

EVALUADOR DE SENTENCIAS DE BASES DE DATOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

L. G. Gutiérrez Torres¹
F. J. Martínez López²
P. Vega Flores³

RESUMEN

El presente trabajo muestra el diseño y desarrollo de una plataforma web, cuyo objetivo principal es evaluar de forma automatizada e inmediata diversos problemas de selección del Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL) y otorgar información automática del resultado a los usuarios. Se utilizó una metodología iterativa incremental para el desarrollo de los diversos módulos del sistema. En primer lugar se desarrolló una aplicación de escritorio que sirvió como prototipo para aplicar pruebas dentro de una intranet, y posteriormente se creó una aplicación en línea que puede ser utilizada por cualquier persona que tenga el interés de aprender el lenguaje SQL. Este evaluador se ha usado con éxito en instituciones de educación superior y media superior. Hasta ahora no había un juez automático público que funcionara de manera similar. Este trabajo pretende contribuir a la formación de Ingenieros en sistemas computacionales y de carreras afines en cuestiones de tecnologías de consultas complejas del lenguaje SQL, que les permita aprender y prepararse para retos globales mediante las mejores herramientas.

ANTECEDENTES

El Lenguaje Estructurado de Consulta (SQL, por sus siglas en inglés: Structured Query Language) es muy importante en los cursos de bases de datos, tanto en Nivel Superior como en carreras técnicas de nivel Medio Superior.

SQL es, desde hace más de tres décadas, el lenguaje estándar en los Data Base Management Systems (DBMS) relacionales utilizados por la mayoría de las empresas alrededor del mundo.

SQL es bastante amplio, incluye tres lenguajes dentro de él: Data Definition Language (DDL), Data Manipulation Language (DML) y Data Control Language (DCL) (Gutiérrez, 2015a). El DDL se encarga de las instrucciones relacionadas a la creación de bases de datos y tablas, incluye instrucciones como CREATE TABLE. DCL es el lenguaje responsable de las sentencias de seguridad, entre ellas se encuentra CREATE USER, GRANT, DENY. DML contiene los comandos relacionados con la manipulación de datos, SELECT, INSERT, UPDATE y DELETE entre otros. Un ejemplo sencillo de consultas de selección es el siguiente “Select clave, nombre, precio from productos where precio <=150”. Las consultas son parte fundamental del lenguaje SQL, y además son muy importantes en el desarrollo de un sistema de información, ya que permiten obtener información que se encuentra almacenada dentro de una base de datos.

Actualmente, dentro del contexto de Educación Superior Tecnológica no existe una herramienta que permita auxiliar en el proceso enseñanza-aprendizaje del lenguaje SQL. Como se menciona en (Gutiérrez, 2015a), docentes y estudiantes de carreras como Ingeniería en Sistemas Computacionales, Informática, Ingeniería de Software o alguna otra

¹ Profesor de tiempo completo, Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. licgerman@itsur.edu.mx

² Profesor de tiempo completo, Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. fj.martinez@itsur.edu.mx

³ Profesor de tiempo completo, Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. p.vega@itsur.edu.mx

que requiera desarrollar la competencia en el dominio del lenguaje SQL, tanto a nivel superior como en nivel Medio Superior, podrían resultar beneficiados de un software de este tipo.

Como es evidente, dentro de una institución de educación superior tecnológica y como se menciona en Gutiérrez (2015a), actualmente las evaluaciones automatizadas tienen un papel fundamental en la educación moderna, ya que reducen la carga de trabajo de los docentes para que puedan dedicar más tiempo al proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, permiten que el alumno desarrolle de manera más rápida y efectiva competencias mediante la implementación de aprendizaje basado en problemas.

En la actualidad existe una amplia variedad de sistemas de evaluación dirigidos a la enseñanza-aprendizaje, sin embargo, la mayoría se centran en preguntas de opción múltiple, siendo que para tener una evaluación completa se debería tener también la evaluación de su destreza en la resolución de problemas.

Los sistemas de evaluación denominados jueces automáticos en línea, son sistemas de evaluación que se utilizan dentro del proceso enseñanza aprendizaje de lenguajes de programación como Java, C, C++, C#, entre otros y que conforme a Gutiérrez (2015b) han tomado una gran importancia en el ámbito de los concursos de programación de algoritmos.

