

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



PROPUESTA EXPLORATORIA: ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES MEDIANTE
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICAS (SIG).

TESINA PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
EDUCACIÓN QUÍMICA Y PEDAGOGÍA EN QUÍMICA
CON MENCIÓN EN EDUCACION EN TECNOLOGÍA

Autores:

Ignacia Merino Sandoval
Luis Tarifeño Taucare

Profesor Guía:

David Reyes González

SANTIAGO DE CHILE, SEPTIEMBRE 2020

2020, Ignacia Merino Sandoval y Luis Tarifeño Taucare

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

Dedicamos esta tesina a:

A los seres que nos ha apoyado de forma incondicional, entregando todo su amor y sobre todo en este proceso universitario: Albahaca, Max, Ozzy, Florencia, Canela, Morita, Dingue, Carlota, Mila y Alfalfa.

Agradecimientos

En primera instancia agradezco al profesor guía David Reyes González por todo el apoyo brindado, la comprensión, el tiempo, la paciencia y los comentarios que siempre nos ayudaron con la realización de este trabajo.

Agradezco a mi familia por todo su apoyo, siempre estar ahí cuando los necesitaba, a mi madre Orieta por ser una mujer fuerte, por todo su amor y comprensión en los momentos de estrés, a mi hermana Nessuan por ser mi amiga, compañera de maldades y tener una paciencia única en todas las situaciones que se presenten o solo lo molesta que puedo llegar a ser, a mi padre Marco por su apoyo incondicional y por solo querer la felicidad de sus hijas.

Agradezco el poder conocer a personas maravillosas en estos años en la universidad, aquellos que fueron una luz en este largo camino, aquellos con los que nos quedábamos estudiando hasta tarde en el hall de Química, compartiendo papitas, sufriendo en conjunto por ramos y todas esas risas. A mi amiga Carla por ser comprensiva con todas las situaciones, por apoyo, por ayudarnos mutuamente en los estudios o en aquellos informes que nos costaban la vida, aquellos laboratorios en los que a pesar de todo el trabajo que conllevaban había un momento para reír, por ser parte de “los pesadilla” junto con Marcelo que sin el creo que no podría haber pasado ciertos ramos en los que le entendía más a él que al profesor. A Luis por ser mi compañero de tesina, trabajo en el que por momentos nos sentíamos perdidos y otras veces nos llegaba la iluminación, por poner todo de él para terminar este trabajo sobre todo en esta extraña situación de pandemia.

A Sergio por ser mi compañero, su ánimo, su amor y cariño cada vez que le decía que no quería nada más con la universidad, siempre estando cuando lo necesitaba, así como yo lo estoy para él y espero siga siendo así.

Ignacia Merino Sandoval

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a mi familia: a mi papá Alberto Tarifeño y a mi mamá Juana Taucare, a mi hermana Carolina, a mi cuñado Mauricio, a mis sobrinos Ignacio y Agustín, y a mi sobrina Monserrat. Gracias por todo el esfuerzo y el apoyo que me han brindado desde que decidí ingresar al mundo universitario, el esfuerzo que me ha permitido llegar a esta instancia, gracias por todo el amor incondicional que siempre me han brindado.

En segundo lugar, quiero agradecerles a mis amigos y amigas. Los y las que la vida me entrego: Claudio, Tole, Joche, Carla, Kathy gracias por siempre estar, en las buenas, en las malas y en las nefastas. Dar gracias por todos sus mensajes de apoyo, consejos, abrazos, muchas risas, salidas, comidas, carretes. Gracias por el cariño que siempre me han ayudado y me han hecho feliz, sobre todo en este último tiempo, gracias. Agradecer a los y las amigos y amigas que conocí en la Universiada: Mauricio, Rossana, Carolina, Paz, Yelkon, Camila. Gracias por todas las risas, trabajos, almuerzos, conversaciones y carretes en los pastos de la universidad. Una mención honrosa a mis amigas Fran y Coni por todas las papitas, noches de estudio, cervezas y risas, y sobre todo por el apoyo incondicional en estos últimos años de universidad.

Agradecer al profesor David Reyes por guiarme en este proceso, por la paciencia, la ayuda y la motivación, y sobre todo por lo mucho que he aprendido en este proceso.

Deseo agradecer a mi compañera de trabajo, Ignacia Merino, por el viaje que iniciamos juntos de realizar una tesina, por el apoyo en los momentos más oscuros de este proceso y por aguantarme durante todo este tiempo.

Quiero agradecer a mi compañero de vida a Daniel Arancibia, por todos sus regalones, cariños, por su amor y apoyo en cuando solo quería rendirme y me encontraba perdido en este trabajo, agradecer siempre sus gestos que buscaban animarme, motivarme y hacerme sentir confiado. Muchas gracias por el amor, la comida y compartir los momentos.

Agradecer a la universidad, a mi carrera, y a los y las docentes por lo aprendido y por todo lo vivido en estos años de estudio.

Luis Tarifeño Taucare

Tabla de Contenido

Resumen.....	vi
Abstrac	vi
Introducción	1
Marco teórico.....	3
1. El laboratorio de química.....	3
2. Actividad de laboratorio.....	3
3. Aprendizaje en el Laboratorio de Química	4
3.1 Objetivos de los laboratorios o aprendizajes que se desarrollan.....	4
4. El trabajo de laboratorio en el transcurso del tiempo.....	7
5. Tipos de laboratorio.	8
5.1 Escala de Abertura de Laboratorios	10
5.2 Laboratorios mediados por las TIC.....	11
5.2.1 ¿Qué tipo de laboratorios existen como alternativas a los laboratorios tradicionales?	11
Áreas de investigación en la actualidad.	14
6.1 Estudio sobre las prácticas de instrucción del laboratorio y la relación con los estudiantes... ..	14
6.2 Compromiso académico de los estudiantes en actividades experimentales de laboratorio. ..	16
6.3 Expectativas de los estudiantes en laboratorio de química	18
6.4 Estudio de las Interacciones en los laboratorios de química.....	20
Visualización espacial de la dinámica de los estudiantes	24
Definición del problema de investigación:	26
Objetivos.....	27
Objetivo General	27
Objetivos Específicos:	27
Marco metodológico.	28
Preparación	28
Análisis	31
Discusión	33
Conclusiones.....	36
Referencias bibliográficas.....	37

Resumen

El aprendizaje de laboratorio es un entorno único (Mamlok-Naaman et al., 2018; Hofstein & Lunetta, 2004) que ha sido estudiado desde múltiples perspectivas debido al cuestionamiento si existe aprendizaje significativo en este espacio educativo (Bretz, 2019). En las investigaciones actuales nos encontramos con lo planteado por Wei et al., (2018), las interacciones sociales son de gran relevancia en todo contexto, Smith y alonso, (2020) vincula el compromiso académico con el aprendizaje significativo, en conjunto con estas investigaciones se encuentra Waktola, (2015) el cual implementa sistemas de información geográfica SIG para la visualización del aprendizaje y participación en el aula. Los métodos utilizados para estudiar la interactividad se basan principalmente protocolos de observación y encuestas en las cuales no se incorporan herramientas más tecnológicas como las SIG.

En este trabajo se propone una forma de estudiar las interacciones en el laboratorio implementando técnicas SIG en conjunto con otros instrumentos de medición. La propuesta para el estudio de las interacciones a través de SIG mediante WLAN (*wireless local area network*) y *Access Points* (AP) en laboratorios tradicionales, estas herramientas permitirán establecer relaciones entre compromiso académico, expectativas de los estudiantes y la naturaleza de las interacciones que ocurren en el Laboratorio de Química.

Abstrac

Laboratory learning is a unique environment (Mamlok-Naaman et al., 2018; Hofstein & Lunetta, 2004) that has been studied from multiple perspectives due to the questioning of whether significant learning exists in this educational space (Bretz, 2019). In the current research we find what Wei et al., (2018), says, social interactions are of great relevance in any context, Smith and alonso, (2020) links the academic commitment with significant learning, together with these investigations is Waktola, (2015) which implements GIS systems for the visualization of learning and participation in the classroom. The methods used to study interactivity are mainly based on observation protocols and surveys in which more technological tools such as GIS are not incorporated.

This work proposes a way to study the interactions in the laboratory by implementing GIS techniques in conjunction with other measuring instruments. The proposal for the study of interactions through GIS by means of WLAN (wireless local area network) and Access Points (AP) in traditional laboratories, these tools will allow establishing relationships between academic commitment, students' expectations and the nature of the interactions that occur in the Chemistry Laboratory.

Palabras clave: Laboratorio, Sistema de Información Geográfica (SIG), Interacciones, Compromiso académico, Aprendizaje en el laboratorio

Keywords: Laboratory, Geographic Information System (GIS), Interactions, Academic Engagement, Laboratory Learning

Introducción

Desarrollar aprendizajes prácticos es un aspecto central en cualquier programa de enseñanza de la química. Desde los primeros laboratorios destinados a la docencia hasta las experiencias que incorporan o combinan ambientes virtuales, mucho se ha discutido respecto de cuáles serían los objetivos de enseñar química experimental y más aún, cómo deberían ocurrir los procesos formativos en estos ambientes. Esta tesina, tiene como objeto de estudio el aprendizaje de la química mediante actividades prácticas en laboratorios.

Para implementar una sola sesión de laboratorio de química, se deben movilizar más recursos, tanto humanos como de infraestructura e insumos, que para una cátedra con un mayor número de estudiantes. Claramente, la finalidad de una y otra son muy distintos. Mientras que una cátedra podría tener un objetivo orientado a la entrega de contenidos y serían más sencillos de acordar, para una actividad de laboratorio es más difícil llegar a un acuerdo respecto de cuáles serían los objetivos esperables (Seery, 2020).

En la actualidad, la comunidad de investigadores ha planteado diversos desafíos respecto del aprendizaje en el laboratorio de química. Por ejemplo, Stacey Lowery Bretz, en una carta editorial publicada en el *Journal of Chemical Education*, plantea que la comunidad de investigadores esta desafiada a considerar evidencia de base para la enseñanza en laboratorio en función del significativo costo y tiempo que implica realizar esta modalidad de enseñanza (Bretz, 2019). En la misma revista y como réplica de la editorial antes mencionada, Sansom y Walker indican que no solo se debe ver desde un punto de vista de costo/beneficio, ellos llaman a dar la importancia que realmente merece una actividad de laboratorio desde “considerar la posibilidad de clases más pequeñas, una mayor proporción de instructores por estudiante y las diversas posibilidades de aprendizaje de las aulas de laboratorio” (Sansom & Walker, 2020, p. 308). Del mismo modo, estos investigadores plantean que, en ocasiones, las decisiones de que, por ejemplo, sean profesores asistentes y no catedráticos quienes están a cargo de un laboratorio, transmite la creencia que el trabajo de laboratorio no es importante. Así, además de mayor investigación y recursos, es necesario dar el lugar que le corresponde al laboratorio de química.(Sansom & Walker, 2020)

En este sentido, cuando se revisan los trabajos actuales de investigación respecto del aprendizaje en laboratorio de química, es posible identificar investigaciones que evalúan ambientes virtuales o con mediación tecnológica para mejorar el desempeño de los estudiantes en las tareas del laboratorio (Agustian & Seery, 2017; Gryczka et al., 2016), también se encuentran aquellas innovaciones que permiten disminuir la cantidad de información a la que se expone un estudiante cuando realizan un laboratorio (Limniou et al., 2009), entre otras. Asimismo, se han propuesto diversos instrumentos que caracterizan el aprendizaje en laboratorio, particularmente el trabajo doctoral de Kelli Galloway (2015) sobre el aprendizaje significativo y la experiencia de los estudiantes en el laboratorio y los trabajos de Smith y Alonso, (2020) y de Wei et al., (2018) sobre la interactividad en el laboratorio.

En este trabajo de tesina, se aborda la perspectiva de la interactividad en el laboratorio desde las consideraciones que ha desarrollado una serie de trabajos de Wei (2018; 2019; 2020).

La literatura reciente sobre el aprendizaje en laboratorio se ha centrado en la elaboración de protocolos de observación y encuestas para categorizar diversos factores que pueden influenciar en el aprendizaje significativo que entregan las actividades de laboratorio. Estos estudios se focalizan en la exploración y caracterización de las prácticas de instrucción de los TA (*teaching assistants*) (Velasco et al., 2016a), conceptualización y caracterización del compromiso académico (Smith & Alonso, 2020a), el análisis de las expectativas de los estudiantes. Además de las caracterizaciones de cuatro tipos de interacciones que ocurren en el laboratorio (Wei et al., 2018).

En este trabajo se revisaron nuevas herramientas para la recolección y el análisis de datos, específicamente, la investigación realizada por Daniel K. Waktola (2015) *Visualizing the spatial dynamics of student success*. En este estudio se plantea que “patrones y atributos de la ubicación de los asientos de los estudiantes en el aula podrían ser geo-referenciados, analizados y visualizados en una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG)”. (Waktola, 2015, p. 78). Al realizar este análisis, Waktola corrobora y visualiza la relación que existe entre la distribución en la sala de clases con respecto al desempeño académico, participación y asistencia por parte de los y las estudiantes.

Considerando el área de las investigaciones actuales con relación a los factores que pueden influenciar en el aprendizaje en el laboratorio en química nos lleva a centrar el objeto de estudio en el análisis de las interacciones y su dinámica espacial considerando diversos factores de caracterización a través de la incorporación de técnicas basadas en SIG.

A continuación, y en función del objeto de estudio definido, se presentarán distintas secciones en las cuales se realiza revisión con respecto a los objetivos para el laboratorio de química, en donde, se vislumbra que existen varios autores que generan propuestas para estos. Los objetivos planteados no varían mucho entre unos y otros, ya que agrandes rasgos poseen metas similares. Los objetivos más actuales son los planteados por Bennett (2006), Reid & Shah, (2007) y Mamlok-Naaman et al., (2018) considerando siempre las necesidades, recursos y las metas que se desean lograr al momento de planificar las actividades de laboratorio. En conjunto con esta temática se revisaron los tipos de laboratorio que se emplean como metodologías de aprendizaje para llevar a cabo las actividades de laboratorio. En esta temática nos posicionamos desde la recopilación realizada por Domin, (1999b) y Johnstone & Al-Shuaili, (2001) en donde nos plantean diversos estilos de laboratorio.

