilidad, por lo que se escapa durante 6 min a velocidad máxima de 5,820 kg/min.

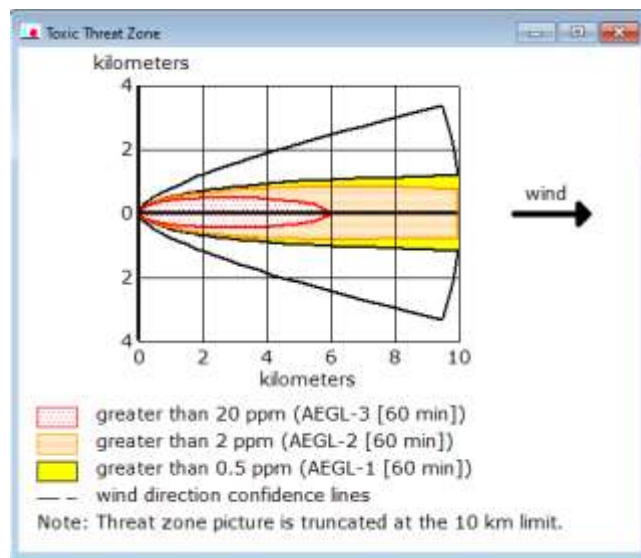


Figura 2. Zona tóxica para caso Cloro B

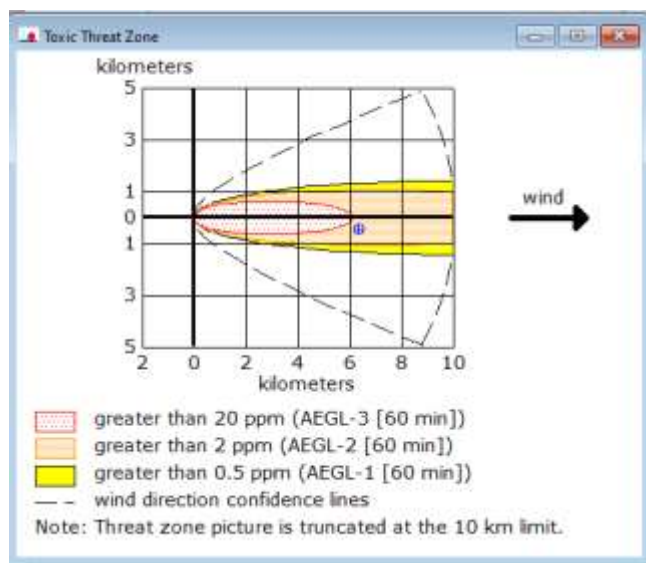


Figura 1. Zona tóxica para caso Cloro A

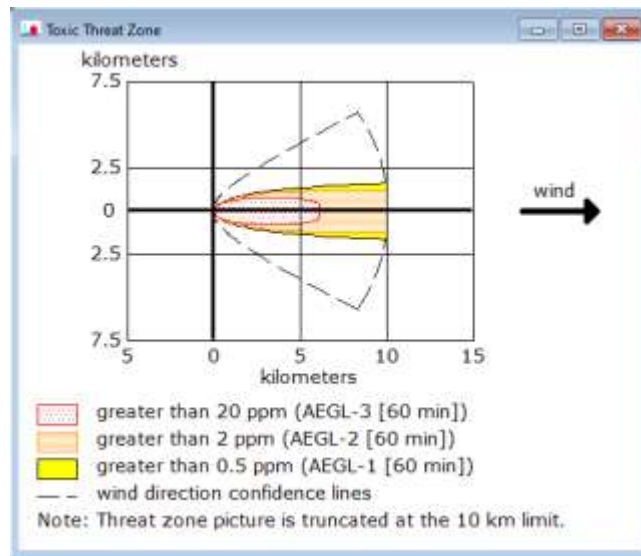


Figura 3. Zona tóxica para caso Cloro C

Si la emisión ocurre en la madrugada (caso Cloro C), las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad y velocidad del viento) alcanzan sus valores más bajos para el verano en Altamira, Tamaulipas. Además, la dirección del viento cambia por lo que la dirección de la pluma tóxica se modifica (Figura 3). El ancho aproximado es de 11 km y el tiempo total de emisión es de 6 minutos a velocidad máxima de 5,280 kg/min.