Dos parámetros útiles para medir el impacto de un juez automático en línea son el número de usuarios registrados y la cantidad de problemas que ofrecen para resolver, por ejemplo, SPOJ tiene 312,000 usuarios registrados y más de 20,000 problemas para resolver con más de 4,000 instituciones afiliadas. Codeforces tiene 54,235 usuarios, CodeChef supera los 30,000 usuarios. Por otro lado, empresas de tecnologías de la información organizan sus propios concursos con el objetivo de reclutar a los mejores programadores del mundo, tal es el caso de Google que organiza el evento denominado CodeJam o Facebook que organiza el Facebook Hacker Cup.

Las aplicaciones del tipo juez automático en línea proporcionan al usuario una diversidad de problemas de programación de computadoras y permiten la evaluación inmediata de una solución enviada. Los jueces automáticos se fundamentan en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y ofrecen retroalimentación inmediata cuando la solución es enviada, mostrando diversos mensajes en respuesta, por ejemplo, respuesta incorrecta, error de compilación, error en tiempo de ejecución y tiempo límite excedido. Esta información es valiosa para que el programador analice su solución y la corrija.

Actualmente existen muchos jueces automáticos en la web, sin embargo todos están orientados a diversos lenguajes de programación estructurada y orientada a objetos, pero no existe un juez de este tipo para sentencias SQL. Entre los jueces de algoritmos más conocidos y utilizados se encuentran: Uva online Judge, de la Universidad de Valladolid en España, Sphere Online Judge (SPOJ), desarrollado en Polonia, Codechef de la India, USA Computing Olympiad (USACO) que es utilizado para entrenar alumnos de la Olimpiada de Informática de Estados Unidos, COCi de Croacia, URI Online Judge, elaborado en Brasil, AIZU Online Judge de Japón, Zhenjiang University Online Judge de China, entre otros,

además, también existen sitios web que organizan concursos de programación abiertos periódicamente como Topcoder y Codeforces.

Entonces, todos los jueces automáticos existentes se enfocan lenguajes de programación pero no en SQL, a la fecha, no se encuentra disponible un sistema de evaluación de consultas SQL que permita la creación de exámenes y tareas en línea y además sirva como herramienta a docentes y alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Gutiérrez (2015a) documenta la existencia de algunas herramientas que ayudan en la evaluación y aprendizaje de consultas de selección SQL, pero ninguna de ellas permite un uso libre, en línea, ni la creación de grupos para la asignación de tareas y evaluaciones.

Además, Gutiérrez (2015a) menciona diversas herramientas que podrían auxiliar en el proceso de enseñanza aprendizaje, pero que no son satisfactorias. Herramientas como: SQLTutor, un sistema diseñado como un entorno de prácticas pensadas en alumnos que ya conocen el lenguaje SQL y que fue propuesto por Mitrovic(2003) para la tutorización inteligente y virtual. SQLTutor es una aplicación de escritorio que permite trabajar solo con sentencias SELECT. En el sistema se encuentran un conjunto de problemas para distintas bases de datos y la solución ideal en cada uno de los casos. Permite la evaluación de las consultas que realiza el alumno a través de la comparación con una solución ideal. Sin embargo podemos encontrar algunos inconvenientes como el que no muestra resultados de la consulta, solo se recibe retroalimentación sobre los errores que se generan en las consultas y que cada persona trabaja de manera local en su equipo y los docentes no tienen registro del avance de sus alumnos ni pueden agregar problemas para realizar evaluaciones a un grupo de alumnos. SQLTutor no permite a los docentes generar exámenes para evaluar a sus alumnos.

También, en Gutiérrez (2015a) se menciona el ambiente interactivo WebSQL, desarrollado en la Universidad de Minnesota y documentado por Allen (2000) que sirve para la ejecución de sentencias SQL vía Internet. Con los inconvenientes de que el ambiente no evalúa de forma automática, el alumno debe comparar los resultados de forma manual. WebSQL recibe instrucciones SQL a través de un navegador, envía las instrucciones al servidor y éste la manda a un SGBD. Se pueden utilizar tres diferentes bases de datos.