En línea con lo anterior, se realizó una revisión con respecto al grado de apertura de los laboratorios. Desde el constructivismo se espera que entre mayor sea el grado de involucramiento por parte del estudiante sea mayor su aprendizaje. Esto implicaría un mayor protagonismo en lo que respecta a la conducción y diseño en las actividades experimentales de laboratorio por parte de los y las estudiantes. Esto se conoce como escala de apertura Schliawb-Herron, Walker (2007) nos indica que según lo indicado por Schawb y Herron, existe una relación entre el grado de libertad/facilitación por parte del docente con respecto al grado de participación por parte del estudiante, lo cual genera distintos niveles de apertura. En conjunto con la revisión de estas temáticas, se profundizarán con algunos ejemplos de laboratorios mediados por las Tecnologías Infocomunicacionales (TIC), por ejemplo, los laboratorios virtuales y las aplicaciones de las realidades aumentadas (RA)

Marco teórico

1. El laboratorio de química

Desde una perspectiva histórica, los primeros laboratorios de química destinados a la docencia tienen su origen a mediados del siglo XVIII (1750) en la Academia de Ciencias de San Petersburgo (Leningrado) por el profesor de química M. V Lomonosov (Smeaton, 1954). El objetivo inicial era formar técnicos altamente especializados para la industria y personal competente para trabajar en laboratorios de investigación, esto principalmente se llevaba a cabo mediante demostraciones realizadas por el profesor. En la actualidad, la enseñanza de los aspectos experimentales de la química se ha convertido en una característica distintiva y de carácter obligatorio dentro del currículo de la educación científica. En este sentido Mamlok-Naaman et al., destacan el papel distintivo y central del aprendizaje en laboratorio como “un entorno de aprendizaje único”.(Mamlok-Naaman et al., 2018, p.132; Hofstein & Lunetta, 2004, p. 35)

2. Actividad de laboratorio

En la actualidad, en general, cuando uno piensa en una actividad de laboratorio de química de pregrado, piensa en un estudiante en un laboratorio realizando una actividad experimental usando diversos materiales, equipos y/o instrumentos, con reactivos y solventes. La definición de actividad de laboratorio o experiencias prácticas, y que es lo que abarca, no está clara en sí. Según Hofstein y Mamlok-Naaman, “De forma sencilla y general se ha tomado como experiencias que acerquen a los estudiantes al mundo natural a través de su observación y comprensión con la ayuda de materiales y actividades”(Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007, p. 105) pero dependiendo de los propósitos, incluso del nivel formativo, podemos hallar variaciones en los escenarios en que se lleva a cabo y en la forma en que profesor y estudiante interactúan entre ellos y con los materiales. Puede ser una actividad demostrativa conducida exclusivamente por el profesor y de apoco aumentar el nivel de autonomía de los estudiantes en la conducción del experimento. Pero, además puede ser una actividad en terreno, en una sala de clases o en un laboratorio equipado con computadores, equipos, material de vidrio y variedad de reactivos. Incluso, en acuerdo con Wei, “con el incremento de la automatización en la educación superior cada vez es más frecuente encontrar actividades prácticas remotas o simuladas que adoptan tecnologías aumentadas como alternativa o complemento a las actividades cara a cara” (Wei et al., 2019, p.1).

Para Hodson, (2005), las actividades prácticas implican el uso de instrumentos de laboratorio, reactivos, especímenes biológicos o modelos científicos, incluyendo simulaciones computacionales o laboratorios con apoyo informático, ya sea por el docente o el estudiante y en terreno, laboratorio o sala de clases. “En ciertas ocasiones se usa de forma indistinta el término trabajo práctico (*practical work*) o trabajo de laboratorio (*laboratory work*), puesto que el primero es común en el Reino Unido, mientras que el segundo es frecuente en Estados Unidos” (Hofstein et al., 2013, p. 154) Para Reid & Shah, (2007), el trabajo en laboratorio implica una actividad práctica experimental en la que los estudiantes se involucran usando productos químicos y equipos en un laboratorio de química.

En este trabajo se entiende por actividad de laboratorio cualquier actividad práctica de orden experimental que dispone un docente para que los estudiantes interactúen con equipos y productos químicos u otras fuentes secundarias de datos para observar, comprender y

experimentar el mundo natural en ambientes cara a cara y/o apoyados por sistemas informáticos en un laboratorio de química.

3. Aprendizaje en el Laboratorio de Química

Desde la revisión de literatura se encuentra similitudes entre los diferentes autores respecto a la relevancia de la utilización de los laboratorios en la enseñanza de la química. Este en principio señala lo siguiente:

Las actividades de laboratorio poseen un papel distintivo y único en los programas y planes de estudio de educación química. El laboratorio dentro del plan de estudio de ciencias se considera como un ambiente único de aprendizaje en el cual se busca dar sentido al mundo natural. Varios investigadores sugieren que los estudiantes se pueden ver beneficiados en su aprendizaje al hacerse partícipes de las actividades que se realizan en él. (Hofstein 2004, Hofstein y Mamlok-Naaman 2007, Reid y Shah 2007, Mamlok-Naaman 2018). En las escuelas, Hofstein (2007) argumenta que la ciencia y, por lo tanto, la química, no puede ser significativa para los estudiantes sin experiencias prácticas relevantes. De hecho, desde una mirada constructivista “las actividades de laboratorio son una forma de permitir que los estudiantes aprendan con comprensión y, al mismo tiempo, se involucren en el proceso de construir conocimiento haciendo ciencia” (Tobin 1990, p. 405). Mamlok-Naaman et al., (2018), basándose en una revisión de la literatura sobre el uso de actividades de laboratorio, indica que “el laboratorio es el único lugar en la escuela donde se pueden desarrollar ciertos tipos de habilidades y comprensión”. (Mamlok-Naaman et al., 2018 p. 136)

3.1 Objetivos de los laboratorios o aprendizajes que se desarrollan.

“En los proyectos de tipo curricular desarrollados en la década de 1960, el laboratorio pretendía ser un lugar para indagar, desarrollar y probar teorías, así como proporcionar a los estudiantes la oportunidad de “practicar ser un científico” (Mamlok-Naaman et al., 2018, p. 133)

Con el pasar de los años los objetivos de los laboratorios en la educación científica se han ido modificando, Reid & Shah, (2007) en su ardua revisión bibliográfica lograron identificar tres grandes tipos de objetivos los cuales son:

- Referidos a habilidades y técnicas que deben tener al momento de realizar experimentos dentro de un laboratorio.
- Objetivos afectivos que se pueden obtener en el laboratorio.
- Tipo de objetivos que poseía el laboratorio como el poder generar confianza, ilustrar métodos científicos y ayudar a la mejor comprensión de estos.

Krschner y Meester (1988) (citado en Reid & Shah, 2007) plantean los siguientes objetivos centrados en el alumno para el trabajo práctico:

1. Formular hipótesis.
2. Para resolver problemas.
3. Utilizar los conocimientos y habilidades en situaciones desconocidas.
4. Diseñar experimentos simples para probar hipótesis.
5. Utilizar las habilidades de laboratorio para realizar experimentos.
6. Interpretar datos experimentales.
7. Describir claramente el experimento.

8. Recordar la idea crítica de un experimento durante un período de tiempo significativamente largo. (Reid & Shah, 2007, p. 175)

A menudo en las etapas iniciales del trabajo en laboratorio, formular hipótesis, resolución de problemas y diseñar experimentos para probar dichas hipótesis planteadas, no ocurre. Esto se puede observar en la actualidad, ya que la mayoría de los experimentos están diseñados para que los y las estudiantes solo sigan instrucciones de cómo realizar la actividad de laboratorio, así como un “libro de recetas”. Además, se plantea la utilización de habilidades de laboratorio para la realización de experimentos, pero no se encuentran descritas dichas habilidades ni existe un planteamiento para el desarrollo de estas a través de algún tipo de actividad en específico. (Reid & Shah, 2007)

El octavo punto, de la lista anterior sugiere que existen “ideas fundamentales” en los experimentos o, mejor dicho, hay experimentos fundamentales ya que los resultados que ofrece una visión precisa en relación con hipótesis específicas. “Esa es la naturaleza fundamental del lugar de la experimentación en toda la investigación científica” (Reid & Shah, 2007, p. 176)

Reid & Shah, (2007), en base a toda su revisión bibliográfica lograron agrupar los objetivos de laboratorio en cuatro grandes encabezados:

Habilidades relacionadas con el aprendizaje de la química. Existe la oportunidad de hacer que la química sea real, ilustrar ideas y conceptos, exponer ideas teóricas a pruebas empíricas, enseñar nueva química.

Habilidades prácticas. Existe la oportunidad de manejar equipos y reactivos químicos, aprender procedimientos de seguridad, dominar técnicas específicas, medir con precisión, observar con cuidado.

Habilidades científicas. Existe la oportunidad de aprender las habilidades de observación y las habilidades de deducción e interpretación. Existe la oportunidad de apreciar el lugar de lo empírico como fuente de evidencia en la indagación y de aprender a idear experimentos que ofrezcan ideas genuinas sobre los fenómenos químicos.

Habilidades generales. Se pueden adquirir numerosas habilidades útiles: trabajo en equipo, disertación y discusión, presentación de informes, gestión del tiempo, desarrollo de formas de resolver problemas. (Reid & Shah, 2007, p. 178)

Bruck & Towns, (2013) toman estos cuatro grupos de habilidades, y los posicionan como marco teórico en su investigación, otorgando la validación de este conjunto de habilidades como base para la planificación de los objetivos en los laboratorios de química.

Por su parte, Mamlok-Naaman et al., 2018 nos invitan a considerar los objetivos planteados para el laboratorio por Bennett (2006) en su escrito *Teaching and learning science: a guide to recent research and its Applications*. Estos objetivos son los siguientes:

- Fomentar la observación y la descripción precisas.
- Para hacer los fenómenos científicos más reales.
- Para mejorar la comprensión de las ideas científicas.
- Despertar y mantener el interés (particularmente en los alumnos más jóvenes)

- Para promover un método científico de pensamiento (Mamlok-Naaman et al., 2018, p. 134)

Además, dichos autores (Mamlok-Naaman et al., 2018), señalan que, tras estudiar y sintetizar algunos estudios de investigación, Bates, (1978) y Hofstein y Lunetta (1982), los cuales estaban focalizados en explorar la efectividad del laboratorio para lograr los objetivos sugeridos por los textos referidos a la educación científica; logran proponer los siguientes objetivos para las actividades de laboratorio:

- Comprensión de los conceptos científicos.
- Interés y motivación.
- Actitud hacia la ciencia.
- Habilidades prácticas científicas y capacidad de resolución de problemas.
- Hábitos científicos de la mente.
- Entendiendo la naturaleza de la ciencia (*Nature of Science*, NOS)
- La oportunidad de hacer ciencia (Mamlok-Naaman et al., 2018, p. 133)

A modo de síntesis los objetivos para el aprendizaje de laboratorio propuestos por Bennett (2006) y los planteados por Mamlok-Naaman et al., (2018) no difieren mucho de los planteados por Reid & Shah, (2007).

Existen factores que pueden influenciar en el cumplimiento de los objetivos de laboratorio, por lo que Mamlok-Naaman et al., (2018) realizan la sugerencia de tener en cuenta ciertos objetivos al momento de planificar el laboratorio de química:

- Objetivos del profesor; las expectativas, el conocimiento del tema y del contenido pedagógico, así como el grado de relevancia del tema, las capacidades e intereses de los estudiantes y muchas otras consideraciones logísticas y económicas relacionadas con el entorno y las instalaciones de la escuela.(Mamlok-Naaman et al., 2018, p. 133)

Al llegar a este punto, teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente escritos y las consideraciones planteadas por distintos autores, encontramos que es necesario referirse a lo declarado por Boud, Dunn y Hegarty-Hazel (citado en (Bruck & Towns, 2013):

Las declaraciones generales de valores y objetivos por sí solas no proporcionan suficiente orientación para la planificación detallada del curso. Tienen que traducirse en metas y objetivos particulares que describan qué es lo que harán los estudiantes y los demás. (Bruck & Towns, 2013, p. 686)

Complementando lo expuesto por Bruck y Towns, (2013), Reid y Shah (2007), plantean lo siguiente:

La cuestión importante es que el profesor universitario debe decidir qué aptitudes se van a desarrollar en un determinado curso de laboratorio, exponerlas en términos claros e inequívocos para los estudiantes y garantizar que todo el diseño de la experiencia de laboratorio sea coherente con las aptitudes especificadas. (Reid & Shah, 2007, p. 178)

Con respecto a lo señalado por los autores en los párrafos anteriores, coincidimos que lo más relevante en relación a los objetivos de laboratorio es que exista concordancia con los las actividades de laboratorio diseñadas y sus objetivos planteados.

4. El trabajo de laboratorio en el transcurso del tiempo

El tema al que nos referimos en este apartado escapa de la narrativa central que estamos realizando para este trabajo, pero consideramos que es un tema relevante y la pertinencia de abordar esta temática se verá reflejado más adelante.

Una forma de ejemplificar la poca relevancia/importancia que se les da a los laboratorios de química, Reid y Shah (2007), compararon el tiempo que se dedicaba en los laboratorios de las Universidades Escocesas entre los años 1960 y el 2000 (Tabla 1).

TABLA 1. TIEMPO INVERTIDO EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA

	1960s	2000s	Proporción que quedó
Nivel 1	5 horas por 22 semanas	3 horas por 16 semanas	44%
Nivel 2	12 horas por 22 semanas	6 horas por 16 semanas	36%
Nivel 3	12 horas por 22 semanas	12 horas por 16 semanas	73%
Nivel 4	A cada momento	Gran cantidad	Incuantificable

Adaptado de (Reid & Shah, 2007)

La tabla 1 nos indica la cantidad de horas a la semana de trabajo práctico de laboratorio y la cantidad de semanas durante los distintos niveles (años de escolaridad) durante la década de 1960 y los 2000, y el porcentaje que ha quedado entre estas décadas. Se puede observar una reducción importante 56% en el primer año, una reducción del 64 % en el segundo año y un 27% en el tercer año, de las horas asignadas al trabajo de laboratorio en la universidad en un período de 40 años. Se puede estimar que estas variaciones hayan ocurrido de forma similar en otras instituciones a nivel global.

En la actualidad, Bretz, (2019) en su artículo “*Evidence for the Importance of Laboratory Courses*” cita al *The American Chemical Society Committee on Professional Training (CPT)*, el cual, nos indica que uno de los requisitos para dar su aprobación del título de los licenciados en química es un mínimo de 400 horas de experiencia de trabajo de laboratorio sin contar las horas de laboratorio de primer año.

Comparando los datos analizados Reid y Shah (2007), y Bretz, (2019), da cuenta que existe una disminución de las horas de trabajo de laboratorio en las últimas décadas, el cual, se ha estancado y se ha establecido como un mínimo de horas de trabajo de laboratorio, en calidad de estándar de aprobación.

Independiente de los factores que hayan generado esta disminución de las horas de laboratorio hasta la actualidad, Reid & Shah, (2007) comentan que, la acción a tomar debe ser utilizar las horas de trabajo de laboratorio restantes de manera eficiente y efectiva. Teniendo esto en cuenta, surge la urgencia de encontrar evidencias que proporcionen caminos para mejorar la eficacia del trabajo de laboratorio como ambiente educativo.

5. Tipos de laboratorio.

En la sección anterior, se expuso que existen diferentes objetivos declarados para las actividades de laboratorio, ya sea para aprender aspectos teóricos de la química o desarrollar habilidades prácticas. En esta sección nos ocuparemos de abordar las distintas modalidades o enfoques instruccionales que se implementan en los laboratorios. En principio, uno esperaría que exista cierta coherencia entre el objetivo, la metodología y por supuesto, la evaluación que se propone para las actividades de laboratorio.

A continuación, se presenta una discusión de los tipos de enseñanza o tipos de laboratorio de química que se reportan en la literatura, desde la perspectiva de lo que el docente realiza, de los materiales y desde lo que se espera del estudiante. Aun cuando no se aborden aspectos específicos de la evaluación de los laboratorios, en la línea de lo que esperamos exponer, cabe preguntarse si la realización de un reporte de laboratorio es la forma de evaluar un laboratorio que pretende desarrollar habilidades prácticas.