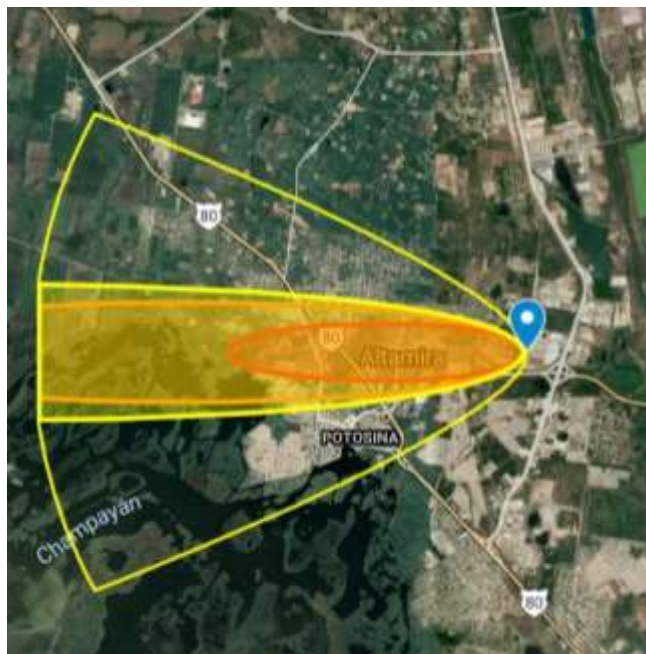


Figura 4. Proyección de la nube tóxica de caso Cloro A. (Mapa base extraído de Google Maps)



Figura 5. Proyección de la nube tóxica de caso Cloro B. (Mapa base extraído de Google Maps)

De manera general, se observa que la temperatura y humedad tienen una relación directamente proporcional a la velocidad máxima de emisión. Por otro lado, la velocidad y dirección del viento tienen gran influencia en la morfología de la nube tóxica; a mayor velocidad, la pluma se vuelve menos ancha. El gráfico que arroja el software ALOHA no permite observar el comportamiento de la pluma más allá de 10 km de la zona de emisión, así como un perfil en el eje z, lo que representa una limitante.

Una vez que se coloca el gráfico sobre la imagen del terreno, se puede observar el alcance que puede tener la emisión (Figuras 5-6).

Los tres casos simulados en ALOHA muestran que la mayor parte de Altamira se cubriría con la nube de Cloro. La zona más afectada es aquella con mayor densidad de población pues la concentración es superior a 20 ppm, la cual puede ser fatal. Aquí se demuestra la importancia de realizar ejercicios de análisis de riesgo como medida preventiva en los alrededores de zonas industriales con tal densidad de población.

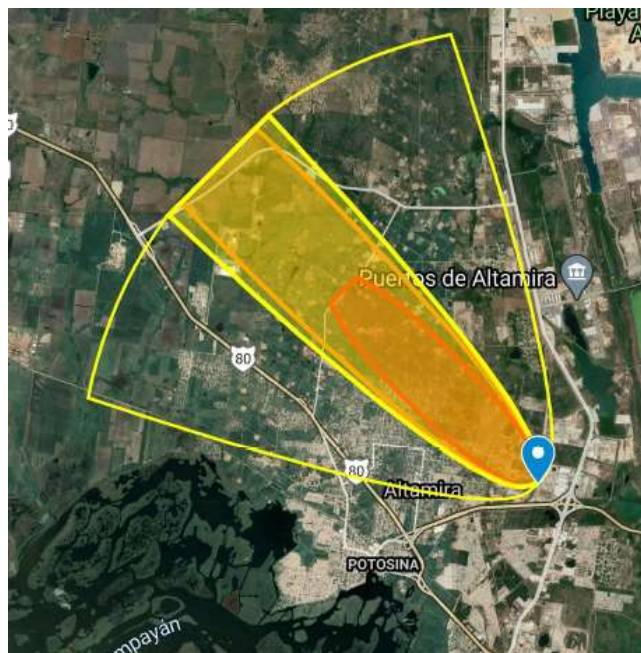


Figura 6. Proyección de la nube tóxica de caso Cloro C. (Mapa base extraído de Google Maps)

Conclusiones

El manejo de sustancias químicas peligrosas es parte esencial del actuar diario del ingeniero químico, por lo que se requiere que durante su formación se asegure un aprendizaje efectivo y comprensión profunda de los conceptos. Sin embargo, entre los múltiples retos del proceso enseñanza-aprendizaje, identificamos la falta de

integración de conocimientos y el desarrollo de habilidades como la síntesis, análisis y aplicación de conceptos a problemas reales. Mediante la introducción del método de casos de estudio se pretende abordar estos retos y proveer más herramientas a los profesores para lograr sus objetivos en el aula.