Por otra parte, SQL-trainer es otra herramienta web que puede orientarse al propósito pero no de la manera que se persigue mediante este trabajo, fue presentada por Laine (2001). Ofrece una sola base de datos. Los comandos se evalúan en ORACLE. SQL-trainer fue desarrollado en la Universidad de Helsinki. Actualmente, el servidor ya no se encuentra en funcionamiento. Bhagat, S., Bhagat, L., y Sasikumar (2002) desarrollaron Acharya, un sistema para el aprendizaje de SQL que soporta cualquier comando SQL y va determinando el siguiente problema a realizar en función de las consultas resueltas correctamente. Lo llaman sistema de tutorías inteligente (ITS). Coleman (2003) propone AsseSQL, un sistema para aplicar evaluaciones a los alumnos. Presenta una propuesta en la cual el alumno debe contestar un conjunto de problemas en un determinado tiempo. El software evalúa las consultas del alumno y compara los resultados con los esperados mostrando los mensajes de retroalimentación correspondientes. Permite solamente la ejecución de sentencias SQL.

Sadiq, S., Orlowska, M., Sadiq, W., & Lin, J. (2004) crearon SQLator. Dekeyser, S., de Raadt, M., y Lee, T. (2006) desarrollaron SQLify, ambos sistemas son similares a AsseSQL que permiten la evaluación de consultas SQL. Kenny, C., y Pahl, C. (2005) proponen un sistema automatizado de tutorías con bases de datos que organiza los problemas de sentencias SQL en varios niveles de acuerdo a un determinado grado de dificultad. El sistema permite la retroalimentación de tres formas: mensajes de error, pistas o soluciones parciales. Soler (2010) en su tesis doctoral propone un Entorno Virtual para el Aprendizaje y la Evaluación Automática en Bases de Datos. Un sistema bastante completo en donde se evalúan desde diagramas de modelado de bases de datos, consultas de álgebra relacional llegando a evaluar también todo tipo de consultas SQL, no solo consultas de selección. Pero solamente puede ser utilizada en la plataforma por alumnos de su universidad.

En resumen, se puede mencionar que existe una gran diversidad herramientas que permiten la evaluación de sentencias SQL, pero cada una de ellas con distintos inconvenientes que impiden el propósito del presente trabajo. Además, ninguno de estos sistemas está orientado a la creación de exámenes automatizados, ni de tareas que puedan ser autoevaluadas y que sirvan como herramienta para docentes.

El sistema Web SQLJudge desarrollado en este proyecto tiene la capacidad de evaluar específicamente consultas de selección SQL, las cuales forman parte del lenguaje DML. Permitir la creación de exámenes con evaluaciones automáticas de consultas SQL que entreguen retroalimentación al usuario y ahorren tiempo valioso en cuestiones de revisión. Esta herramienta promueve totalmente el aprendizaje basado en problemas, permite maximizar los tiempos respecto a revisión de problemas, ofrece una respuesta automática y descriptiva al estudiante lo que agiliza enormemente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

METODOLOGÍA

El primer paso en el desarrollo de la plataforma consistió en la elaboración de la funcionalidad principal del sistema, el módulo de evaluación de sentencias SQL. Este módulo se implementó sobre una aplicación de escritorio en la que se realizaron las pruebas de evaluación de todo tipo de consultas de selección, incluyendo consultas básicas, funciones de cadena, consultas de varias tablas, agrupaciones y subconsultas entre otros. En la Figura 1, Prototipo SQLJudge se puede observar una ventana del prototipo que se desarrolló inicialmente para probar el módulo de evaluación de consultas SQL. En esta figura se muestra un ejemplo donde el resultado que emite el evaluador es “ACEPTADO”, lo cual indica que la respuesta es correcta.

Una vez verificado el módulo principal se procedió al desarrollo de una plataforma web, la cual se denominó Web SQLJudge y tiene como objetivo ofrecer un juez automático, a través de Internet para todo usuario que desee aprender sentencias de selección SQL. Para llevar a cabo esta tarea se eligió un ciclo de vida iterativo incremental. Este tipo de metodología permite el desarrollo en módulos que pueden ser instalados periódicamente incrementando la funcionalidad de la plataforma en cada una de las implementaciones. El ciclo de vida iterativo incremental permitió diseñar, desarrollar, implementar y realizar pruebas de producción de cada uno de los módulos que se iban desarrollando. Es importante mencionar que en el desarrollo del proyecto participaron dos docentes y dos alumnos de sexto semestre adjuntos a la carrera de Ingeniería en Sistemas del ITSUR.