Como se comentó antes, los primeros modelos de enseñanza experimental de la química estaban centrados en el docente quien era el que realizaba la demostración. Se le atribuye a Von Liebig el cambio de la cátedra de laboratorio con demostraciones hacia uno que incluyó un programa de laboratorio que enfatizaba el desarrollo de habilidades (Morrell, 1972; Seery, 2020). En la actualidad, la literatura sobre Aprendizaje en el Laboratorio de Química ha evidenciado distintos métodos o estilos de instrucción, en los laboratorios (Johnstone & Al-Shuaili, 2001) (Domin, 1999b, 2007): expositivos, por métodos indagatorios, mediante aprendizaje basado en descubrimiento y, basado en problemas.

Un artículo fundamental en la descripción de los tipos de laboratorio es la recopilación realizada por Daniel S. Domin en su trabajo “*A Review of Laboratory Instruction Styles*” (Domin, 1999b). Asumiendo que existen cuatro estilos predominantes de laboratorios: expositivos, por métodos indagatorios, mediante aprendizaje basado en descubrimiento y basado en problemas, Domin propone una descripción de ellos mediante (i) el resultado que se espera de dicho laboratorio, es decir, si es predeterminado o indeterminado, (ii) el enfoque o método de razonamiento, puede ser deductivo o inductivo y, por último, respecto del (iii) procedimiento, si es dado por el docente o debe ser generado por el estudiante (Tabla 2)

TABLA 2. DESCRIPTORES DE LOS ESTILOS DE INSTRUCCIÓN DE LOS LABORATORIOS.

Estilo	Descriptor		
	Resultado	Enfoque	Procedimiento
Expositivo	Predeterminado	Deductivo	Dado
Indagación	Indeterminado	Inductivo	Generado por estudiante
Descubrimiento	Predeterminado	Inductivo	Dado
Basado en problema	Predeterminado	Deductivo	Generado por estudiante

(Domin, 1999b; Johnstone & Al-Shuaili, 2001)

A continuación, se describirán los cuatro tipos de laboratorio nombrados en la tabla 2.

a) Laboratorios expositivos.

Corresponden al tipo de laboratorio más común y el más criticado, también suele llamarse como laboratorio tradicional o de verificación. Generalmente, en un ambiente de

aprendizaje expositivo, el profesor define el t3pico y dirige las acciones de los estudiantes mediante instrucciones en un manual de laboratorio. As3, el procedimiento que sigue el estudiante est3 bien definido y el resultado est3 predeterminado y es conocido previamente por ambos; docentes y estudiantes. Finalmente, el resultado obtenido por lo estudiantes es utilizado para compararlo con el resultado al que se deb3a llegar.

En el 3mbito de razonamiento, los estudiantes generalmente aplican un principio general para comprender un fen3meno espec3fico, es decir, se espera que los estudiantes verifiquen hechos cient3ficos ya abordados en la clase. Aun cuando administrativamente es m3s eficiente, el dise1o est3 hecho de manera que el estudiante ocupe la mayor parte del tiempo determinando si ha obtenido el resultado "correcto" m3s que en reflexionar sobre la planificaci3n u organizaci3n del experimento (Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Domin (1999a) plantea, adem3s, que estos tipos de laboratorios en su mayor3a desarrollan habilidades cognitivas de orden inferior, tales como conocimiento, compresi3n y aplicaci3n, seg3n la taxonom3a de Bloom.

b) Enfoques por Indagaci3n (indagaci3n abierta)

En palabras de A. H. Johnstone (2001), la mejor forma de describir y representar un laboratorio basado en indagaci3n es la de un proyecto de final de semestre o quiz3s uno de mayor extensi3n. El docente aporta poca direcci3n en la actividad, inicialmente indica el tema que se debe investigar y da la responsabilidad al estudiante de formular el problema, los prop3sitos, definir opciones procedimentales, qu3 datos tomar y analizar y finalmente realizar conclusiones, relacionar la investigaci3n con trabajos previos (Domin, 1999b). El enfoque es inductivo de resultado indeterminado, los problemas que se plantean se resuelven de manera inductiva.

Este tipo de actividades ha sido criticado por centrarse mucho en el proceso cient3fico y no lo suficiente en el contenido. Para que se d3 una real indagaci3n, se requiere haber obtenido previamente cierto conocimiento de hechos y m3todos pr3cticos. Johnstone & Al-Shuaili, (2001) plantean que una forma adecuada de trabajo experimental ser3a mediante una serie de actividades indagatorias cortas precedidas de un laboratorio expositivo o tradicional donde se aprenda el lenguaje, los s3mbolos y nomenclatura, de forma que el estudiante pueda comprender el problema que investigar3.

c) Laboratorios por Descubrimiento (indagaci3n guiada)

El aprendizaje por descubrimiento difiere del aprendizaje por indagaci3n con respecto al procedimiento y el resultado que se obtiene. En el m3todo por descubrimiento el docente gu3a a los estudiantes hacia el descubrimiento del resultado deseado, esto es logrado dando instrucciones sobre lo esperado a realizar por los estudiantes. (Domin, 1999b)

Hodson describe la instrucci3n de descubrimiento como no solo filos3ficamente falsa, sino tambi3n pedag3gicamente inviable. "No puedes descubrir algo para lo que no est3s preparado conceptualmente. No sabes d3nde buscar, c3mo mirar o c3mo reconocerlo cuando lo has encontrado " (Hodson citado en Johnstone & Al-Shuaili, 2001 p. 7)

La desventaja de este tipo de laboratorio es que requiere mucho m3s tiempo y por ende el costo que este tiene es mayor que un laboratorio expositivo.

d) Laboratorios basados en problemas

En este enfoque a los estudiantes se les presenta un problema el cual carece de información, relacionado con un concepto anteriormente visto, ante esto los estudiantes deben redefinir el problema, idear y diseñar un procedimiento que los lleve a una solución. Los problemas deben poseer un objetivo claro, estos tienen muchos caminos viables para llegar a una solución. Al trabajar en un entorno basado en problemas los estudiantes deben aplicar su comprensión sobre un tema o concepto para idear una solución; esto requiere que piensen lo que están haciendo y por qué lo están haciendo. (Domin, 1999b). En este enfoque se fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior mediante el desarrollo de procedimientos, implementación y evaluación de estos.

Al igual que en el laboratorio basado en descubrimiento y en el enfoque por indagación, se requiere un mayor tiempo para llevar a cabo el laboratorio lo que representa también un mayor costo.

5.1 Escala de Abertura de Laboratorios

La tipología de estilos de laboratorios propuesta por Domin, (1999b) se suma a las primeras propuestas de una caracterización de estilos en la enseñanza de las ciencias originadas en los '60. Desde una perspectiva constructivista, se espera que, a mayor involucramiento del estudiante, mejor serán los aprendizajes. Esto implica que el estudiante tome mayor protagonismo en la conducción y diseño de la actividad experimental de laboratorio, es decir, reducir el nivel de información de una actividad práctica, lo cual significa variar el nivel de apertura de la actividad (Quijano Rojas & Cárdenas Rodríguez, 2016).

En 1962, Schwab (citado en Jiménez Valverde et al., 2006) indica que “el grado de apertura se basa en la proporción en la que el docente facilita: a) los problemas, b) las maneras y medios para afrontar ese problema y c) la respuesta a esos problemas. La cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de apertura de una práctica o, lo que es lo mismo, al grado de descubrimiento por parte del estudiante”. Se considera esta el primer intento de clasificación de la indagación que sería extendida por Herron, (1971), bajo el nombre de Escala de Abertura de Laboratorios de Schwab-Herron (Walker, 2007)

TABLA 3. NIVELES DE ABERTURA SEGÚN ESCALA SCHWAB-HERRON

Nivel	Problema	Método	Resultado
0	Dado	Dado	Dado
1	Dado	Dado	Estudiante
2	Dado	Estudiante	Estudiante
3	Estudiante	Estudiante	Estudiante

En esta escala las actividades de laboratorio basadas en indagación pueden ser estructuradas en un continuo que va desde la verificación (nivel 0), indagación estructurada (nivel 1), indagación guiada (nivel 2) e indagación abierta o auténtica (nivel 3) dependiendo de quién dirija la mayoría de las actividades (Bianchi & Bell, 2008). En el nivel cero el problema a investigar, los métodos y la “correcta” interpretación de los resultados son entregados o son inmediatamente obvios en las preguntas e información en el manual de laboratorio. En palabras de Herron, “son ejercicios experimentales donde el estudiante simplemente observa o

experimenta” algún problema poco familiar o aprende a desarrollar una técnica experimental particular” (Herron, 1971, p. 200)

5.2 Laboratorios mediados por las TIC

Podemos encontrar diversas formas de categorizar los laboratorios, desde la forma en que el profesor la desarrolla, el objetivo que se plantea, desde los materiales, si estos se entregan o no; demostrativos, enfocados en habilidades. En base al ambiente (tipos de laboratorios), la utilización de tics y el espacio.

Tan pronto como las TIC fueron integrándose en las salas de clases, a finales de 1970, se han reportado numerosas experiencias y materiales para la enseñanza experimental de la química (Jones, 2000). Posteriormente, con las tecnologías web, un amplio rango de aplicaciones han sido utilizadas para apoyar y evaluar el aprendizaje de la química, estas incluyen actividades de aprendizaje como simulaciones de equipamiento de laboratorio, animaciones 3D para visualizaciones a nivel molecular, entre otras (McDonnell & Brouwer, 2009). Esto ha permitido considerar las simulaciones computacionales como opciones viables para la educación de laboratorio. (Hawkins & J. Phelps, 2013). De hecho, el uso de laboratorios virtuales tendría beneficios tangibles (Enneking et al., 2019), entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Los materiales de los laboratorios virtuales son basados en indagación y centrados en el estudiante, promueven habilidades de pensamiento de nivel superior y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.
- Experiencias de laboratorio virtual proveen diseños que integran animaciones y simulaciones al nivel de entidades elementales (*particulate-level*) que no son posibles con los manuales de laboratorios estáticos.
- Los estudiantes tienen la posibilidad de trabajar de forma independiente y a su propio ritmo. De esta forma, cuando se usan en conjunto (*paired*) con experiencias de laboratorios tradicionales, pueden ayudar a los estudiantes a preparar por anticipado para evitar errores comúnmente cometidos.
- Experimentos virtuales pueden servir como alternativas de bajo costo en situaciones donde los recursos no permiten su implementación o cuando resulta peligroso realizarlos.
- Laboratorios virtuales pueden proveer flexibilidad para instituciones que enfrentan alteraciones en sus cursos o en los horarios.

No obstante, habrá momentos en que los laboratorios virtuales podrían ser iguales o más efectivos que los laboratorios físicos y momentos en que los laboratorios físicos son más apropiados (de Jong et al., 2013). Dependiendo de los objetivos de aprendizaje propuestos, de la modalidad en que se desarrolle la docencia e incluso del soporte tecnológico, se debe tomar la decisión respecto de cuál alternativa es preferible.

5.2.1 ¿Qué tipo de laboratorios existen como alternativas a los laboratorios tradicionales?

A medida que la tecnología avanza, han surgido nuevas formas alternativas a los laboratorios de química tradicionales. En el área de la ciencia y la ingeniería se han desarrollado laboratorios remotos (Dormido, 2004; Mateo Sanguino et al., 2018) los que corresponden a

experiencias mediadas por computador que permiten a los estudiantes acceder de forma online a dispositivos reales como osciloscopios, espectrómetros de masa o contadores Geiger (Sauter et al., 2013) y los datos resultan de la manipulación de dichos dispositivos.

En contraste, una simulación corresponde a una aplicación multimedia que permite simular digitalmente datos usando modelos computacionales, pero no permite acceder a un laboratorio real, es decir, los laboratorios simulados no implican la manipulación de equipos físicos como una actividad clave en la realización del experimento de laboratorio (Wei et al., 2019). Así, un laboratorio virtual es un ambiente interactivo en el cual se puede realizar un experimento simulado (Stahre Wästberg et al., 2019)

Desde una perspectiva del uso del estudiante, dos criterios permiten caracterizar las diferentes modalidades de ambientes de experimentación (Dormido, 2004), estas son la forma en que accede al recurso y la naturaleza del sistema físico. Un estudiante puede acceder al ambiente virtual desde un acceso remoto por medio de Internet o acceso local, es decir, no necesita internet para su ejecución. La naturaleza del recurso puede ser un modelo simulado o una planta real.

TABLA 4. TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS DIFERENTES MODALIDADES DE AMBIENTES DE EXPERIMENTACIÓN

	Real	Simulado
Local	Laboratorio real (Hands-on)	Único usuario laboratorio virtual
Remoto	Laboratorio remoto	Multi usuario laboratorio virtual

A continuación, se detallan las diferentes modalidades de ambientes de experimentación:

- a. Laboratorio real: Representa la práctica de laboratorio tradicional donde el estudiante, en frente a un computador se conecta a una planta o laboratorio real para llevar a cabo una determinada práctica
- b. Laboratorio virtual único usuario: Todo el ambiente es un software y la interfaz de experimentación trabaja en un ambiente simulado, que no existe ni física ni virtualmente
- c. Laboratorio remoto: Representa el acceso a un laboratorio real a través de Internet. El usuario opera y controla de forma remota una planta o laboratorio real por medio de una interfaz de experimentación.
- d. Laboratorio virtual multi-usuario: Esta forma de experimentación es similar a b) pero reemplaza el sistema físico por un modelo. El estudiante opera mediante su interfaz de experimentación un sistema virtual. La única diferencia es que varios usuarios pueden operar simultáneamente en el mismo sistema virtual. Dado que es un proceso simulado, se pueden crear instancias para servir a cualquiera que requiera el sistema. Así, tenemos un laboratorio virtual multi-usuario.

Tanto Laboratorios Virtuales (*V-Lab*) como Laboratorios Remotos (*R-Lab*) y laboratorios reales (*hands-on*) no son alternativas excluyentes, éstos pueden ser combinados de forma eficiente para lograr objetivos de aprendizaje específicos, ya sea en una unidad integral o de forma complementaria (Heradio et al., 2016) . Por ejemplo, Abdulwahed & Nagy, (2011) proponen un modelo para la educación en laboratorio llamado TriLab, el cual consta de

tres modos de acceso a la experiencia de laboratorio en un solo paquete de software. El primero usa un laboratorio virtual (V) para la fase de preparación o pre-laboratorio, para luego realizar una experiencia práctica real o tradicional (*hands-on*) y finalizar con una experiencia remota (R) para apoyar la experimentación repetitiva de los estudiantes.

5.2.2 Tecnologías Aumentadas

Otra tecnología que viene incrementando su impacto en la enseñanza de las ciencias es la Realidad Aumentada (RA). La Realidad Aumentada permite integrar objetos virtuales interactivos en 3D a ambientes reales en tiempo real (Azuma, 1997).

Como se muestra en la ilustración 1, es una tecnología que usa una cámara del mundo real (del teléfono móvil o del computador portátil), imágenes y objetos virtuales de manera puestos en puntos específicos, proporcionando simultáneamente interacciones e interpretaciones a través de los programas resultantes. (Arici et al., 2019). Suele confundirse con Realidad Virtual, pero como aclara Carmigniani et al., (2011), la Realidad Virtual (RV) sumerge completamente a los usuarios en un mundo sintético sin ver el mundo real, la tecnología RA aumenta el sentido de la realidad al superponer objetos virtuales y señales sobre el mundo real en tiempo real.



ILUSTRACIÓN 1 . APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA. VISUALIZACIÓN DE UNA MOLÉCULA.