En este trabajo se diseñó y desarrolló un caso de estudio que involucra Cloro como sustancia química peligrosa (debido a su alta toxicidad) y se lleva a cabo en el Complejo Industrial Portuario Altamira. Se seleccionó el software ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) como herramienta para la simulación de escenarios de riesgo debido a que es gratuito, ampliamente utilizado y de fácil manejo.

Los escenarios desarrollados presentan el efecto de las condiciones meteorológicas en los resultados de las simulaciones. De manera general, se observa que la temperatura y humedad tienen una relación directamente proporcional a la velocidad máxima de emisión. Por otro lado, la velocidad y dirección del viento repercuten en la morfología de la nube tóxica. Se pone en evidencia una limitante del ALOHA, pues el gráfico que muestra no permite observar el comportamiento de la pluma más allá de 10 km de la zona de emisión, así como un perfil en el eje z.

En resumen, la simulación de fuga de Cloro con ALOHA se llevó a cabo de manera satisfactoria y demuestra que los casos de estudio pueden llevarse al aula dentro del marco del B-learning, como una opción para fortalecer la integración de conocimientos en la enseñanza de Ingeniería Química.

Finalmente, los docentes de la Facultad de Química nos enfrentamos a nuevos medios y tecnologías emergentes que cambian aceleradamente, ante este reto, nuestro proyecto de estrategia didáctica con enfoque B-Learning para los temas ambientales permitirá enfrentar el nuevo escenario educativo para generar un entorno que motive al estudiante para construir el conocimiento, mediante recursos didácticos digitales que propicien el aprendizaje autónomo.

Próximas acciones: Se han identificado los siguientes pasos a seguir en el desarrollo de este tema: 1) Realizar un comparativo de los resultados obtenidos con otros simuladores, 2) Diseñar estrategias de evaluación del impacto de la herramienta didáctica en el proceso enseñanza/aprendizaje y 3) Llevar los casos de estudio al aula e integrar la retroalimentación de los estudiantes.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al proyecto PAPIME PE212920 de la DGAPA de la UNAM.

Referencias

- Anaya D., Alejandro. (1998). Reflexiones sobre la enseñanza de la Ingeniería Química. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 42(1), 34-42. Recuperado el 19 de abril del 2021, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47542105>
- Badia A., Barberà E., Coll C., Rochera M. J. (2005). La utilización de un material didáctico autosuficiente en un proceso de aprendizaje autodirigido. *Revista de Educación a Distancia (RED)*
- CENAPRED. (2014). Guía Práctica sobre Riesgos Químicos. CENAPRED.
- EPA y NOAA. (1998). ALOHA. Manual para usuarios. Versión 5.2.2 en español. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/1000375Z.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2016%20Thru%202020%7C1991%20Thru%201994%7C2011%20Thru%202015%7C1986%20Thru%201990%7C2006%20Thru%202010%7C1981%20Thru%201985%7C2000%20Thru%202005%7C1976%20Thru%201980%7C>
- Freeman H., C. (2006). Case Studies in Science: A Novel Method of Science Education. En C. Freeman Herreid (Ed.), *Start with a story. The Case Study Method of Teaching College Science* (págs. 29-40). NSTA press.
- Graham C. R. (2006) Chapter 1.1 Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, And Future Directions. En Bonk, C.J. & Graham, C. R. (Eds.) *Handbook of blended learning: Global Perspectives, local designs* (págs 3-21). Pfeiffer Publishing
- Megías Ruíz Susana (2016) Evaluación de las plataformas virtuales SWAD y Moodle a través de indicadores de calidad. Tesis doctoral, Facultad de ciencias de la educación, Universidad de Granada, España.
- Orbia. (s.f.). Esto es Orbia. Recuperado el 09 de junio del 2021, de: <https://www.orbia.com/es/esto-es-orbia/>
- Salinas I. J., De Benito C. B., Pérez G. A., Gisbert C. M. (2018) Blended learning, más allá de la clase presencial. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED)*, 21(1), 195-213.
- Turpo G. O. (2013) Perspectiva de la convergencia pedagógica y tecnológica en la modalidad blended learning. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 39, 1-14.
- Vásquez A., M. (2016). Modelos blended learning en educación superior. *Innovación en la enseñanza*.