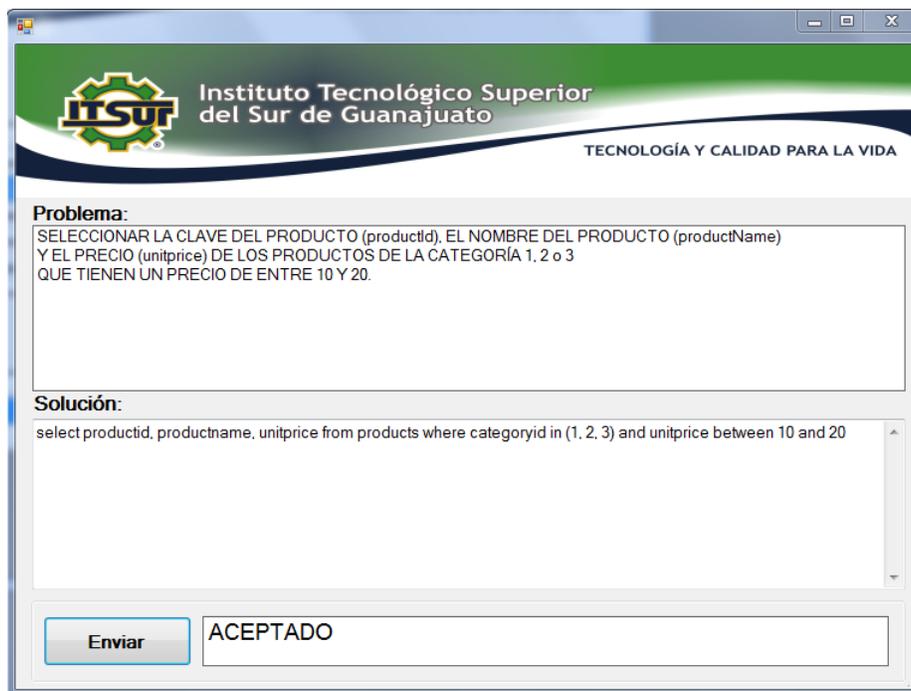


Figura 1. Prototipo SQLJudge.
Fuente: elaboración propia

El Sistema Gestor de Bases de Datos MySQL, es uno de los más utilizados en el mundo, un gran porcentaje de sitios web alrededor del planeta lo manejan actualmente, por este motivo se decidió desarrollar el evaluador para este manejador de base de datos, aunque el procedimiento utilizado para la evaluación de las consultas permite que en un futuro se realicen evaluaciones con diferentes gestores.

Para el desarrollo de la aplicación de escritorio se utilizó Microsoft Visual Studio Community Edition con el lenguaje de programación CSharp, y una arquitectura en capas que permite el desacoplamiento de interfaz gráfica y el código de acceso a base de datos, además esto facilitó la integración posterior con un sistema web.

En la creación de la aplicación web se utilizó JavaScript, Asp.net, CSS3 y HTML5. El uso de estas herramientas permitió que las evaluaciones de las sentencias SQL se ejecutaran con una excelente velocidad mostrando el resultado de cada evaluación en menos de un segundo por cada problema.

La plataforma Web SQLJudge

Para utilizar la aplicación, el usuario debe obtener una cuenta y posteriormente ingresar con sus datos. Una vez dentro del sistema, la plataforma Web SQLJudge presenta al usuario una lista de problemas agrupados por categorías, el usuario elige uno de ellos para resolverlo. La Figura 2. Listado de problemas en Web SQLJudge presenta un ejemplo del listado de problemas que el alumno puede elegir. Una vez seleccionado un problema, la plataforma

muestra una página donde el usuario lee el problema para que una vez resuelto pegue su código SQL que será evaluado en el servidor.

Numero	Nombre	Categoría
1	Productos mayores a 10	Consultas Basicas
2	Prod. categoría 1, 2, 3	Consultas Basicas
3	Nombre que comienza con "C"	Consultas Basicas
4	Comienzan o terminan con "a"	Consultas Basicas
5	Contienen la palabra "Queso"	Consultas Basicas
6	Productos que comienzan con vocal.	Consultas Basicas
7	Los que cuestan mas de 31 dls.	Consultas Basicas
8	Rangos de precios	Consultas Basicas
9	Precio diferente a un rango.	Consultas Basicas
10	Todos los paises	Consultas Basicas
11	Países con población CERO	Consultas Basicas
12	Órdenes de dic. del 96	Consultas Basicas
13	Órdenes de USA, Italy, France	Consultas Basicas
14	Ciudades y envíos sn repetirse	Consultas Basicas
15	Órdenes de julio y agosto	Consultas Basicas
16	Ciudades de Europa	Consultas De Varias Tablas
17	Lenguajes de paises de Oceanía	Consultas De Varias Tablas
18	Productos y categorías	Consultas De Varias Tablas

Figura 2. Listado de problemas en Web SQLJudge.