En cuanto a sus aplicaciones en educación, RA es una tecnología importante que puede estar llegando a la madurez (Garzón et al., 2019). En el ámbito de la enseñanza de laboratorio, las tecnologías virtuales aumentadas (*Augmented virtual technologies*) utilizan herramientas virtuales para representar fenómenos científicos (por ejemplo, simulaciones, visualizaciones) que se mejoran mediante el uso de objetos físicos de la vida real como controles. Por ejemplo, Chiu et al., (2015) implementaron una tecnología virtual aumentada que usó un sensor de temperatura y presión (*probeware*¹) como input para una simulación de un fenómeno científico, que permitía a los estudiantes usar objetos tecnológicos para una mejor comprensión de los distintos fenómenos naturales, simulando el trabajo de ser científico.

¹ Probeware es una herramienta de aprendizaje que conecta sondas y sensores a una computadora que ejecuta un software adecuado y permite a los estudiantes ver datos en tiempo real en una variedad de formatos. <https://www.computerhope.com/jargon/p/probeware.htm> 09-12-2019.

Áreas de investigación en la actualidad.

En apartados anteriores se discutieron elementos que permiten caracterizar el laboratorio de química. En este apartado, nos ocuparemos de comentar algunas investigaciones recientes sobre el aprendizaje en laboratorio de química.

Entre las variables que se deben estudiar en el laboratorio de educación en ciencias, como campo de investigación, sugeridas por Lunetta el (2007) (citado en Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007), podemos encontrar las siguientes:

Objetivos de aprendizaje; la naturaleza de las instrucciones proporcionadas por el profesor y la guía de laboratorio (impresas y / o electrónicas y / u orales); materiales y equipos disponibles para su uso en la investigación de laboratorio; la naturaleza de las actividades y las interacciones alumno-alumno y profesor-alumno durante el trabajo de laboratorio; las percepciones de los estudiantes y profesores sobre cómo se debe evaluar el desempeño de los estudiantes; informes de laboratorio de los estudiantes; La preparación, actitudes, conocimientos y comportamientos de los profesores.(Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007, p.107.)

Las variables descritas con anterioridad, en las cuales, centramos nuestra atención son las siguientes: “las interacciones alumno-alumno y profesor-alumno durante el trabajo de laboratorio; las percepciones de los estudiantes y maestros sobre cómo se debe evaluar el desempeño de los estudiantes; La preparación, actitudes, conocimientos y comportamientos de los docentes” (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007, p. 107). Se profundizará más en esta sección, y otras áreas de investigación, debido que su foco está relacionado con el área que deseamos investigar en este trabajo.

6.1 Estudio sobre las prácticas de instrucción del laboratorio y la relación con los estudiantes.

Complementario a la metodología empleada para realizar una actividad de laboratorio, en la actualidad se han realizado investigaciones en la cual se busca develar la relación entre las prácticas que realiza el docente de la actividad de laboratorio y los estudiantes. En este ámbito se encuentra la investigación realizada por Velasco et al., (2016) *Characterizing Instructional Practices in the Laboratory: The Laboratory Observation Protocol for Undergraduate STEM*.

En muchos otros entornos educativos la efectividad de la instrucción dentro del laboratorio depende del docente (Velasco et al., 2016a).

Los TA (*teaching assistants*) son los docentes que instruyen en el laboratorio, pero no son profesores o catedráticos, más bien son estudiantes de pregrado que hayan realizado el curso o estudiantes de posgrado, estos han sido tradicionalmente los instructores en pregrado y postgrado para los cursos de laboratorio en ciencia, tecnología, ingenierías y matemáticas (Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM) en grandes universidades. Una encuesta realizada en los Estados Unidos el año 2000 encontró que el 70% de los laboratorios en ciencias son impartidos por TA. La instrucción dentro del laboratorio de química ha sido investigada a través del análisis de los comportamientos de los profesores y los estudiantes, la cantidad de tiempo para realizar las actividades de laboratorio, percepciones sobre la instrucción de laboratorio y el contenido de las interacciones de los estudiantes.

Para la caracterización de prácticas de instrucción en el laboratorio se han utilizado distintos métodos tales como encuestas, entrevistas, observaciones, grabaciones de audio y video. Dentro de estos métodos las observaciones son la opción más utilizada; para ello hay tres tipos diferentes de protocolos de observación: Holístico, Segmentado y continuo.

Aunque estos protocolos han sido probados empíricamente y proporcionan datos significativos sobre ciertos aspectos de las prácticas de instrucción en el laboratorio, cada uno tiene debilidades y no logran capturar la naturaleza de las interacciones verbales de los estudiantes y los TA (Velasco et al., 2016a, p. 1192).

Velasco et al., (2016), abordaron las debilidades de los protocolos de observación holísticos, segmentado y continuo mediante el desarrollo del protocolo de observación de laboratorio para STEM de pregrado (*The Laboratory Observation Protocol for Undergraduate STEM*, LOPUS). LOPUS es un protocolo segmentado que caracteriza:

1. Comportamientos de instrucción sin criterios de calidad a priori.
2. Comportamientos de estudiantes y del TA.
3. El alcance e iniciador de las interacciones verbales entre estudiantes y TA.
4. La naturaleza del contenido que se discute durante las interacciones verbales.

La investigación de Velasco et al., (2016) así como el diseño del LOPUS se basan en la visión de Cohen y Ball sobre la capacidad de instrucción, es decir, “la capacidad de producir un aprendizaje valioso y sustancial” (citado en Velasco et al., 2016, p. 1193).

Dentro de los hallazgos obtenidos en la investigación se encuentran:

- Naturaleza de las interacciones entre TA y estudiantes: Los estudiantes pasaban la clase realizando la actividad de laboratorio junto a su grupo relacionándose rara vez con el TA, la probabilidad de que el estudiante iniciara una conversación con el TA, era mayor a que el TA iniciara la conversación con el estudiante.
- Comportamientos: estilo de instrucción de los TA: mediante el uso de porcentajes obtenidos en los distintos videos lograron agrupar mediante la frecuencia de los comportamientos de los estudiantes y de los TA; a su vez realizaron una caracterización de cada grupo como un estilo de instrucción diferente, descrito en la siguiente tabla 5.

El análisis de los datos obtenidos en la investigación demostró que las interacciones verbales se centraron en los procedimientos, el equipo y técnicas a utilizar dentro del laboratorio. A su vez el análisis y los cálculos a realizar en el laboratorio también fueron discutidos, pero con una frecuencia menor. Al analizar la naturaleza de las interacciones verbales y los estilos de instrucción no existe una relación, en cambio existe una relación entre la naturaleza de las interacciones y la naturaleza de la actividad de laboratorio.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRÁCTICAS DE INSTRUCCIÓN DE LOS TA EN CADA GRUPO

Nombre de Grupo	Estilo de instrucción	Comportamientos significativamente diferentes de otros grupos (Porcentaje medio de intervalos de 2 minutos)
A	The Waiters	TA pasó más tiempo esperando (38,7%)
		TA hizo algunas preguntas en las interacciones uno a uno (7,7%)
		TA inicio algunas interacciones uno a uno (6,7%)
		TA proporcionó menos elogios o supervisión verbal (0,0%)
B	The Busy Bees	TA pasó menos tiempo esperando (6,9%)
		TA inicio algunas interacciones uno a uno (9,8%)
		TA proporcionó menos elogios o supervisión verbal (0,0%)
C	The observers	TA pasaron más tiempo vigilando a los estudiantes (65,2%)
D	The guides-on-the-side	TA hizo más preguntas en las interacciones uno a uno (34,8%)
		TA inicio más interacciones uno a uno (37,3%)
		TA proporcionó menos elogios o supervisión verbal (31,5%)

(*Adaptado de Velasco et al., 2016, p. 1197)

Según Velasco (Velasco et al., 2016a), los estilos de instrucción pueden ser específicos dentro del contexto estudiado, también el estudio demostró que el LOPUS permite caracterizar detalladamente las variaciones pedagógicas que puede haber en un mismo plan pedagógico implementado por los TA. Como se dijo anteriormente en el estudio realizado llegaron a la conclusión que los TA independiente del estilo de instrucción que tuvieran iniciaban menos interacciones verbales con los estudiantes; a su vez también se llegó a la conclusión que los estudiantes “tenían una variabilidad limitada en todas las observaciones: realizaban la actividad, iniciaban una conversación y le hacían preguntas al TA”.(Velasco et al., 2016a, p. 1200)

Los estilos de instrucción eran independientes de la naturaleza de la actividad de laboratorio; sin embargo, la naturaleza de las interacciones verbales (es decir, conceptual, analítica, experimental) estaba relacionada con la naturaleza de la actividad de laboratorio. (Velasco et al., 2016a, p. 1200)

6.2 Compromiso académico de los estudiantes en actividades experimentales de laboratorio.

En esta sección se presentan investigaciones en donde se aborda el dominio afectivo del aprendizaje en laboratorio por medio de las percepciones de los estudiantes respecto del aprendizaje y el compromiso académico o *engagement*.

El grado de participación o nivel de compromiso académico² de los estudiantes en ambientes de aprendizaje (*engagement*) es teorizado desde múltiples facetas, emergiendo tres aspectos principales de este concepto: conceptualización, influencias individuales y contextuales y niveles de análisis (Manwaring et al., 2017).

² *Engagement* se traduce aquí como compromiso académico. La traducción al español va en el orden del involucramiento, la participación, el compromiso, etc. Algunos investigadores usan la palabra *engagement* sin traducir (Garbero et al., 2019), mientras que otros la usan como compromiso (Aspeé et al., 2018).

a) **Conceptualización:** La participación puede ser conceptualizada a partir de tres sub-constructos: compromiso cognitivo, emocional y conductual. El compromiso académico cognitivo se define como el esfuerzo psicológico que invierte el estudiante directamente en la tarea académica, mientras que el compromiso académico emocional especifica las reacciones afectivas en el ambiente de aprendizaje. En tanto que el compromiso académico de orden conductual ha sido definido en términos de conductas procedimentales tales como la atención, hacer las tareas y en algunas ocasiones se refiere a la participación, esfuerzo, atención, persistencia, etc.

b) **Influencias externas e internas:** Se asume que el compromiso académico es una interacción de las características particulares que el estudiante posee y las características contextuales donde ocurre la tarea (Manwaring et al., 2017). Las variables contextuales han sido categorizadas como facilitadores de la participación y son de dos tipos: ambientales y de percepción.

c) **Niveles de análisis:** El compromiso ha sido conceptualizado y estudiado en tres niveles de análisis: a nivel institucional, nivel curso y al nivel de una actividad. Según el nivel que se aborde esto impacta en la operacionalización, la forma de medir y los facilitadores o resultados de la participación (Manwaring et al., 2017; Skinner & Pitzer, 2012).

La descripción anterior relacionada con el concepto de participación no es producto de una revisión exhaustiva, sino que pretende destacar la complejidad del concepto de la participación de los estudiantes (Nguyen et al., 2018). Por ejemplo, se ha sugerido que el dominio conductual de la participación de los estudiantes podría componerse de dimensiones; participación socio-conductual y participación voluntaria o volitiva, por mencionar algunas (para más detalles ver Fredricks et al., 2016). De hecho, los aspectos sociales y emocionales de la participación pueden influenciar otras dimensiones de la participación (Olitsky & Milne, 2012) además de estar influenciados por variables asociadas a la teoría de la autodeterminación tales como la autonomía, la competencia y relaciones sociales (Park et al., 2012).

Se asume que existe una conexión entre el compromiso académico y los resultados de aprendizaje. Mejorar el compromiso académico de los estudiantes ha sido una importante meta no solo de configuraciones tradicionales de laboratorio (Rodriguez & Towns, 2018) , sino que también cuando se implementan simulaciones de laboratorio interactivas (Chamberlain et al., 2014; (Gryczka et al., 2016). Recientemente, Smith & Alonso, (2020) investigaron el compromiso conductual, emocional y cognitivo de los estudiantes en sesiones de laboratorio de química general. Ellos desarrollaron una encuesta que incluía 46 ítems tipo Likert (Completamente en desacuerdo/Completamente de acuerdo) que se enfocaba en los distintos momentos de una sesión tradicional de laboratorio de química general: la charla o cátedra de pre-laboratorio, en la realización de los procedimientos del laboratorio y en la fase de observación y registro de datos. Los ítems estaban relacionados con las dimensiones conductual, emocional y cognitiva (Fredricks et al., 2004) asociados con cada momento del laboratorio y varios ítems respecto de la participación en general durante los experimentos de laboratorio. Tras la validación del instrumento, seis factores resultaron para el compromiso académico de los estudiantes en los diferentes momentos del laboratorio, la mayoría centrado en los procedimentales (cognitiva, conductual y emocional), en tanto que ningún ítem en la fase de pre-laboratorio. Respecto de la fase de registro de datos y observación se evaluó la dimensión cognitiva y emocional (Smith & Alonso, 2020).

Cabe señalar que el instrumento consideró aspectos negativos y positivos del compromiso académico emocional, es decir, son factores distintos del compromiso académico. Ítems como “me siento nervioso cuando uso material de vidrio en los procedimientos del laboratorio”³ o “me siento inseguro cuando uso instrumentos y equipos cuando realizo los procedimientos del laboratorio” evalúan el factor emocional negativo del compromiso en el desarrollo de los procedimientos en un laboratorio, en tanto que “encuentro interesante usar y/o preparar reactivos durante los procedimientos del laboratorio”, entre otros, representa la dimensión emocional positiva del compromiso. Respecto de la fase de registro de datos, un solo factor emocional resultó y se refiere a los aspectos negativos, con ítems como “siento preocupación cuando registro todos los datos y observaciones antes de la finalización del laboratorio”. En palabras de los autores, “estos resultados indican que los estudiantes experimentan compromiso emocional negativo en los procedimientos de forma distinta que el compromiso emocional negativo en la obtención de datos” (Smith & Alonso, 2020, p. 407).

6.3 Expectativas de los estudiantes en laboratorio de química

En el área de la Educación Química, son pocos los instrumentos que han sido desarrollado para explorar las percepciones de los estudiantes respecto del aprendizaje en laboratorio. Bowen (1999) desarrolló un instrumento para medir la ansiedad de los estudiantes de secundaria en el laboratorio de química mediante cinco dimensiones: trabajo con reactivos, uso de equipos y procedimientos, obtener datos, trabajar con otros estudiantes y disponer de tiempo adecuado⁴. A partir de sus análisis, propone una visión multidimensional de la ansiedad en el laboratorio de química, una de naturaleza más química (trabajar con reactivos y uso de equipos) y una menos química (trabajar con estudiantes y uso del tiempo).

Recientemente, (Galloway & Bretz, 2015) diseñaron un instrumento para medir las expectativas y experiencias de los estudiantes en el laboratorio de química, enfocado en las dimensiones cognitiva y afectiva del aprendizaje significativo. El Instrumento para el Aprendizaje Significativo en el Laboratorio (MLLI de la voz inglesa *Meaningful Learning in the Laboratory Instrument*) fue diseñado con medidas cognitivas, afectivas y cognitiva/afectiva. La dimensión cognitiva incluye ítems relacionados eminentemente con pensar o reflexionar sobre conceptos y no incluye sensaciones sobre el trabajo en laboratorio, por ejemplo, “tomar decisiones sobre qué datos obtener”. En tanto que la dimensión cognitiva/afectiva incluye explícitamente ambos dominios, ejemplo de este ítem es “sentir -afectivo - inseguridad sobre el propósito de los procedimientos -cognitivo-” (Galloway & Bretz, 2015).

En otra investigación, (Galloway et al., 2016) diseñaron un estudio cualitativo para comprender la experiencia afectiva de estudiantes en la realización de experimentos en cursos de laboratorio de pregrado y cómo esta experiencia afectiva interactúa con su experiencia cognitiva y/o psicomotriz. A los estudiantes se les pidió que seleccionen palabras de una lista que incluía una descripción de experiencias negativas y positivas: interés, motivado, confianza, frustrado, nervioso, preocupado, ansioso, entre otras (Ilustración 2). La mitad de las palabras sugerían una contribución positiva al aprendizaje significativo y el resto cierta obstrucción

³ La traducción no pretende más que ilustrar la naturaleza del ítem y la dimensión evaluada. Para mayor profundidad se recomienda visitar la publicación original.

⁴ La traducción no pretende más que ilustrar la naturaleza de la dimensión evaluada. Para mayor profundidad se sugiere visitar la publicación original.

afectiva del aprendizaje significativo (Galloway et al., 2016). Los estudiantes desarrollaron una serie de actividades con esta lista de palabras; primero se les pidió que encerraran en un círculo aquellas palabras que describe de mejor manera cómo *-típicamente-* se sintieron en las clases de laboratorio de química y con una X las palabras que *no* describen cómo *-típicamente-* se sintieron en el laboratorio. Otra tarea fue poner una estrella junto a cualquier palabra que describa cómo se sintieron durante la sesión de laboratorio más próxima a la entrevista realizada. Posteriormente, se entrevistó a los estudiantes para que expliquen por qué marcaron círculos, estrellas o tacharon palabras.

ILUSTRACIÓN 2. LISTADO DE EXPERIENCIAS NEGATIVAS Y POSITIVAS CON RESPECTO A ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Intimidado	Motivado	Nervioso
Confiado ★	Preocupado	★ Ansioso
Creativo	Confundido	Emocionado
Interesado	Perdido	Cómodo
Asustado	Aburrido	Desafiado
Organizado	Frustrado	Inspirado

Los resultados muestran que la palabra que más fue encerrada en un círculo (descripción de cómo se sintieron en general) fue Interesado(a), la segunda fue Frustrado(a), la siguiente más mencionada fue Confundido(a) y Nervioso(a). En tanto que las palabras que mayormente tacharon (descripción de cómo no se sintieron) fue Temeroso(a), Creativo(a) e Inspirado(a). Adicionalmente, los análisis de las explicaciones de las palabras que los estudiantes escogieron revelaron, ideas sobre cómo los estudiantes percibían la autonomía en su aprendizaje de laboratorio y sus reacciones a esa autonomía percibida. En palabras de los autores, se demostraría “cómo la variedad de experiencias afectivas que los estudiantes tienen en el laboratorio de química de pregrado lleva a los estudiantes a renunciar a su rol activo en el aprendizaje, ya sea creyendo que es innecesario o no disponible para ellos” (Galloway et al., 2016, p. 236). En síntesis, respecto del estudio de las expectativas de los estudiantes sobre lo que se realizará en las sesiones de laboratorio de química, las expectativas cognitivas de los estudiantes para el aprendizaje en gran medida no se satisfacen con sus experiencias, de hecho, existiría una excesiva dependencia de seguir correctamente el procedimiento experimental en lugar de desarrollar habilidades de resolución de problemas orientadas al proceso (Galloway, 2015).

A modo de cierre, es interesante notar que las definiciones de compromiso académico de los estudiantes adoptada por (Smith & Alonso, 2020a) se alinean con los dominios del aprendizaje significativo (Galloway & Bretz, 2015; Novak, 2010), compromiso cognitivo se relaciona con dominio cognitivo, compromiso emocional se alinea con dominio afectivo y el compromiso conductual se alinea con el dominio psicomotor (Smith & Alonso, 2020). Sin embargo, a diferencia del instrumento diseñado por Smith y Alonso (2020) para evaluar el compromiso académico, el MLLI no contempla la evaluación de las fases o momentos de un laboratorio (pre-lab, procedimientos, obtención de datos). De hecho, sobre el MLLI, Galloway (2015) declara que “para estrechar el foco del instrumento, el enunciado fue redactado para establecer el contexto como “hacer” experimentos (como opuesto a preparar el laboratorio o

realizar análisis o escribir el reporte después del laboratorio)” (Galloway & Bretz, 2015, p. 1150). Pero coincidentemente, ambos instrumentos fallan en evaluar la fase de pre-laboratorio.

6.4 Estudio de las Interacciones en los laboratorios de química

En las secciones anteriores nos referimos a los estudios sobre las percepciones de los estudiantes respecto del aprendizaje en los laboratorios (Galloway & Bretz, 2015a), respecto del compromiso académico y los factores que componen su relación con el aprendizaje del estudiante en el laboratorio de química. En esta sección abordaremos los estudios que se han enfocado en la caracterización de la interacción que ocurre en laboratorios de ciencias. Esto se hará particularmente a partir de los trabajos de Wei (Wei et al., 2018, 2019, 2020).

En acuerdo con Wei et al. (2018), el estudio de la interacción en los laboratorios ha estado enfocado en la elaboración de instrumentos de observación para categorizar las prácticas de instrucción, similar a lo que se planteó sobre las prácticas instruccionales (Velasco et al., 2016). Pero en el caso de estudios que analicen las interacciones que ocurren entre los estudiantes y la relación de esta con el aprendizaje son los menos investigados (Wei et al., 2018).

Con respecto a la escasa investigación que se ha realizado en el ámbito de las interacciones entre los estudiantes en los laboratorios de química, George-Williams et al (2018) y Kousa et al., (2018) (citados en Wei et al., 2018) indican que a pesar de que se les brinden las mismas condiciones para el aprendizaje (materiales, instructor, contenido e igual aula) a los y las estudiantes, se pueden obtener diversos resultados de aprendizaje debido a que experimentan distintas experiencias en el proceso de aprendizaje. Wei et al., (2018) postulan a que el aprendizaje de los y las estudiantes, está estrechamente relacionado con las interacciones en las cuales se ven envueltos durante las actividades de trabajo de laboratorio.

Un gran número de investigaciones (Velasco et al., 2016, Galloway y Bretz 2015, Galloway 2016) sobre el aprendizaje en los laboratorios se han focalizado en los resultados de aprendizaje y en las habilidades desarrolladas por los estudiantes.

Las interacciones sociales son de gran relevancia en todo contexto, pero son aún más para los estudiantes en un entorno formal como lo es el laboratorio de química. En acuerdo con Wei (2018), “un aspecto importante del aprendizaje en el laboratorio es la comprensión de las interacciones en las que participan los estudiantes cuando realizan trabajos de laboratorio.” (p. 1186). Los autores sostienen que una mejor comprensión y dominio de las interacciones en los laboratorios entre los estudiantes y su entorno, podría ser muy beneficiosas ya que se podrían realizar modificaciones en las actividades de laboratorio para que así se puedan promover interacciones beneficiosas, y en última instancia un impacto directo en el rendimiento de los estudiantes y sus resultados de aprendizaje.

En los laboratorios de ciencias, el entorno de aprendizaje está compuesto por diversos elementos, en los cuales se encuentran los y las estudiantes, además de los docentes o instructores, guías o manuales de laboratorio y diversos instrumentos y/o equipos necesarios para realizar las actividades prácticas. Para realizar un análisis de las interacciones que ocurren entre estudiantes en el ambiente de las actividades de laboratorio, Wei et al., (2018), asumen cuatro categorías de interacción.

(1) Interacciones estudiante-estudiante (S-S), que se refieren a las interacciones entre estudiantes dentro de un grupo o entre grupos;

(2) Interacciones estudiante-instructor (S-I), que se refieren a las interacciones entre los estudiantes y el instructor;

(3) Las interacciones entre estudiantes y equipo (S-E), que se refieren a los estudiantes manipulan equipos como la cristalería, usando químicos, consultando el manual de laboratorio, o accediendo a Internet en los laboratorios;

(4) Interacciones indirectas-indirectas (I-I), que se refieren a que los estudiantes aprendan observando a los demás o escuchando sus conversaciones. (Wei et al., 2018, p. 1187, 2019, p. 2)

Las primeras dos categorías corresponden a interacciones de carácter interpersonal, las cuales se producen en una comunicación bidireccional, en cambio las interacciones (3) y (4) se presentan en conversaciones unidireccionales, esto ocurre en los laboratorios presenciales debido a que los estudiantes captan la información de los materiales, equipos, demostraciones y grupos adyacentes.

Focalizándonos en los instrumentos utilizados en los estudios de las interacciones nos encontramos con que Wei et al., (2018) diseñó una encuesta de pre-laboratorio para analizar las perspectivas de los estudiantes frente a la importancia de las interacciones. Esta encuesta reveló, de forma similar lo hallado por Velasco et al., (2016) que los estudiantes pensaron que la interacción más frecuente sería con el instructor/docente respecto a temas procedimentales, los estudiantes son los iniciadores de interacciones S-I (estudiante-instructor) con relación al ámbito procedimental de las actividades de laboratorio.

Adicionalmente de la utilización de protocolos de observación, Wei et al., (2018) estudió las interacciones por medio de auto-reportes (*self-report*) e instrumentos de grabación (video). Obteniendo como resultado que las interacciones que ocurren con mayor frecuencia durante las actividades de laboratorio fueron las interacciones S-S (estudiante-estudiante); declaran que estos resultados son coherentes con respecto a lo planteado bajo el marco del socio constructivismo, por lo que “el aprendizaje significativo de los estudiantes se sitúa en la colaboración social y las interacciones con otras personas, especialmente con los compañeros” (Wei et al., 2018, p. 1197).

Los instrumentos de auto-reportes y observacionales, indican que los motivos por los cuales ocurren las interacciones S-S principalmente son por ámbitos procedimentales, los segundos más frecuentes son con respecto a los resultados obtenidos por los estudiantes en las actividades de laboratorio, y las interacciones causadas por conceptos teóricos relacionados con las actividades del laboratorio son las menos frecuentes. Wei et al., (2018) postula que estos fenómenos pueden ocurrir debido a la falta de conocimientos que poseen los estudiantes y debido a la baja libertad que entrega un laboratorio del tipo “libro de recetas” por lo que es lógico que los motivos de las interacciones con mayor frecuencia se deban a aspectos procedimentales.

Según los autores la baja frecuencia en las interacciones entre estudiantes con respecto a conceptos teóricos puede deberse a que: “Los alumnos estaban posiblemente más centrados en obtener buenas puntuaciones que en pensar en la teoría, o podían estar demasiado ocupados manipulando el equipo que en considerar los conceptos básicos” (Wei et al., 2018, p. 1197).

Las interacciones de carácter indirecto (S-E e I-I) son las que han sido menos estudiadas, pero la información entregada por los estudiantes nos indica que participaron en

una gran cantidad de estas, “porque las personas generalmente repiten comportamientos que son bien recibidos y evitan los que dan lugar a un castigo” (Bandura y Walters, 1977 citado en Wei et al., 2018, p. 1195).

Wei et al., (2018) comentan que el aprendizaje de los y las estudiantes con respecto al trabajo con el equipo de laboratorio se ve influenciado por la observación de otros grupos de trabajo, al escuchar conversaciones provenientes de otros grupos o personas en el laboratorio. “Los estudiantes en los laboratorios también pueden evitar los errores aprendiendo de los errores de otros grupos”. (p. 1197)

Respecto a la conexión entre interacción y rendimiento, Wei et al., (2018) informa que existe una diferencia entre los estudiantes con mayor rendimiento y los que poseen un menor rendimiento escolar, en relación con las interacciones que ocurren entre ellos, “Los estudiantes de alto rendimiento implementaron más interacciones en los cuatro ítems (S-S, S-I, S-E y I-I) en comparación con los otros dos grupos⁴”. (Wei et al., 2018, p. 1197). Los estudiantes de bajo rendimiento tienen como preferencia “las interacciones unidireccionales o sin retroalimentación instantánea” (Wei et al., 2018, p. 1197)

En relación a los instrumentos utilizados para medir las interacciones, (Wei et al., 2019) realizan una revisión de literatura que se enfoca en responder la siguiente pregunta, la cual, consideramos que es clave para guiar nuestro trabajo “¿Qué herramientas se han utilizado para caracterizar las interacciones en los laboratorios de ciencias de la universidad?”.(Wei et al., 2019, p. 2)

Con respecto a la pregunta anterior, las y los autores nos entregan la siguiente tabla (Tabla 6) a modo de resumen con los instrumentos utilizados para la medición y exploración de las interacciones entre los estudiantes en las actividades de laboratorio.

TABLA 6. RECOPIACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE OBSERVACIÓN UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES EN EL LABORATORIO Y SUS HALLAZGOS.

Herramienta de observación	Categoría	Interacción	Hallazgos	Referencia*
Science Laboratory Interaction Categories (SLIC)- Student	Segmentado	Verbal y no verbal	La mayor parte del tiempo se ocupa en transmisión de información	(Kyle et al., 1979)
N/A	N/A	Verbal	La mayor interacción en el laboratorio es sobre los procedimientos	(Lehman, 1990)
A Modified-Revised version of the Science Teacher Behaviour Inventory (MR-STBI)	Segmentado	Verbal y no verbal	La conducta de los docentes (TA) es distinta en Alemania y EEUU (Ed. Sup)	(Hilosky et al., 1998)
Modified from Science Laboratory Interaction Categories (SLIC)	Segmentado	Verbal y no verbal	Los docentes (variaron) en seis disciplinas	(Ajaja, 2013)
Computerised Real-time Instructor Observation Tool (RIOT)	Holístico	Verbal	Interacción E-D varía en pequeños grupos y en todo el grupo (observación)	(West et al., 2013)
Teaching Assistant Inquiry Observation Protocol (TA-IOP)	Segmentado	Verbal y no verbal	Reflexión por pares puede ayudar a los docentes en laboratorios indagatorios	(Miller et al. 2014)
TA Observation Form (TA behaviour) on-off task form (student engagement)	Segmentado	Verbal	E-D puede predecir el compromiso académico	(Stang 2014)
Laboratory Observation Protocol for the Undergraduate STEM (LOPUS) On-off task form (student engagement)	Segmentado	Verbal y no verbal	Las conductas de los estudiantes son independientes del estilo del docente. La naturaleza de la interacción está relacionada con las actividades de laboratorio	(Velasco 2009)

*(Adaptado de Wei et al., 2019. Las referencias que se encuentran en la tabla están disponibles para su revisión en Wei et al., 2019)

Con respecto a los instrumentos planteados en la tabla 6, Wei et al., (2019) establece que los investigadores poseen preferencias con respecto a los métodos de recolección de análisis de datos. La naturaleza de la mayoría de estos instrumentos son de carácter cualitativo lo cual permite obtener una comprensión y caracterización de los fenómenos de estudio, lo cual, proporciona indicios de los impactos que pueden generar las interacciones en el aprendizaje de laboratorio. Tras el transcurso del tiempo y el avance de la tecnología se han logrado desarrollar nuevos instrumentos los cuales permiten captar y describir de mejor manera y de forma más detallada las interacciones que se van produciendo.