Fuente: elaboración propia

Como resultado de la evaluación, el sistema SQLJudge presenta al alumno alguno de los siguientes mensajes a modo de retroalimentación:

1. **ACEPTADO (AC)**. Este mensaje aparece cuando el resultado de la consulta enviada por el usuario presenta datos idénticos a la respuesta oficial. El mensaje indica que la respuesta es correcta.
2. **RESPUESTA INCORRECTA (WA)**. Se muestra si la tupla que resulta de la consulta del usuario tiene el mismo número de renglones y el mismo número de columnas que la solución oficial pero los datos resultantes no coinciden.
3. **NÚMERO DE RENGLONES INCORRECTO (NR)**. Cuando el número de renglones no coincide con la solución oficial.
4. **NÚMERO DE COLUMNAS INCORRECTO (NC)**. Este mensaje se muestra cuando el número de renglones si coincide pero el número de columnas no coincide con la solución oficial.
5. **ERROR EN LA EJECUCIÓN (RT)**. Este mensaje de error lo presenta en el caso de que la consulta enviada no pueda ser evaluada debido a que genera un error en tiempo de ejecución. El problema puede deberse a un error de sintaxis, a un error en el nombre de los objetos o cualquier otro error que no permita la ejecución de la consulta.

6. NO SE PERMITEN NOMBRES DE COLUMNAS DUPLICADOS (CD). Debido a la forma de evaluación de las consultas, el sistema no permite que dos columnas tengan el mismo nombre. El lenguaje SQL permite que dos columnas del resultado tengan el mismo nombre, pero por cuestiones técnicas, esto se limita en el evaluador. En la Figura 3. Interfaz de solución de problemas, se puede observar la página donde se encuentra la descripción del problema y un espacio para que el alumno pegue el código de su solución. En este ejemplo se muestra una retroalimentación donde la solución es incorrecta.



Figura 3. Interfaz de solución de problemas
Fuente: elaboración propia

La evaluación de las consultas SQL se realiza comparando la sentencia SQL enviada por el usuario contra la solución que se almacena también como una sentencia SQL dentro del sistema. El usuario buscará obtener el mensaje “ACEPTADO” pero también puede obtener mensajes de retroalimentación que le ayuden a comprender que es lo que está fallando en la solución que envió al sistema.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La plataforma de evaluación de sentencias de bases de datos “Web SQLJudge” ha sido utilizada con éxito en las materias Fundamentos de Bases de Datos y Taller de Bases de datos en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), se utilizó también en la materia Bases de Datos II de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE), y en el nivel Medio Superior fue utilizada en la materia “Bases de Datos Avanzadas” por alumnos del CBTIS 139 de San Francisco del Rincón; así como por alumnos del CBTIS 217 de Uriangato en el Estado de Guanajuato

La disponibilidad de la plataforma en línea ha permitido evaluar hasta la fecha 22,757 sentencias SQL. La Figura 4. Resultados de las evaluaciones de sentencias SQL, muestra que 5,803 envíos han sido evaluados como “ACEPTADO” (AC). El error más común que se comete es de tipo run time error (RT), el cual se registró en 10,608 ocasiones y significa que se cometieron errores de sintaxis. El segundo problema más común fue “Número de renglones incorrectos” lo que significa que se realizó una consulta con el número de columnas adecuado, pero no coincidió en los renglones arrojados por la solución propuesta por el usuario. Mucho menos comunes fueron los errores de “Número de columnas incorrecto” (NC), “Columnas duplicadas” (CD) y “Respuesta incorrecta” (WA).

Uno de los resultados más importantes que se observó en este proyecto fue el tiempo de ahorro para los docentes en la revisión de evaluaciones y prácticas ya que la plataforma Web SQLJudge entrega resultados inmediatos durante un examen y al final del mismo. Este tiempo de revisión se llevó prácticamente a cero, ya que no es necesario que el docente revise las sentencias SQL. La retroalimentación que entrega el sistema permite, también que cada uno de los alumnos observe los resultados de sus respuestas al instante, y por lo tanto, conocen la calificación de su examen en el mismo momento en el que terminan de aplicarlo.