En la revisión de cómo se han medido las interacciones se destaca que:

- La comprensión de la naturaleza de las acciones verbales y no verbales que presentan los estudiantes, instructores y con el equipo de laboratorio podría entregar información del significado de las interacciones en el proceso de enseñanza aprendizaje (Wei et al., 2019)
- El laboratorio de enseñanza es un entorno complejo en el que es difícil registrar cada acontecimiento y evaluar su importancia. Varios estudios afirman que las contribuciones que puedan otorgar las investigaciones relacionadas con las

interacciones en el laboratorio entregarían conocimientos fundamentales que ayudarían en los procesos de enseñanza aprendizaje y una mejor comprensión de las dificultades que enfrentan los estudiantes. (Wei et al., 2019)⁵

Considerando los instrumentos con los que se han evaluado las temáticas de investigación referidas anteriormente. Surge la pregunta, ¿el ambiente físico del aula científica afecta en el desarrollo de habilidades científicas que se tienen como objetivo? ¿Qué sucedería al implementar otro tipo de instrumentos de medición?

Visualización espacial de la dinámica de los estudiantes

En palabras de Kaya y Burgess (2007) (citado en Waktola, 2015) la mayoría de los estudiantes permanecen sentados en los asientos seleccionados en el inicio de semestre. Desde el año 1920 ha habido diversas investigaciones sobre los impactos ya sea positivos o negativos que tienen las ubicaciones de los asientos relacionado con el impacto académico, pero han sido impropias ya que se le ha prestado más atención a otros temas como la entrega de conocimientos o el material del curso más que a los patrones de asientos en una sala de clase.

El estudio presentado por Waktola, (2015) trata de visualizar la relación de los atributos académicos según la distribución espacial dentro del aula, utilizando una combinación de herramientas estadísticas, base de datos y visualizaciones mediante herramientas SIG de 542 estudiantes de Geografía Física en LAMC (*Los Angeles Mission College*) California.

Según lo presentado en Burda y Brooks (1996) (citado en Waktola 2015) el asiento es seleccionado por los estudiantes según la motivación de logro que estos posean. “Las personas sentadas en las primeras filas aprenden más, participan más, interactúan más y son más entusiastas que las que están sentadas en la parte de atrás” (Waktola, 2015, p. 77). Dentro del aula esta la llamada “Zona de Acción” cuando un estudiante está lejos de esta sus calificaciones y participación disminuyen. Esta relación se podría complementar con lo dicho por Tobler (1970) (citado en Waktola, 2015) lo cual proporcionaría una perspectiva distinta:

“La Primera Ley de la Geografía establece que todo está relacionado con todo lo demás, pero que las cosas cercanas están más interrelacionadas que las cosas distantes. Por implicación, los estudiantes sentados cerca del instructor se desempeñan mejor académicamente que los estudiantes en asientos distantes” (Waktola, 2015, p. 78).

Dentro del análisis exhaustivo de diversos artículos relacionados Waktola (2015) indica que existe una falta de información en la correlación de la ubicación del estudiante en la sala con el rendimiento académico y la variación de atributos académicos en función de la ubicación en el aula.

En los espacios interiores el análisis y la visualización de datos no ha sido explorado adecuadamente por las dificultades que este presenta dentro de espacios reducidos, esto debido a señales débiles de GPS y poco confiables en la precisión de espacios pequeños. La Universidad de Washington y el departamento SIG del condado de Delaware han realizado

⁵ Para analizar los resultados obtenidos Wei et al., (2018) clasificaron a los estudiantes en tres niveles según sus calificaciones en el laboratorio. Clasificación: Los estudiantes con una calificación de laboratorio del 85% o más como los estudiantes con los mejores resultados; estudiantes en el rango de 70–84% como estudiantes de nivel medio; y más bajo que el 70% como los estudiantes de más bajo rendimiento.

mapeos de aulas con todos sus implementos en ella. Pero difícilmente incluyen análisis espacial para las características dentro del aula. (Waktola, 2015)

Waktola (2015) plantea que los “patrones y atributos de la ubicación de los asientos en el aula podrían ser geo-referenciados, analizados y visualizados en una plataforma SIG”. (p. 78). Los resultados obtenidos en la investigación revelan que los índices de asistencia, así como la participación en clase no son aleatorios dentro del aula, la Ilustración 3 muestra las áreas en donde la participación de los estudiantes es mayor.

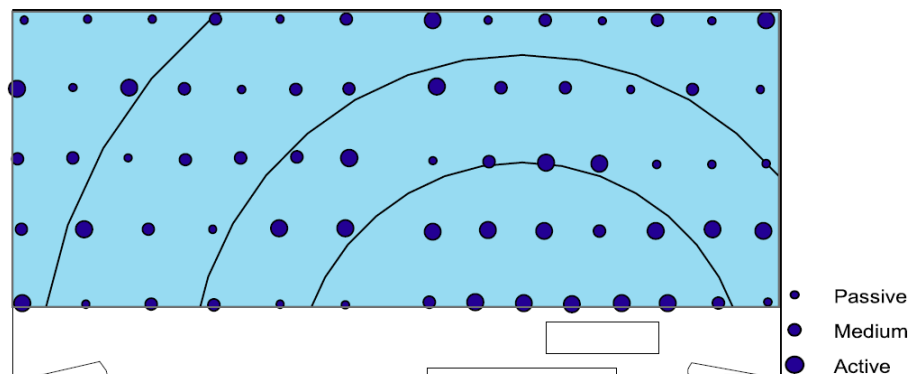


ILUSTRACIÓN 3. NIVEL DE PARTICIPACIÓN DE LOS ESTUDIANTES, SEGÚN LA DISTANCIA DEL PROFESOR/ INSTRUCTOR. (WAKTOLA 2015, P. 81)

Por otra parte, se logró confirmar que los estudiantes sentados cerca de la pizarra tienen calificaciones más altas, esta distribución se muestra en la Ilustración 4.

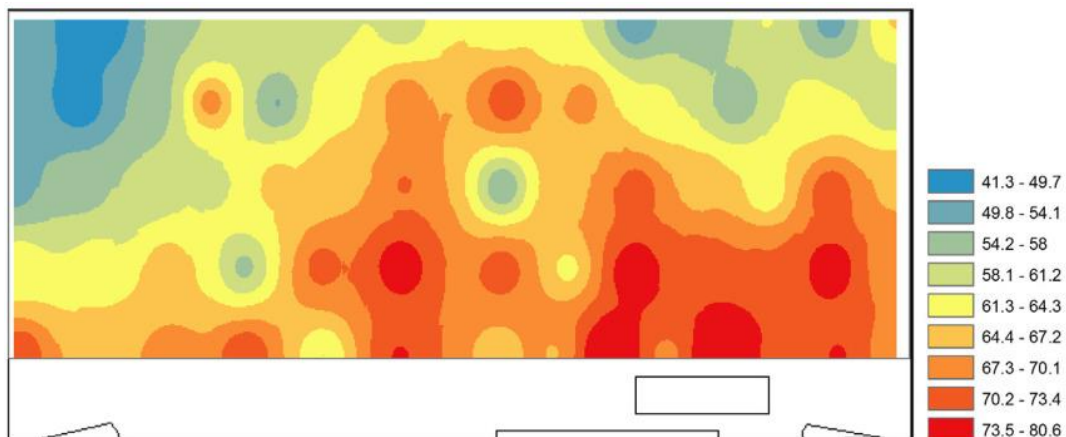


ILUSTRACIÓN 4. INTERPOLACIÓN DE LAS PUNTUACIONES GENERALES DE LAS PRUEBAS. (WAKTOLA 2015, P. 79)

Si bien siempre hay excepciones a la tendencia observada “no todos los estudiantes de los asientos delanteros reciben calificaciones altas, y no todos los estudiantes de los asientos traseros obtienen calificaciones bajas”. (Waktola, 2015, p. 80)

Waktola, (2015) en su estudio llegó a la conclusión que los resultados de los exámenes, niveles de participación de los estudiantes y los índices de asistencia a las clases no son aleatorio dentro del aula, así como tampoco uniformes, los atributos positivos están agrupados con mayor densidad en el centro delantero y disminuyen hacia los asientos traseros.

El SIG no solo identifica patrones de atributos académicos en los asientos de los salones de clases, sino que también muestra los resultados en una representación visual sólida. (Waktola, 2015, p. 82)

Definición del problema de investigación:

En las secciones anteriores se ha planteado que el laboratorio es un espacio único el cual permite el aprendizaje y el desarrollo de habilidades específicas (Reid & Shah, 2007; Mamlok-Naaman et al., 2018), sin embargo, aún persiste el desafío de hallar evidencia concreta del impacto del aprendizaje en los y las estudiantes (Bretz, 2019). De acuerdo con Bretz, (2019) existe poca justificación con la necesidad de mantener los altos costos del laboratorio, teniendo en cuenta que las investigaciones no han podido demostrar si existe alguna relación entre las actividades realizadas por los estudiantes en el laboratorio y el aprendizaje obtenido de estas.

En el último tiempo, la investigación respecto del aprendizaje en el laboratorio de química se ha centrado en estudiar aspectos afectivos de la experiencia en el trabajo de laboratorio (Galloway & Bretz, 2015a), además de estudiar el compromiso académico de los estudiantes en el laboratorio de química (Smith & Alonso, 2020, , Manwaring et al., 2017), del mismo modo se puede apreciar un interés en estudiar cómo ocurrirían las interacciones en los laboratorios (Wei 2018, 2019), todo lo anterior con el fin de evidenciar factores que puedan influenciar en el aprendizaje de los estudiantes en el trabajo de laboratorio.

Sin embargo, la investigación sobre las interacciones que presentan los estudiantes durante el trabajo de laboratorio de química se ha centrado en los resultados del aprendizaje y menos en los procesos e interacciones de aprendizaje de los estudiantes.(Wei et al., 2019). Además, los instrumentos utilizados para realizar estos estudios en su mayoría corresponden a protocolos de observación y encuestas realizadas a los y las estudiantes. Los instrumentos han usado la observación como el método principal de recopilación de datos porque la observación podría proporcionar datos directos y confiables para registrar y describir los comportamientos de los estudiantes e instructores. Aportando información sobre frecuencia de las interacciones y si las interacciones fueron o no verbales y/o no verbales. (Wei et al., 2019)

Tomando como base los aportes de la investigación de la implementación de tecnologías SIG, para visualizar patrones espaciales con respecto a atributos académicos (Waktola, 2015) y considerando que a nivel metodológico resulta útil registrar los acontecimientos que ocurren en él y más aún evaluar la importancia de estos, en esta tesina se propone realizar un estudio de las interacciones en el laboratorio incorporando herramientas y técnicas de visualización SIG. Con esto surgen varias preguntas: ¿Qué herramientas o técnicas son pertinentes para estudiar el aprendizaje en el laboratorio? ¿Es posible la utilización de distintas herramientas para la recogida de información? ¿Se podrían visualizar zonas, incluso momentos, donde mayoritariamente ocurren las interacciones dentro del laboratorio?

De forma explícita, nuestra pregunta de investigación es la siguiente:

¿Qué información entregaría la incorporación de herramientas SIG al estudio de las interacciones que ocurren en el ambiente físico del laboratorio de química?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta metodológica para el estudio de interacciones que ocurren en el laboratorio de química utilizando protocolos de observación en conjunto con herramientas SIG.

Objetivos Específicos:

Identificar elementos conceptuales y empíricos en la investigación sobre el aprendizaje en laboratorio de química que permitan articular la propuesta metodológica.

Identificar técnicas metodológicas y analíticas basadas en SIG que permitan estudiar la interacción en el laboratorio de química.

Proponer un protocolo para el estudio, registro y análisis de las interacciones que ocurren en el laboratorio mediante protocolos de observación, registro audiovisual y en conjunto con la implementación herramientas SIG.

Marco metodológico.

En la siguiente sección se desarrolla la propuesta metodológica para estudiar la interacción en el laboratorio de química incorporando técnicas de registro y análisis de datos basados en SIG.

La propuesta consta de dos etapas: preparación y análisis. En la primera parte se intenta cubrir aspectos metodológicos previos a la medición directa. Estos abarcan desde la revisión de aspectos éticos, el desarrollo de pruebas piloto, además de la discusión de la aplicación u obtención de datos sociodemográficos o que permitan caracterizar el espacio y los sujetos bajo estudio. La segunda etapa se encarga de los medios para analizar los datos obtenidos.

Como hipótesis o supuestos de la presente propuesta cabe señalar que el objeto de estudio son las dinámicas espaciales de las interacciones que ocurren en un laboratorio de química y su relación con el aprendizaje. Se asume que en un laboratorio ocurren cuatro tipos de interacción: Estudiante-Estudiante, Estudiante-Equipo, Estudiante-Profesor e Interacción Indirecta-Indirecta, y que éstas interacciones se desarrollan en un espacio físico de dos dimensiones (x, y), las cuales, poseen una relación con el compromiso académico, las expectativas afectivas y cognitivas por parte del estudiante y su desempeño académico dentro del laboratorio.

Preparación

- a) **Definición del tipo de laboratorio:** tal como se comentó en secciones anteriores, existen diversos tipos de laboratorios con mayor o menor grado de autonomía o apertura en relación a la responsabilidad de los estudiantes en conducir la actividad experimental (Domin, 1999b; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). En este sentido cabría tomar dos decisiones: los tipos de laboratorio que se evaluarán y la cantidad de sesiones de laboratorio que se registrarán.

Por lo general, los laboratorios son altamente estructurados. Esto implica que el estudiante tiene poca libertad de escoger método o materiales, además las conductas de los estudiantes son dirigidas por los manuales de laboratorio, los cuales adoptan, en su mayoría, formatos tipo receta. Sin embargo, según los objetivos planteados, es posible observar laboratorios donde los estudiantes pueden decidir la forma en que realizan los procedimientos y qué materiales podrían usar y solo la respuesta está determinada. ¿Se evaluarán todos los tipos de laboratorios? Claramente esta es una decisión metodológica con gran impacto en los alcances de los resultados, por ello es una decisión que debe ponderarse.

La propuesta es que se evalúe el tipo de laboratorio que mayormente adopta el plan de estudios y que, al menos, este sea evaluado en más de una ocasión. Se estima que tres laboratorios tradicionales es lo ideal para un estudio de naturaleza exploratoria.

- b) **Definición de técnicas de recogida de datos:** Las tecnologías que permiten registrar el posicionamiento se denominan tecnologías de posicionamiento percibido (Feng & Liu, 2012). En posicionamiento *indoor*, pueden mencionarse la tecnología infrarroja, por ultrasonido, radiofrecuencia y Bluetooth. Con el desarrollo de las redes de área local inalámbrica (*wireless local area network*, WLAN) las redes Wi-Fi se están volviendo cada vez más generalizadas. En comparación con los sistemas de posicionamiento global (GPS), las redes Wi-Fi permiten la implementación de WLAN sin cables para

los dispositivos, lo que reduciría los costos de implementación. Por otra parte, la señal Wi-Fi no se ve interferida por el clima y ciertas infraestructuras. En esta propuesta se adopta el uso de *Access Points* (AP) y redes WLAN ya que se ha evaluado que la precisión del posicionamiento WLAN es mayor que la del GPS (Feng & Liu, 2012) Adicionalmente, se propone el registro por video de las sesiones de laboratorio para realizar un análisis tipo “diagrama spaghetti” (Ilustración 5a) (Healion et al., 2017) o, dependiendo del tipo de cámara que se utilice y de los softwares que se disponga, se podrían realizar el rastreo del estudiante (Ilustración 5b) (Thompson et al., 2016). La decisión de usar videos tiene importantes implicaciones teóricas y metodológicas (Chan et al., 2019), pero en esta propuesta se plantea como elemento complementario al registro por WLAN y se orientan registrar evolución temporal de la localización (x,y) (ver Ilustración 5)

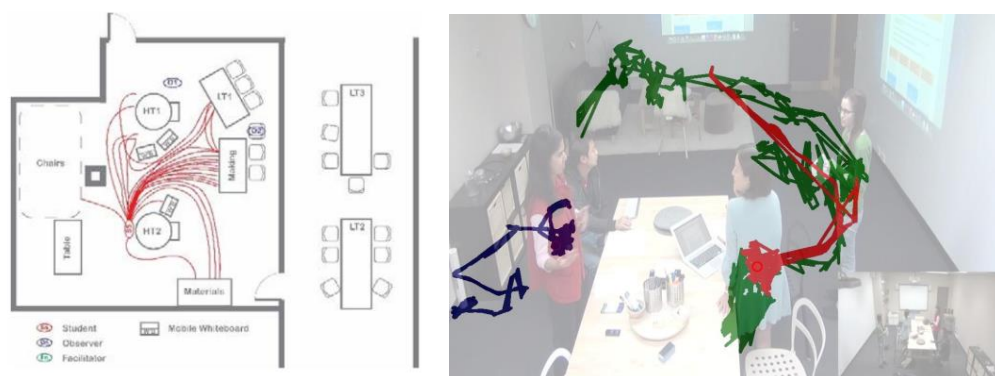


ILUSTRACIÓN 5. A) DIAGRAMAS DE SPAGHETTI Y B) RASTREO DEL APRENDIZ

Esta propuesta considera que el uso de técnicas SIG deben ser complementarias a las técnicas que ya se han probado para evaluar la interactividad y que han resultado efectivas para la obtención y registro de los datos. (Velasco et al., 2016; Wei et al., 2019). Un estudio sobre la actividad física de niños en áreas verdes en Inglaterra usó GPS y un acelerómetro para evaluar la actividad física y el lugar donde esta ocurre. Además, registró datos antropométricos, niveles de pubertad, y estimaciones socioeconómicas, entre otros (Wheeler et al., 2010). Dada la naturaleza del fenómeno que se está registrando (Aprendizaje en Laboratorio) ¿qué datos deberían recogerse para explicar los resultados que se obtendrán? Claramente se deben asociar métricas sociodemográficas como sexo y edad, pero además se estima necesario un registro del estado o nivel académico de los estudiantes, ya sean las notas de la asignatura o del mismo laboratorio o, más específicamente, el grado de conocimiento del laboratorio que se está desarrollando mientras se realiza la evaluación de la interacción. Afectará en la dinámica si el estudiante no conoce los procedimientos, es decir, si no ha preparado la sesión de laboratorio (Agustian & Seery, 2017). En secciones anteriores, se discutió el protocolo de observación LOPUS, y los instrumentos desarrollados por Galloway y Smith, entre otros (Galloway & Bretz, 2015; Smith & Alonso, 2020; Velasco et al., 2016). Estos, claramente poseen medidas validadas para estudiar el proceso de las interacciones y las

que pueda existir entre las interacciones que ocurren en el laboratorio con respecto al compromiso académico, las expectativas que poseen los estudiantes, y si existe una incidencia en el desempeño académico del estudiante en el laboratorio de química. Mediante la implementación de SIG, protocolos de observación, encuestas dirigidas a los estudiantes y registro visual.

- c) **Preparación del ambiente:** Según la técnica con que se registre la posición de los sujetos, se deben implementar los dispositivos que permitirán el registro del movimiento y dinámica de los individuos en el espacio físico del laboratorio. Para todos los análisis sobre el espacio físico es necesario delimitar y disponer de los planos del espacio donde se realizará el estudio y establecer un sistema de coordenadas (metros) teniendo el norte como referencia. Esto también permitirá estimar la forma en que se realizará el registro por video. Dónde se grabará, con cuántas y qué tipo de cámaras es una decisión que depende del espacio físico donde se realiza la actividad y los recursos destinados para la realización del estudio.

Del mismo modo, y para registrar la localización, se deben implementar AP para el monitoreo por Wi-Fi. Según la disposición del espacio físico, se propone que se instalen tres AP puesto que así se pueden realizar, (según se comentará más adelante) análisis de triangulación (Feng & Liu, 2012) (ver Ilustración 6).

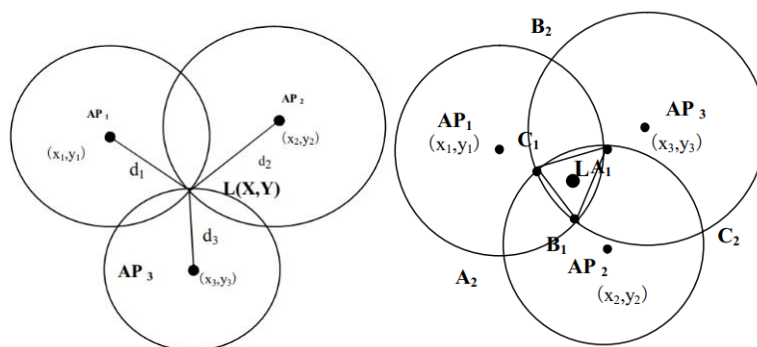


ILUSTRACIÓN 6. TRIANGULACIÓN DE LOS AP

No se estima prudente que se deban realizar intervenciones en el espacio físico del laboratorio a menos que no impacte en la percepción de los participantes de la actividad experimental y éste ocurra al inicio del semestre o de las actividades globales del laboratorio.

- d) **Protocolos éticos:** En la perspectiva del nivel de aproximación e intervención al que se propone llegar con los sujetos bajo estudio y en consideración de las técnicas con que se registrarán los datos, se deben conseguir los consentimientos informados de todos los participantes en las sesiones, tanto estudiantes como académicos. Es necesario garantizar ciertos aspectos éticos en cuanto a la recolección de datos, así como para el análisis de estos. En acuerdo con que “querer no basta” (Winkler et al., 2012), la presente investigación procurará obtener el consentimiento libre e informado de los participantes, así como resguardar el registro y divulgación de información

- e) **Pilotaje:** Con todos los elementos definidos. Se deben realizar al menos dos sesiones donde se registren todos los sistemas funcionando. En una primera instancia, el equipo de investigadores puede decidir realizar acciones parciales para testear el correcto funcionamiento de todos los sistemas de registros o realizar una simulación de una actividad de laboratorio para detectar posibles fugas de datos o elementos no considerados. De todos modos y, según se resuelva por el equipo, se debe realizar un pilotaje tipo ensayo general, con una sección o cohorte diferente de estudiantes, con el único objetivo de registrar una sesión en condiciones lo más idénticas posibles a las que se evaluarán para la obtención de los datos.

Lo anterior no solo permitirá testear el correcto desempeño de los instrumentos para recoger información, sino que se pueden obtener en primera instancia datos concretos, simular el escenario de medición y el ejercicio de recopilación de datos.

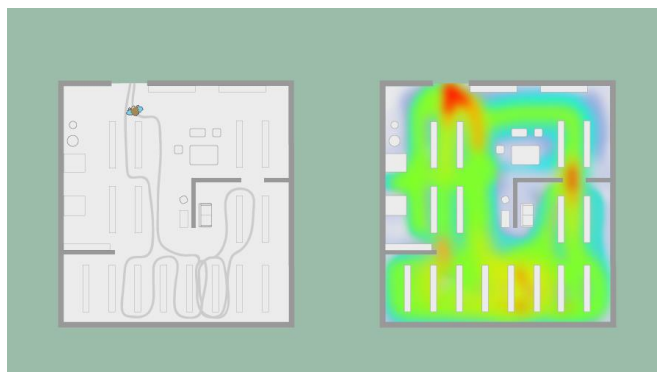
Análisis

En esta sección se presenta la propuesta de los tipos de análisis que se espera poder realizar con los datos obtenidos. Esta propuesta se enfocará en los análisis basados en la obtención de los datos mediante técnicas SIG y no tanto en los que se derivan de los instrumentos basados en papel, los cuales, según se decida implementar, están sujetos a los análisis psicométricos y exploratorios necesarios (Taber, 2018).

- a) Estadística espacial: El desarrollo de investigaciones de naturaleza cuantitativa en educación y su cruce con metodologías de cuantificación e intervención espacial han generado un interesante campo de estudio relacionando ambas dimensiones y obteniendo nuevas perspectivas de visualización de los fenómenos sociales (Joo-Nagata et al., 2017; Joo-Nagata & Alvarado Peterson, 2013).

Los datos capturados serán analizados usando distintas técnicas de visualización, entre las que se puede mencionar, las siguientes:

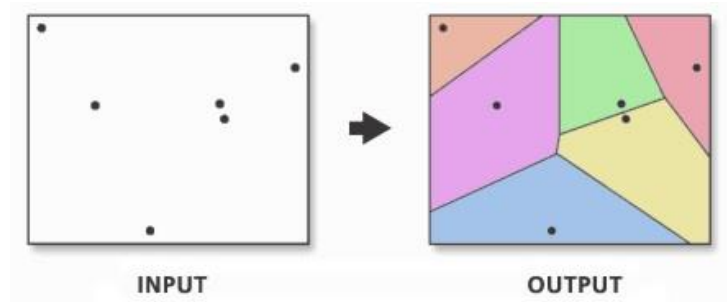
- **Heat map:** “Un mapa de calor es una representación gráfica de datos que indica cómo se distribuyen los visitantes en un sitio”. (“Smart Factories”, 2019) En donde se describe con espectro de colores (azul-verde-amarillo-rojo) la densidad de visitantes. El mapa de calor detecta las “zonas calientes” y “zonas frías” las cuales indican la densidad de personas y se representan respectivamente con el color rojo y azul.



(“Smart Factories”, 2019)

ILUSTRACIÓN 7. HEAT MAP

- **Polígonos de Thiessen:** Los polígonos de Thiessen corresponden a una definición geométrica que permite delimitar un plano euclidiano mediante la interpolación simple de puntos de referencia, basado en la distancia euclidiana entre dichos puntos. Estos permiten crear una delimitación y subdivisión de mayor precisión del espacio bajo estudio



(*Crear polígonos de Thiessen / ArcGIS for Desktop, s.f.*)

ILUSTRACIÓN 8. POLÍGONOS DE THIESEN

Discusión

Inicialmente, este trabajo tenía una naturaleza empírica. Estaba planificado evaluar mediante técnicas de registro multimedia y de observación participante, cómo ocurriría la interacción en un laboratorio de docencia. Sin embargo, debido a los acontecimientos ocurridos desde el 18 de octubre 2019, Estallido Social, y el contexto actual de pandemia por el COVID-19, este estudio se planteó mayormente desde un plano más teórico conceptual. Lo cual significó profundizar en el estado de la investigación sobre el desempeño de los estudiantes en el laboratorio de química desde variables como la experiencia, el compromiso académico, además de la interactividad. Por ello, es que aquí se detalló cómo podría ser una eventual intervención y estudio de la interactividad en el laboratorio de química. Esto es, una propuesta metodológica para obtener datos y resultados que puedan implicar en modificaciones en la enseñanza de la química a través del laboratorio.

Producto de lo anterior, claramente esto requiere ser implementado para ponderar su real impacto. Sin embargo, desde la visión otorgada por la literatura nos permite adelantar ciertas discusiones teóricas con respecto a lo que se puede hallar, considerando que no se pretende generalizar.

La propuesta metodológica podría haber incluido una tercera etapa o nivel de discusión en torno a la implementación, es decir, el momento en el cual se pone en marcha la propuesta. Sin embargo, la naturaleza hipotética de la propuesta no permite establecer mayores elementos en torno a la realización de la actividad experimental mientras se registran los datos. Esto no quiere decir que no se puedan desarrollar protocolos de monitoreo de las distintas actividades que se estén llevando a cabo en la implementación. Además, en la implementación confluyen elementos específicos o propios de la naturaleza compleja de la docencia en los laboratorios de química (Seery et al., 2019) que se espera sean parte de la misma observación. Es decir, cómo se verían alteradas las interacciones cuando ocurre un accidente con material de vidrio.

En este sentido, y en acuerdo con Chan (2019), la decisión de usar video tiene importantes implicancias metodológicas y teóricas. Por ejemplo, el rol que desempeña el investigador como agente constructor del material de video, y el lugar que tiene el material de video como representativo de alguna manera de una realidad que existe independientemente del investigador.

Respecto de los supuestos, la propuesta asume que las interacciones en el laboratorio se puedan analizar mediante técnicas SIG. De este modo se obtendrán datos en torno a la posición (x,y) de un estudiante en un determinado momento y a lo largo de la sesión de laboratorio ¿desde qué lentes se analizarán los resultados? Sin olvidar la naturaleza propia del fenómeno observado, aprendizaje en laboratorio, se asume que la naturaleza de las dinámicas e interacciones en este espacio se podrían explicar o analizar desde los atributos propios del aprendiz, particularmente desde aspectos cognitivos y afectivos del aprendizaje.

Por último, respecto de los tipos de análisis, claramente, según los datos que se obtengan, es posible realizar mayores análisis espaciales. Particularmente se puso énfasis, desde un nivel exploratorio, en poder estimar zonas del espacio de laboratorio donde ocurrirían las interacciones. Las técnicas SIG permiten mayor profundidad en los análisis y en la visualización de las dinámicas en el laboratorio. Esta propuesta inicial se considera exploratoria y abierta a análisis más robustos y pertinentes como podría ser utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (*Inverse Distance Weighting*, IDW). (Si se desea más información

ingresar <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>)

En acuerdo con Feng y Liu (2012) las tecnologías de posicionamiento percibido requieren hardware especializado por lo que aumentan los costos del sistema, esto debido a la que tienen una escasa habilidad de adaptación y sin perder la sensibilidad de medición del instrumento. En el caso de infrarrojos y sistemas de ultrasonido, son susceptibles a obstrucciones, y no son adecuados para una transmisión a larga distancia lo que limita el alcance y la precisión del posicionamiento.

El análisis de los datos recopilados debería considerar el definir las etapas de laboratorio para una mayor comprensión y análisis de las interacciones ocurridas dentro del laboratorio de química

La visión otorgada por la literatura nos permite adelantar ciertas discusiones teóricas con respecto a lo que se puede hallar, considerando que no se pretende generalizar.

Es de importancia lograr implementar esta propuesta para el estudio de factores que pueden influenciar en el aprendizaje del laboratorio, específicamente las interacciones que ocurren en el laboratorio de química, considerando que existe el cuestionamiento hacia la implementación de actividades de laboratorio en la enseñanza de la química. Sansom y Walker (2019) concuerdan con lo planteado anteriormente e indican que las acciones de asignar instructores poco capacitados o neófitos en la enseñanza del laboratorio, el menos preciar y devaluar la contratación de profesionales en la enseñanza de laboratorio y el no reconocimiento de sus contribuciones a la enseñanza del laboratorio, y la utilización de planes de estudios obsoletos para la enseñanza de la química en el laboratorio con el fin de no invertir los recursos necesarios en los cursos de laboratorio, se comunica que la implementación de las actividades del laboratorio en la enseñanza de la química no son importantes.

En conjunto con lo señalado anteriormente por Sansom y Walker (2019) y a la falta de evidencia concreta que existe aprendizaje significativo y los altos costos de implementación de estas actividades (Bretz 2019), como consecuencia directa esto ha generado una disminución en las horas de los cursos de laboratorio de enseñanza en química como fue tratado con mayor profundidad en la sección 4 del marco teórico.