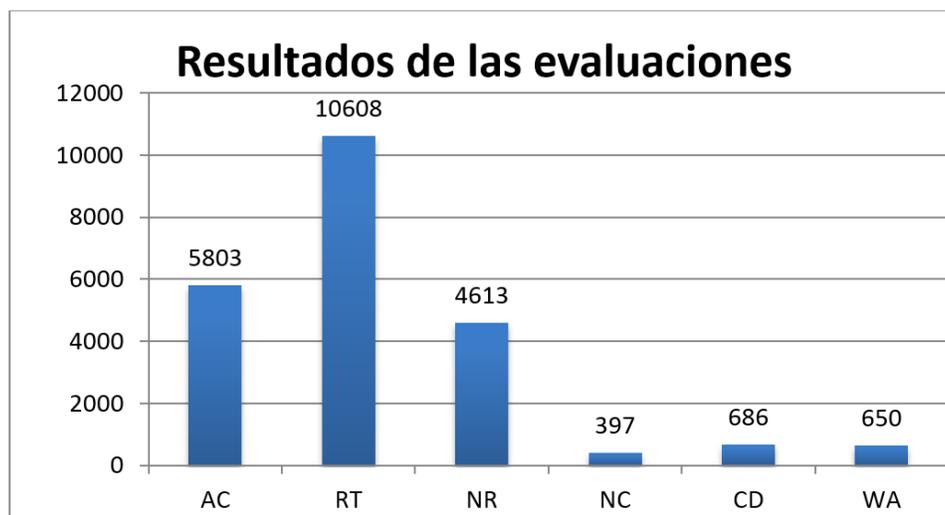


Figura 4. Resultados de las evaluaciones de sentencias SQL.

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

La pregunta principal del presente trabajo de investigación es la siguiente: ¿Es posible desarrollar un sistema Web, que realice evaluaciones automáticas de sentencias en el Lenguaje Estructurado de Consultas, y además retroalimente a los usuarios respecto al resultado obtenido? La plataforma desarrollada y su uso en las evaluaciones a alumnos de diferentes carreras en varias instituciones de Educación Superior y Media Superior demuestran que sí es posible.

Es posible concluir además, que el sistema Web SQLJudge es una poderosa herramienta para que cualquier persona interesada en el aprendizaje de sentencias SQL pueda practicar de forma autónoma o guiada por un docente.

Este proyecto tiene aún una amplia oportunidad de crecimiento ya que podrían agregarse diversos módulos que complementen el sistema, entre ellos, la administración del rating de los usuarios, la posibilidad de que otros docentes generen problemas y casos de prueba que apliquen con sus alumnos y además compartan con otros usuarios, la creación de concursos en el lenguaje SQL para fomentar competencias académicas entre estudiantes de tecnologías de la información y la categorización de problemas de acuerdo a diversos tipos con objetivos didácticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, G. N. (2000). WebSQL: An interactive Web Tool for teaching Structured Query Language. 2000 Americas Conf. on Information System, 2066-2071.
- Bhagat, S., Bhagat, L., & Sasikumar, S. (2002). *Achayra: An intelligent tutoring environment for learning SQL*. Vidyakash 2002 International Conference on online Learning.
- Coleman, J. (2003). *Online Assesment of SQL Query Formulations Skills*. fifth Australian Computer Science Education Conference, 247-256.
- Dekeyser, S., de Raadt, M., & Lee, T. (2004). *Do students SQLify? Improving learning outcomes with Peer review and enhaced computer assisted assessment of Querying Skills*. 6th Baltic Sea Conference on computing Education Research.
- Gutiérrez, L. G., Martínez, F. J., Vega, P., & Morales, D. (2015). Sistema de evaluaciones de consultas SQL: pruebas y retroalimentaciones automáticas. *Compendio Investigativo Academia Journals Celaya* , 2242-2248.
- Gutiérrez, L. G., Morales, D., Martínez, F. J., & Arroyor, M. (2015). Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos. *Revista de Aplicación Científica y Técnica* , 165-172.
- Kenny, C., & Pahl, C. (2005). *Automated tutoring for a Database Skills Training Environment*. ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education 2005, 58-62.
- Laine, H. (2001). *SQL-Trainer*. First Annual Finnish/Baltic Sea Conference On Computer Science Education, 13-17.
- Mitrovic, A. (2003). An intelligent SQL tutor on the web. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 173-197.
- Sadiq, S., Orłowska, M., Sadiq, W., & Lin, J. (2004). *SQLator An Online SQL Learning Workbench*. Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE), 223-227.
- Soler, J. (2010). *Entorno virtual para el aprendizaje y la evaluación automática en bases de datos* (tesis doctoral). Universidad de Girona, Girona, España.