En el análisis de las interacciones en plano cartesiano (x,y) se debe tener en cuenta un eje adicional, el cual corresponde al eje z. Este comprende el análisis de las expectativas de los y las estudiantes (experiencia cognitiva, afectiva, psicomotriz y/o cognitiva/afectiva) (Galloway et al., 2016) y el compromiso académico (*engagement*) (Smith y Alonso 2020) de los y las estudiantes. Para el estudio de estos factores se deben tener en cuenta las siguientes limitaciones que los autores declaran en su investigación:

Smith y Alonso (2020), en su medición del compromiso académico declara que cada institución académica al igual que sus estudiantes poseen un contexto único por ende es importante considerar la implementación de esta encuesta según estos contextos. Otra limitación, es que el instrumento solicita a los estudiantes recordar dos laboratorios que hayan realizado durante el semestre, lo que puede provocar que existan alteración en la información entregada y “es posible que los estudiantes hayan seleccionado respuestas de la encuesta exagerando sus niveles de compromiso”(Smith & Alonso, 2020, p. 409). Al momento de utilizar este instrumento se debe tener en cuenta la factibilidad de realizarlo al final de cada laboratorio, esto para poder disminuir la posibilidad que tienen los estudiantes de exagerar las

respuestas ya sea negativa o positivamente y también impedir el olvido de lo realizado en la actividad de laboratorio por los estudiantes.

Galloway y Bretz (2015), declararon que la mayor limitación que posee el MLLI es la gran duración de la recopilación de información (dos años, un total de cuatro semestres) lo que provoca el desgaste en los estudiantes, siendo así, solo una fracción de ellos continúan participando hasta el final del estudio. El análisis que se puede utilizar para el tratamiento de los datos puede provocar diversas soluciones en el estudio. “Las interpretaciones y conclusiones deben hacerse cuidadosamente considerando el contexto en el que se desarrolle el estudio”. (Galloway y Bretz 2015, p. 2028). Como fue nombrado en la en la primera etapa de preparación dentro de la metodología, la medición se realizaría idealmente en tres laboratorios tradicionales, lo que llevaría a la disminución del nivel de desgaste que puedan tener los estudiantes y asegurando la participación de la mayoría de estos, en caso de no poder utilizarse este instrumento por la corta duración de la medición se debe llevar a cabo una modificación o adaptación del MLLI.

Velasco et al., (2016) en el protocolo de observación de laboratorio para STEM (LOPUS), declara las siguientes limitaciones: Al tener como objeto de estudio a los TA, estos portan un micrófono por lo que solo se registró el audio perteneciente a los TA y a los estudiantes que se encontraban cerca de estos, pero no a los estudiantes que estaban interactuando dentro de su grupo, considerando las dificultades del análisis del material auditivo para la caracterización de las interacciones consideramos que es más pertinente utilizar una encuesta dirigida a los estudiantes que cumpla esta función.

Considerando la relevancia de la implementación de esta propuesta de estudio, es importante considerar la invitación de Maanlok-Naam et al., (2018), el cual propone analizar cada uno de los factores que contribuyen en todo ámbito al aprendizaje en el laboratorio de química. Una forma en la que se puede analizar los factores que componen las actividades de laboratorio es a través de la “ecología del aula” del laboratorio. Sin profundizar mucho en la temática nos podemos referir a lo planteado por Duschl y Osborn (2002) en conjunto con Chinn y Malhotra (2002), citados en el trabajo de Maanlok-Naam et al., (2018), indican que la argumentación es la herramienta clave para generar un ambiente productor de conocimiento, pero para esto se deben lograr o tener en cuenta los discursos dialógicos, diversas formas de interacciones cognitivas, sociales, culturales entre las y los estudiantes, la cual, se crea a través de entornos sociales y físicos en los cuales se desarrollan las actividades de laboratorio. (Maanlok-Naam et al., 2018, p. 139).

La implementación de esta propuesta ayudaría a corroborar los resultados obtenidos por Wei et al., (2018) los cuales indican que las interacciones con mayor frecuencia son las S-S. El origen de estas interacciones es debido a los ámbitos procedimentales. Wei et al, (2018) teoriza que esto puede deberse a la naturaleza tradicional del laboratorio estudiado. La aplicación del estudio de las interacciones vinculando las expectativas de los estudiantes (análisis cognitivo-afectivo) podría indicar que la predominancia de las interacciones S-S responde a inseguridades y/o malestares de estudiantes frente a los procedimientos estructurados de las actividades de laboratorio.

Para las futuras proyecciones de esta propuesta y tomando en consideración lo dicho por Wei et al., (2019) se deben realizar estudios de las interacciones de laboratorio en distintos tipos de laboratorio, alejados de los de naturaleza tradicional y que consideren distintos grados de apertura (indagación, descubrimiento y basado en problemas)

Conclusiones

En esta sección se presentarán las conclusiones aun cuando no se puede generalizar, debido a la naturaleza exploratoria de la propuesta realizada. Considerando lo anterior se tratará de comentar bajo una lógica general.

En relación con el estudio realizado se puede concluir lo siguiente:

- 1) Las técnicas de análisis utilizando sistemas de información geográficas permitirán evaluar las relaciones y las interacciones en un espacio de laboratorio
- 2) Tras la revisión de distintas técnicas SIG, se logró identificar el análisis a través de WLAN y AP para el estudio *indoor* lo cual permitirá la visualización de las interacciones en el laboratorio en contraste con el compromiso académico y las expectativas de los estudiantes mediante Heat map y Polígonos de Thiessen.
- 3) Las líneas de investigación actuales en química facilitarían la inclusión de herramientas SIG debido a las preguntas que se plantean en el estudio de las interacciones.
- 4) La utilización de herramientas SIG en el estudio del aprendizaje del laboratorio permitirá establecer relaciones entre el compromiso académico, expectativas de los estudiantes y la naturaleza de las interacciones que ocurren en el laboratorio de química, que, a su vez, entregara información de gran relevancia para profundizar y comprender factores que influyen en el aprendizaje significativo del laboratorio.
- 5) Se debe considerar el contexto particular del laboratorio, y de los y las estudiantes, al momento de implementación de las distintas herramientas para la caracterización de interacciones, compromiso académico y expectativas de los estudiantes dentro del laboratorio de química. Además, de tener en cuenta las limitaciones propias de los instrumentos a analizar.
- 6) Considerando posibles investigaciones futuras basadas en esta propuesta, se deben realizar en distintos tipos de laboratorio para así obtener una comprensión profunda de la influencia de las interacciones en el aprendizaje del laboratorio.

Referencias bibliográficas

- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2011). The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computers & Education*, 56(1), 262–274. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.023>
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647>
- Aspeé, J. E., González, J. A., Cavieres-Fernández, E. A., Aspeé, J. E., González, J. A., & Cavieres-Fernández, E. A. (2018). Student Engagement in Higher Education as a Complex Agency. *Formación universitaria*, 11(4), 95–108. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000400095>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Bianchi, H., & Bell, R. L. (2008). The many levels of inquiry: Inquiry comes in various forms. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Bowen, C. W. (1999). Development and Score Validation of a Chemistry Laboratory Anxiety Instrument (CLAI) for College Chemistry Students: *Educational and Psychological Measurement*, 59(1), 171–185. <https://doi.org/10.1177/0013164499591012>
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193–195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Bruck, A. D., & Towns, M. (2013). Development, Implementation, and Analysis of a National Survey of Faculty Goals for Undergraduate Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 90(6), 685–693. <https://doi.org/10.1021/ed300371n>

- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Chamberlain, J. M., Lancaster, K., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). How guidance affects student engagement with an interactive simulation. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 628–638. <https://doi.org/10.1039/C4RP00009A>
- Chiu, J. L., DeJaegher, C. J., & Chao, J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Computers & Education*, 85, 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.007>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Domin, D. S. (1999a). A content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of higher-order cognitive tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 109. <https://doi.org/10.1021/ed076p109>
- Domin, D. S. (1999b). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- Domin, D. S. (2007). Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 140–152. <https://doi.org/10.1039/B6RP90027E>
- Dormido, S. B. (2004). Control learning: Present and future. *Annual Reviews in Control*, 28(1), 115–136. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2003.12.002>
- Enneking, K. M., Breitenstein, G. R., Coleman, A. F., Reeves, J. H., Wang, Y., & Grove, N. P. (2019). The evaluation of a hybrid, general chemistry laboratory curriculum: Impact on

- students' cognitive, affective, and psychomotor learning. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1058–1067. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00637>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2016). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence: *Review of Educational Research*. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Fredricks, J. A., Filsecker, M., & Lawson, M. A. (2016). Student engagement, context, and adjustment: Addressing definitional, measurement, and methodological issues. *Learning and Instruction*, 43, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.02.002>
- Galloway, K. R. (2015). *Measuring Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory* [Miami University]. https://etd.ohiolink.edu/pg_10?::NO:10:P10_ETD_SUBID:108956
- Galloway, K. R., & Bretz, S. L. (2015). Development of an assessment tool to measure students' meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(7), 1149–1158. <https://doi.org/10.1021/ed500881y>
- Galloway, K. R., Malakpa, Z., & Bretz, S. L. (2016). Investigating affective experiences in the undergraduate chemistry laboratory: Students' perceptions of control and responsibility. *Journal of Chemical Education*, 93(2), 227–238. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00737>
- Garbero, L. G., Labarthe, J., Ferreira-Umpiérrez, A., & Chiminelli-Tomás, V. (2019). Evaluación del engagement en trabajadores de la salud en Uruguay a través de la escala Utrecht de engagement en el trabajo (UWES). *Ciencias Psicológicas*, 305–316. <https://doi.org/10.22235/cp.v13i2.1888>

- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
- Gryczka, P., Klementowicz, E., Sharrock, C., Maxfield, M., & Montclare, J. K. (2016). LabLessons: Effects of Electronic Prelabs on Student Engagement and Performance. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2012–2017. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00394>
- Hawkins, I., & J. Phelps, A. (2013). Virtual laboratory vs. traditional laboratory: Which is more effective for teaching electrochemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 516–523. <https://doi.org/10.1039/C3RP00070B>
- Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Herron, M. D. (1971). The Nature of Scientific Enquiry. *The School Review*, 79(2), 171–212. JSTOR.
- Hodson, D. (2005). Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research. *Educación Química*, 16(1), 30–38.
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Abrahams, I. (2013). How to learn in and from the Chemistry Laboratory. En I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A Studybook: A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (pp. 153–182). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5_6
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>

- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107. <https://doi.org/10.1039/B7RP90003A>
- Jiménez Valverde, G., Llobera Jiménez, R., & Llitjós Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: Los niveles de abertura. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 59–70.
- Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). *Learning in the laboratory; some thoughts from the literature*. http://www.rsc.org/images/Vol_5_No2_tcm18-7041.pdf
- Jones, R. B. (2000). Life before and after Computers in General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 77(8), 1085. <https://doi.org/10.1021/ed077p1085>
- Mamlok-Naaman, R., Eilks, I., Bodner, G. M., & Hofstein, A. (2018). *Professional development of chemistry teachers: Theory and practice*. Royal Society of Chemistry.
- Manwaring, K. C., Larsen, R., Graham, C. R., Henrie, C. R., & Halverson, L. R. (2017). Investigating student engagement in blended learning settings using experience sampling and structural equation modeling. *The Internet and Higher Education*, 35, 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.06.002>
- Mateo Sanguino, T. de J., Fernández de Viana González, I. J., Cortés Ancos, E., & Espejo Fernández, J. (2018). Exploring strengths and weaknesses: A case study after developing a remote network lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1422–1434. <https://doi.org/10.1002/cae.21981>
- McDonnell, C., & Brouwer, N. (2009). Online Support and Online Assessment for Teaching and Learning Chemistry. *Books/Book chapters*. <https://arrow.tudublin.ie/scschcpsbk/2>
- Morrell, J. B. (1972). The Chemist Breeders: The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson. *Ambix*, 19(1), 1–46. <https://doi.org/10.1179/amb.1972.19.1.1>

- Nguyen, T. D., Cannata, M., & Miller, J. (2018). Understanding student behavioral engagement: Importance of student interaction with peers and teachers. *The Journal of Educational Research*, *111*(2), 163–174. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1220359>
- Novak, J. D. (2010). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations* (2da ed.).
- Olitsky, S., & Milne, C. (2012). Understanding Engagement in Science Education: The Psychological and the Social. En B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 19–33). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_2
- Park, S., Holloway, S. D., Arendtsz, A., Bempechat, J., & Li, J. (2012). What Makes Students Engaged in Learning? A Time-Use Study of Within- and Between-Individual Predictors of Emotional Engagement in Low-Performing High Schools. *Journal of Youth and Adolescence*, *41*(3), 390–401. <https://doi.org/10.1007/s10964-011-9738-3>
- Quijano Rojas, J. C., & Cárdenas Rodríguez, Y. P. (2016). Estrategia didáctica mediada por TIC en la enseñanza del concepto de caída libre: Una propuesta desde los niveles de abertura en el laboratorio de Física. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 1103–1112). Octaedro. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6037254>
- Reid, N., & Shah, I. (2007a). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 172–185.
- Reid, N., & Shah, I. (2007b). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 172–185. <https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>

- Rodriguez, J.-M. G., & Towns, M. H. (2018). Modifying Laboratory Experiments To Promote Engagement in Critical Thinking by Reframing Prelab and Postlab Questions. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2141–2147. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00683>
- Sauter, M., Uttal, D. H., Rapp, D. N., Downing, M., & Jona, K. (2013). Getting real: The authenticity of remote labs and simulations for science learning. *Distance Education*, 34(1), 37–47. <https://doi.org/10.1080/01587919.2013.770431>
- Seery, M. K. (2020). Establishing the Laboratory as the Place to Learn How to Do Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(6), 1511–1514. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00764>
- Skinner, E. A., & Pitzer, J. R. (2012). Developmental Dynamics of Student Engagement, Coping, and Everyday Resilience. En S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 21–44). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_2
- Smeaton, W. A. (1954). The early history of laboratory instruction in chemistry at the ecole polytechnique, Paris, and elsewhere. *Annals of Science*, 10(3), 224–233. <https://doi.org/10.1080/00033795400200224>
- Smith, K. C., & Alonso, V. (2020). Measuring student engagement in the undergraduate general chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 399–411. <https://doi.org/10.1039/C8RP00167G>
- Stahre Wästberg, B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., & Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059–2080. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>

- Velasco, J. B., Knedeisen, A., Xue, D., Vickrey, T. L., Abebe, M., & Stains, M. (2016). Characterizing Instructional Practices in the Laboratory: The Laboratory Observation Protocol for Undergraduate STEM. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1191–1203. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00062>
- Waktola, D. K. (2015). Visualizing the spatial dynamics of student success. *Applied Geography*, 60, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.03.006>
- Walker, M. D. (2007). *Teaching Inquiry-based Science*. Lightning Source.
- Wei, J., Mocerino, M., Treagust, D. F., Lucey, A. D., Zadnik, M. G., Lindsay, E. D., & Carter, D. J. (2018). Developing an understanding of undergraduate student interactions in chemistry laboratories. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/C8RP00104A>
- Wei, J., Treagust, D. F., Mocerino, M., Lucey, A. D., Zadnik, M. G., & Lindsay, E. D. (2019). Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: A literature review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0015-8>
- Wei, J., Treagust, D. F., Mocerino, M., Vishnumolakala, V. R., Zadnik, M. G., Lucey, A. D., & Lindsay, E. D. (2020). Design and Validation of an Instrument to Measure Students' Interactions and Satisfaction in Undergraduate Chemistry Laboratory Classes. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09933-x>